



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№1 (37) 2023

**Инновации в АПК:
проблемы и перспективы**

Теоретический и научно-
практический журнал

**Выпуск 1 (37)
2023 г.**

Учредитель:

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина»

Издаётся с 2013 года

Выходит один раз в квартал

Официальный сайт: <http://www.bsaa.edu.ru>

В журнале публикуются результаты
фундаментальных и прикладных
исследований, обсуждаются теоретические,
методологические и прикладные проблемы
агропромышленного комплекса России и
зарубежья, предлагаются пути их решения.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77-63038 от 10 сентября 2015 г.
выдано Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN – 2311-9535

Подписной индекс в каталоге
«Объединенный каталог. Пресса России.
Газеты и журналы» – 40760.

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ).
Материалы издания выборочно включаются
в реферативную базу данных Agris.

Дизайн-макет и компьютерная вёрстка:
Манохин А.А., Воробьёва Т.Ю.

Адрес редакции и издателя журнала:
308503, ул. Вавилова, 1, п. Майский,
Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
Тел.: +7-4722-39-11-69,
Факс: +7-4722-39-22-62

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина», 2023

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Алейник С.Н., к. тех. н., доцент

Заместитель главного редактора – Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент

Члены редакционной коллегии:

Азаров В.Б., д. с.-х. н., профессор;	Меделяева З.П., д. э. н., профессор;
Андрианов Е.А., д. с.-х. н., профессор;	Муравьёв А.А., к. с.-х. н., доцент;
Аничин В.Л., д. э. н., профессор;	Мязин Н.Г., д. с.-х. н., профессор;
Афоничев Д.Н., д. тех. н., профессор;	Наседкина Т.И., д. э. н., профессор;
Бабинцев В.П., д. фил. н., профессор;	Наумкин В.Н., д. с.-х. н., профессор;
Вендин С.В., д. тех. н., профессор;	Пастухов А.Г., д. тех. н., профессор;
Гончаренко О.В., к. э. н., доцент;	Поливаев О.И., д. тех. н., профессор;
Груздова Л.Н., к. э. н., доцент;	Растопчина Ю.Л., к. э. н., доцент;
Демидова А.Г., к. с.-х. н., доцент;	Саенко Ю.В., д. тех. н., доцент;
Запорожцева Л.А., д. э. н., профессор;	Сидоренко О.В., д. э. н., доцент;
Колесников А.С., к. тех. н., доцент;	Скжурятин Н.Ф., д. тех. н., профессор;
Коломейченко А.В., д. тех. н., профессор;	Смуров С.И., к. с.-х. н.;
Котлярова Е.Г., д. с.-х. н., профессор;	Столяров О.В., д. с.-х. н., профессор;
Коцарева Н.В., д. с.-х. н., доцент;	Ступаков А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Лебедев А.Т., д. тех. н., профессор;	Токарёв Е.В., д.э.н., профессор
Ломазов В.А., д. физ.-мат. н., профессор;	

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель – Алейник С.Н., к. тех. н., доцент (Россия)

Зам. председателя – Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент (Россия)

Члены научно-редакционного совета:

Бондаренко Л.В., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Вереновская А., PhD э. н. (Польша);
Ерохин М.Н., д. т. н., профессор, академик РАН (Россия);
Колесников А.В., д. э. н., доцент, член-корреспондент РАН (Россия);
Леммер А.Дж., д. с.-х. н. (Германия);
Простенко А.Н., к. э. н. (Россия);
Савченко Е.С., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Турусов В.И., д. с.-х. н., профессор, академик РАН (Россия);
Турьянский А.В., д. э. н., профессор (Россия)
Ужик В.Ф., д. т. н. профессор (Россия)
Ушачев И.Г., д. э. н., профессор, академик РАН (Россия);
Яска Е., PhD э. н. (Польша).

В Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на
соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, включены следующие
научные специальности, представленные в журнале:

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные
науки)

С 01.02.2022 г.;

5.2.4. – Финансы (экономические науки)

С 01.02.2022 г.

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»

Подписано в печать 10.04.2023 г., дата выхода в свет 17.04.2023 г.

Усл. п.л.15,9. Тираж 1000 экз. Заказ № 1962. Свободная цена.

Адрес типографии: г. Белгород, ул. Студенческая 16, офис 19.

Тел. +7 910 360-14-99

e-mail: polyterra@mail.ru, официальный сайт: <http://www.polyterra.ru>

Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives

Theoretical, research and practice journal

Release 1 (37)
2023

Founder:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin»

Published since 2013

Issued once per quarter

Official website: <http://www.bsaa.edu.ru>

The journal publishes the results of fundamental and applied research, discusses the theoretical, methodological and applied problems of the agro-industrial complex of Russia and abroad, suggests ways to solve them.

Registration Certificate: ПИ № ФС 77-63038 of 10 September 2015 issued by the Federal service for supervision in the sphere of Telecom, information technologies and mass communication (Roscomnadzor)

ISSN – 2311-9535

Subscription Index in the directory «The United catalogues. The Russian Press. Newspapers and magazines» – 40760.

The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (RISC). Scientific papers are selectively included in Agris abstract database.

Design layout and computer-aided makeup: Manokhin A.A., Vorobyeva T.Y.

Editorial board and journal publisher:
ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy,
Belgorod region, Russia
Tel.: +7 4722 39-11-69,
Fax: +7 4722 39-22-62

EDITORIAL STAFF

Editor in Chief – Aleinik S.N., Cand.Tech. Sci, as. prof;

Deputy editor – Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor

Members of Editorial Staff:

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor; Medeliyeva Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;
Andrianov E.A., Dr. Agr. Sci., professor; Muravyov A.A., Cand. Agri. Sci., as. prof.;
Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor; Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Afonichev D.N., Dr. Tech. Sci., professor; Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;
Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor; Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;
Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor; Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;
Goncharenko O.V., Cand. Econ. Sci., as. prof.; Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;
Gruzdova L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.; Rastopchina Y.L., Cand. Econ. Sci., as. prof.;
Demidova A.G., Cand. Agr. Sci., as. prof.; Saenko Yu.V., Dr. Tech. Sci., professor;
Zaporozhtseva L.A., Dr. Econ. Sci., professor; Sidorenko O.V., Dr. Econ. Sci., as. prof.;
Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as. prof.; Skuriatin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;
Kolomeichenko A.V., Dr. Tech. Sci., professor; Smurov S.I., Cand. Agr. Sci., as. prof.;
Kotliarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor; Stolyarov O.V., Dr. Agr. Sci., professor;
Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as. prof.; Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Lebedev A.T., Dr. Tech. Sci., professor; Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor;
Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof;

EDITORIAL BOARD

Chairman – Aleinik S.N., Cand. Tech. Sci, as. prof; (Russia)

Vice-Chairman – Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor (Russia)

Members of Editorial Board:

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Werenowska A., PhD in economics (Poland);
Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Lemmer A.J., Dr. Agr. Sci. (Germany);
Prostenko A.N., Cand. Econ. Sci. (Russia);
Savchenko E.S., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Turusov V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor (Russia);
Uzhik V.F., Dr. Tech. Sci., professor (Russia);
Ushachev I.G., Dr. Econ. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Jaska E., PhD in economics (Poland).

The list of leading reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the doctoral degrees of doctor and candidate of science should be published includes the following scientific specialties presented in the journal:

4.1.1. – General agriculture and crop production (agricultural sciences)
From 01.02.2022;

5.2.4. – Finance (economic sciences)
From 01.02.2022.

Printed in (Limited liability company) Publication and printing center «POLYTERRA»

Signed for publication 10.04.2023, date of publication 17.04.2023.

Conventional printed sheet 15,9. Circulation 1000 copies.

Order № 1962. Free price.

Address of printing: st. Student 16, office 19., Belgorod, Russia
tel. +7-910-360-14-99.

e-mail: polyterra@mail.ru, official website: www/polyterra.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Д.Н. Бахарев ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЩАДЯЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА.....	5
Г.А. Варлыгин РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ДООЛЬНОГО АППАРАТА С КОМБИНИРОВАННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СОСОК.....	12
С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, Р.З. Байрамов КОНВЕЙЕРНАЯ СУШИЛКА ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНВЕКТИВНОГО И ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА.....	19
А.Г. Пастухов РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ БЕССЕПАРАТОРНЫХ ИГОЛЬЧАТЫХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ.....	27
А.В. Рыжков, А.В. Мачкарин КАТОК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ.....	32
Е.П. Тимашов ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕБЕСТОИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ.....	41

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

М.В. Евдакова, С.В. Резвякова, Н.И. Ботуз АНАЛИЗ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАННЕСПЕЛЫХ И СРЕДНЕРАННИХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	46
А.С. Кобяков, И.В. Оразаева, А.Н. Воронин ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ЛИНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО.....	51
Е.Г. Котлярова, О.С. Кузьмина, Е.В. Ковалева ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, СОИ И ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ.....	55
С.С. Кульков, В.Б. Азаров, С.Н. Зюба, В.В. Лоткова ВЛИЯНИЕ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ МОЛЕБДЕНСОДЕРЖАЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОИ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЛАГОЙ.....	64
А.А. Муравьев, И.С. Муравьева УРОЖАЙНОСТЬ НУТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ.....	72
В.П. Нецветаев, О.В. Акиншина, А.В. Петренко, Я.О. Козелец, А.П. Ащеулова, Ю.М. Филиппова, А.И. Литвинов МАССА ЗЕРНА И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ТЕПЛОВОМ СТРЕССЕ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ.....	79
В.А. Сергеева, И.С. Муравьева ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ.....	87
С.И. Смуров, С.Н. Ермолаев, В.Н. Наумкин, Д.И. Панарин ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО, ЕГО ВОДНЫЕ, АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	93

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

Ю.А. Китаев, О.В. Китаева ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	102
Т.И. Наседкина, А.И. Черных, О.В. Гончаренко ВЛИЯНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА ЗАТРАТ НА ФОРМИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА.....	108
Н.Е. Соловьева, Ю.Л. Распончина, Л.Н. Груздова ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЫНКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ЕГО РАЗВИТИЯ.....	116
Руководство для авторов.....	122

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

D.N. Bakharev SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF VENTILATED CONTAINERS FOR CORN COBS USED IN THE GENTLE TECHNOLOGY OF SEED PRODUCTION.....	5
G.A. Varlygin DETERMINATION OF DESIGN-MODE PARAMETERS, DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF MILKING APPARATUS WITH COMBINED IMPACT ON THE COW NIPPLE.....	12
S.V. Vendin, Yu.V. Saenko, R.Z. Bajramov CONVEYOR DRYER OF SPROUTED GRAIN USING CONVECTIVE AND INFRARED HEATING.....	19
A.G. Pastukhov CALCULATION AND ANALYTICAL EVALUATION OF DYNAMIC LOAD CAPACITY OF STEPLESS NEEDLE BEARING ASSEMBLIES.....	27
A.V. Ryzhkov, A.V. Machkarin ROLLER SHREDDER OF PLANT RESIDUES.....	32
E.P. Timashov TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE COST OF IMPLEMENTING AUTOMATIC DIAGNOSTICS TOOLS.....	41

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

M.V. Evdakova, S.V. Rezyyakova, N.I. Botuz ANALYSIS OF PHOTOSYNTHETIC INDICES OF EARLY- AND MIDEARLY MAIZE HYBRIDS UNDER CONDITIONS OF OREL REGION.....	46
A.S. Kobayakov, I.V. Orazaeva, A.N. Voronin ECONOMIC AND BIOLOGICAL ASSESSMENT OF VARIETIES AND LINES OF SEED PEAS.....	51
E.G. Kotlyarova, O.S. Kuzmina, E.V. Kovalyova VARIABILITY OF WINTER WHEAT, SOYBEAN AND SUNFLOWER YIELDS DEPENDING ON AGROECOLOGICAL CONDITIONS.....	55
S.S. Kulkov, V.B. Azarov, S.N. Zyuba, V.V. Lotkova THE EFFECT OF PROTECTANTS WITH MOLEBDEN-CONTAINING PREPARATIONS ON THE SOWING QUALITIES OF SOYBEAN SEEDS IN CONDITIONS OF DIFFERENT MOISTURE AVAILABILITY.....	64
A.A. Muravyov, I.S. Muravyova CHICKPEA YIELD DEPENDING ON AGRICULTURAL PRACTICES.....	72
V.P. Netsvetaev, O.V. Akinshina, A.V. Petrenko, Ya.O. Kozelets, A.P. Ascheulova, Yu.M. Filippova, A.I. Litvinov GRAIN WEIGHT AND YIELD OF WINTER WHEAT UNDER THERMAL STRESS IN THE FIELD.....	79
V.A. Sergeeva, I.S. Muravyova FORMATION OF YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN DEPENDING ON AGRICULTURAL TECHNIQUES..	87
S.I. Smurov, S.N. Ermolaev, V.N. Naumkin, D.I. Panarin FERTILITY INDICATORS OF TYPICAL BLACK SOIL, ITS WATER, AGROPHYSICAL PROPERTIES AND CROP YIELD WHEN USING VARIOUS TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WESTERN PART OF THE BELGOROD REGION.....	93

INNOVATIVE ECONOMICS, MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SOCIAL DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES

Yu.A. Kitaev, O.V. Kitayeva ECONOMIC EFFICIENCY OF DAIRY CATTLE DEVELOPMENT IN INTEGRATED AGRICULTURAL FORMATIONS BELGOROD REGION.....	102
T.I. Nasedkina, A.I. Chernykh, O.V. Goncharenko THE INFLUENCE OF MANAGEMENT COST ACCOUNTING ON THE FORMATION OF THE COST OF CROP PRODUCTION.....	108
N.E. Solovjeva, Yu.L. Rastopchina, L.N. Gruzdova ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE AGRICULTURAL MARKET IN THE RUSSIAN FEDERATION AND THE WAYS OF ITS DEVELOPMENT.....	116
Guidelines for authors	122

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 631.361.022.003.13

Д.Н. Бахарев

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЩАДЯЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. На современном этапе развития отечественного семеноводства кукурузы остро стоит вопрос создания новых и повышения эффективности существующих механизированных технологий производства качественных посевных единиц кукурузы. Качество семян тесно связано с количеством их макро- и микроповреждений. Следовательно, эффективные механизированные технологии производства качественных посевных единиц кукурузы должны применять щадящие методы силового воздействия, минимизирующие количество макро- и микроповреждений зерна. В связи с этим целесообразно развивать перспективный контейнерный метод перемещения початков и зерна семенной кукурузы в стационарных условиях кукурузокалибровочных заводов, предполагающий эффективную загрузку перерабатывающих машин непосредственно из специальных контейнеров. Предложена конструкция вентилируемого защитного контейнера для перемещения початков семенной кукурузы, у которого рациональная длина находится в пределах $A_K = 0,8 \dots 1,6$ м, ширина – $B_K = 0,4 \dots 0,8$ м, высота – $H_K = 0,6 \dots 1,0$ м. Для обеспечения щадящей разгрузки самотеком предложенный контейнер обеспечен наклонным днищем с рациональным углом наклона, находящимся в пределах $\beta_K = 27 \dots 35^\circ$. Данная конструкция контейнера эффективно согласуется с многоручьевым лотковым ориентирующе-дозировочным загрузочным аппаратом для подачи початков в стационарное аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство. Совместная работа предложенного контейнера в процессе эффективной саморазгрузки и многоручьевого ориентирующе-дозировочного загрузочного аппарата молотильно-сепарирующего устройства позволяет до 87% от всей массы початков подавать на обмолот в строго сориентированном положении относительно рабочих органов молотилки. Это создает условия для обеспечения оптимальных режимов обмолота и приводит к минимизации макро- и микроповреждений зерна. Контейнер вышеописанных размеров эффективно работает в комплексе с ориентирующе-дозировочным загрузочным аппаратом, у которого рациональное количество ручьев 7...9 штук, ширина ручья $d_{рч} = 80 \dots 100$ мм, и длина ручья не менее $l_{ODLD} = 1,6$ м. В технологии механизированной переработки початков семенной кукурузы в посевные единицы реализация контейнерного метода с оборудованием предложенных параметров позволит существенно минимизировать повреждаемость семенного зерна, а это оказывает значительное положительное влияние на увеличение урожайности кукурузы.

Ключевые слова: початки семенной кукурузы, зерно, макро- и микроповреждение, контейнер, механизированная технология.

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF VENTILATED CONTAINERS FOR CORN COBS USED IN THE GENTLE TECHNOLOGY OF SEED PRODUCTION

Abstract. At the present stage of development of domestic corn seed production, the issue of creating new and improving the efficiency of existing mechanized technologies for the production of high-quality seed units is acute. The quality of seeds is closely related to the amount of their macro- and microdamage. Consequently, effective mechanized technologies for the production of high-quality corn sowing units should apply gentle methods of force action that minimize the amount of macro- and microdamage to grain. In this regard, it is advisable to develop a promising container method of moving cobs and seed corn grains in stationary conditions of corn calibration plants, assuming efficient loading of processing machines directly from special containers. The design of a ventilated container for moving ears of seed corn is proposed, in which the rational length is within the limits of $A_K = 0,8 \dots 1,6$ m, width – $B_K = 0,4 \dots 0,8$ m, height – $H_K = 0,6 \dots 1,0$ m. To ensure gentle unloading by gravity, the proposed container is provided with an inclined bottom with a rational angle of inclination, located within $\beta_K = 27 \dots 35^\circ$. This container design is effectively consistent with a multi-handle tray system for oriented loading of cobs into a stationary axial-rotary threshing-separating device. The joint work of the proposed container in the process of effective self-unloading and a multi-handle orienting-dosing loading device, the threshing-separating device allows up to 87% of the total mass of the ears to be fed to threshing in a strictly oriented position relative to the working bodies of the threshing machine. This creates conditions for ensuring optimal threshing modes and leads to minimization of macro- and microdamages of grain. The container of the above-described dimensions works effectively in combination with an orienting-dosing loading device, which has a rational number of streams equal to 7...9 pieces, the width of the stream is $d_{cha} = 80 \dots 100$ mm, and the length of the stream is not less than $l_{ODLD} = 1,6$ m. In the technology of mechanized processing of ears of seed corn into sowing units, the implementation of the container method with the equipment of the proposed parameters will significantly minimize the damage to seed grain, and this will have a positive effect on increasing the yield of corn.

Keywords: cobs of seed corn, grain, macro- and microdamage, container, mechanized technology.

Введение. Для обеспечения полной продовольственной безопасности нашей Родины производители зерна кукурузы в Российской Федерации должны перейти к полной импортнезависимости в отрасли семеноводства. Это соответствует Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации №20 от 21 января 2020 года. Быстрый выход отечественного семеноводства на уровень полного обеспечения семенами всех производителей продовольственного и фуражного зерна кукурузы возможен при активизации работы ведущих отечественных селекционно-семеноводческих научных центров и увеличении количества кукурузокалибровочных заводов (ККЗ) с высокой культурой производства. Для этого важно наладить систему эффективного взаимодействия научно-исследовательских организаций, предприятий сельскохозяйственного машиностроения и органов контроля за качеством семян и процессом своевременного их предоставления потребителям.

Увеличение количества ККЗ потребует выявления базовой технологии производства посевных единиц. В этом плане можно выделить стационарную механизированную заводскую технологию с перемещением грузов посредством конвейерного транспорта и с перемещением грузов в защитных контейнерах посредством самоходных погрузчиков. Контейнерный

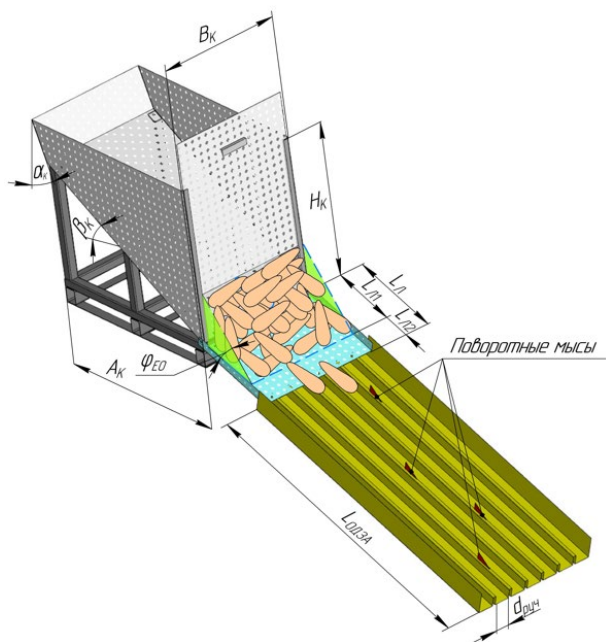
подход весьма перспективен, поскольку минимизирует потери и повреждения зерна, поэтому его можно назвать щадящим семенное зерно.

Целью исследования является научное обоснование параметров вентилируемых защитных контейнеров для початков кукурузы, применяемых в щадящей технологии производства посевного материала.

Объект и методы исследований. Объектом исследования является процесс разгрузки защитных вентилируемых контейнеров самотеком при подаче початков семенной кукурузы в аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство (МСУ).

Системный анализ технологических процессов, осуществляемых при обработке початков семенной кукурузы в стационарных условиях ККЗ, показывает, что на этапе «загрузка сушилки → сушка → транспортировка на обмолот → подача в молотилку» за счет применения защитных вентилируемых контейнеров обеспечивается снижение показателя дробления зерна не менее чем на 2%, а количество макро- и микроповреждений уменьшается на 5%. Кроме того, применение защитных вентилируемых контейнеров способствует пространственному ориентированию початков в рациональное для обмолота положение. В связи с этим обеспечиваются оптимальные режимы обмолота, и как следствие, общее количество поврежденного зерна при обмолоте становится менее 10% [1-8].

В связи с вышесказанным для щадящей технологии производства посевного материала предложена конструкция защитного вентилируемого контейнера для початков кукурузы, обеспечивающего разгрузку початков самотеком без их падений и ударов на ориентирующе-дозировочный загрузочный аппарат (ОДЗА) стационарной молотилки (рисунок 1).



A_K, B_K, H_K – длина, ширина и высота защитного вентилируемого контейнера; β_K – угол наклона днища контейнера; α_K – угол наклона задней стенки контейнера; $L_{Л1}$ – длина откидного лотка от его начала до границы насыпи, формирующей естественный откос с углом φ_{EO} , м; $L_{Л2}$ – длина откидного лотка от границы насыпи, формирующей естественный откос до ОДЗА, м; $L_{Л}$ – общая длина откидного лотка, м; φ_{EO} – угол естественного откоса початков кукурузы; $d_{руч}$ – ширина ОДЗА; $l_{ОДЗА}$ – длина ручья ОДЗА, м

Рис. 1 – Система ориентированной загрузки (СОЗ) початков в МСУ

Вариативная форма и размеры початков кукурузы различных подвидов (зубовидная, полужубовидная, кремнистая, сахарная, лопающаяся, крахмалистая, крахмалисто-сахарная и восковидная) указывают на то, что теория их ориентирования в пространстве может базироваться на вероятностных моделях.

Для придания початкам кукурузы строго определённого положения в пространстве необходимо осуществить два этапа:

- создать рациональные условия для ориентирования при выходе из защитного вентилируемого контейнера на его откидной лоток (событие A_1) и при перемещении по рабочей поверхности откидного лотка (событие A_2);
- осуществить ориентирование початков рабочей поверхностью ОДЗА (событие A_3) и подать их в приемный лоток МСУ.

Каждое событие обладает вероятностным характером и обозначается $p(A_1)$, $p(A_2)$ и $p(A_3)$, соответственно. Тогда, вероятность ориентирования початка выражается уравнением

$$p(A) = \begin{cases} p(A_1) \cdot p(A_2) \rightarrow \text{создание рациональных условий ориентирования} \\ p(A_3) \rightarrow \text{ориентирование массы початков} \end{cases}, \quad (1)$$

где $p(A_1)$ и $p(A_2)$ – вероятность создания рациональных условий для ориентирования початков при выходе из защитного вентилируемого контейнера и при перемещении по рабочей поверхности откидного лотка, соответственно; $p(A_3)$ – вероятность ориентирования початков рабочей поверхностью ОДЗА.

Початки кукурузы, составляющие тело крупнокусковой сыпучей среды, движущейся самотеком из защитного контейнера в ОДЗА, можно рассматривать как стохастически сложенные двухопорные стержни (рисунок 2).

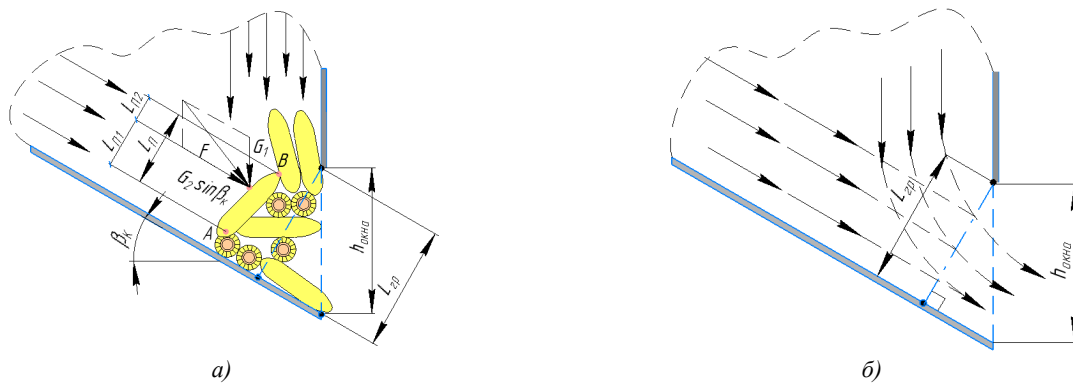


Рис. 2 – К определению вероятности распределения нагрузки по опорам початка, находящегося в насыпи
 а – представление массы початков в зоне выхода из контейнера в виде системы хаотично сложенных двухопорных стержней; б – графическая интерпретация истечения початков из бункера; $L_{П1}, L_{П2}$ – расстояние от опор початка до точки приложения равнодействующей внешних сил F , м; $L_{П}$ – средняя (эффективная) длина початков в насыпи, м; G_1 – вес массива початков над областью соединения вертикального и наклонного истечения; $G_2 \sin \beta_K$ – равнодействующая сил, смещающих початки по наклонной плоскости днища; $h_{окна}$ – высота выгрузного окна контейнера; $L_{сп}$ – минимальная высота потока

Рис. 2 – К определению вероятности распределения нагрузки по опорам початка, находящегося в насыпи

Если представить силовое воздействие на початки в виде сосредоточенной силы F (равнодействующая внешних сил на единственный початок), вероятность приложения которой равна 1, и задать значением расстояния между опорами $l_{П} = l_{П1} + l_{П2}$, можно определить вероятность распределения нагрузки по опорам [9]. Следует понимать, что все точки початка на длине $l_{П}$ обладают равными возможностями в отношении приложения нагрузки.

В данном случае плотность распределения вероятности составит [9]

$$f_{(x)} = \frac{1}{l_{П}}. \tag{2}$$

Поскольку в подавляющем большинстве случаев сосредоточенная сила F будет приложена на расстоянии от центра симметрии початка (сила будет распределена по опорам неравномерно), то вероятность распределения нагрузки в опорах [9, 10]

$$p_A = \int_{l_{П1}}^{l_{П}} f_{(x)} dx = \int_{l_{П1}}^{l_{П}} \frac{1}{l_{П}} dx = 1 - \frac{l_{П1}}{l_{П}}. \tag{3}$$

Если два события составляют полное множество событий, то сумма их вероятностей равна 1 [9,10]

$$p_A + p_B = 1, \tag{4}$$

$$p_B = \frac{l_{П1}}{l_{П}}, \tag{5}$$

где p_A – вероятность распределения нагрузки на опору A ; p_B – вероятность распределения нагрузки на опору B .

Тогда математическое ожидание реакции опоры A и опоры B составит [9, 10]

$$F_A = 1 - \frac{l_{П1}}{l_{П}} \cdot F; \quad F_B = \frac{l_{П1}}{l_{П}} \cdot F. \tag{6}$$

Сделано допущение, что рациональный интервал угла наклона днища контейнера, обеспечивающего шадящую разгрузку початков самотеком, равен интервалу значений угла естественного откоса для початков кукурузы различных подвигов $\beta_K = \varphi_{EO} = 27...35^\circ$ [2-5, 11].

При этом конструкция защитного вентилируемого контейнера должна быть такой, чтобы выполнялось условие $G_2 \sin \beta_K > G_1$ (рисунок 3), тогда истечение початков из контейнера будет стабильным и равномерным.

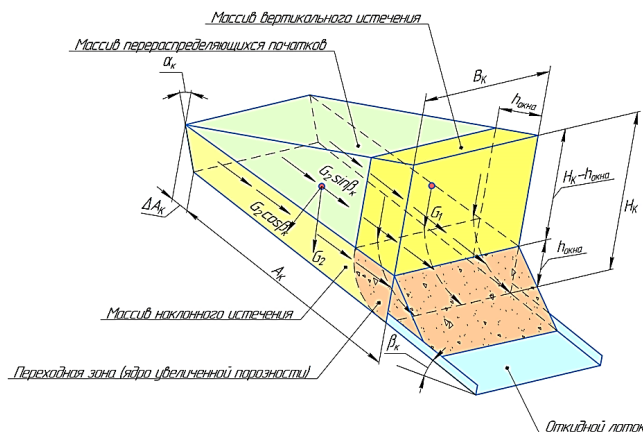


Рис. 3 – Расчётная схема к определению конструктивных параметров защитного вентилируемого контейнера

Из исследований, описанных в [1-3] следует, что сушить семенную кукурузу в початках целесообразно в защитных вентилируемых контейнерах. Следовательно, защитный вентилируемый контейнер предназначен не только для падающего перемещения початков, но и для сушки початков. Опыт применения вентилируемых сапеток [1-4] и модульных сушилок початков кукурузы указывает на то, что рациональная для прохода теплоносителя толщина слоя початков в контейнере не должна превышать 0,8...1,2 м. При этом обеспечивается эффективная двухстадийная сушка, исключая перегрев и растрескивание зерна. Следовательно, в качестве базового размера защитного вентилируемого контейнера принята его высота $H_K = 1,0$ м.

Выгрузное окно контейнера по высоте $h_{окна}$ должно быть больше средней (эффективной) длины початков в насыпи, в этом случае исключается явление сводообразования, и выход массы из контейнера происходит непрерывным потоком [12]

$$l_{ПЧ} = \frac{l_{CP1} \cdot a_{11} + l_{CP2} \cdot a_{12} + \dots + l_{CPn} \cdot a_{1n}}{a_{11} + a_{12} + \dots + a_{1n}}, \quad (7)$$

где $l_{ПЧ}$ – средняя (эффективная) длина початка в насыпи, мм; $l_{CP1}, l_{CP2}, \dots, l_{CPn}$ – средняя длина початков каждой фракции, мм; $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}$ – содержание каждой фракции в процентах, %.

Установлено, что $l_{ПЧ} = 230 \dots 250$ мм [13-17]. В связи с этим выгрузное окно контейнера должно открываться до $h_{окна} = 270 \dots 300$ мм. Объемный вес насыпи початков находится в интервале $\gamma_{ПК} = 430 \dots 480$ кг/м³ [1-5].

Вес массива початков в области вертикального истечения рассчитывается по формуле

$$G_1 = (H_K - h_{окна}) \cdot B_K \cdot h_{окна} \cdot \gamma_{ПК} \cdot g. \quad (8)$$

Вес массива початков в области наклонного истечения рассчитывается по формуле

$$G_2 = (A_K + \Delta A_K - h_{окна}) \cdot B_K \cdot h_{окна} \cdot \gamma_{ПК} \cdot g. \quad (9)$$

Результаты расчета параметров контейнера приведены в таблице 1.

Таблица 1 – *Результаты расчета конструктивных параметров защитного вентилируемого контейнера

H_K , м	B_K , м	A_K , м	ΔA_K , м	$h_{окна}$, м	$\gamma_{ПК}$, кг/м ³	G_1 , Н	G_2 , Н	$G_2 \sin \beta_K$, Н	Прим.
0,60	0,40	0,8	0,11	0,3	450	158,9	323,1	161,6	$G_2 \sin \beta_K > G_1$
0,65	0,45	0,9	0,11	0,3	450	208,6	423,1	211,6	
0,70	0,50	1,0	0,11	0,3	450	264,9	536,4	268,2	
0,75	0,55	1,1	0,11	0,3	450	327,8	662,8	331,4	
0,80	0,60	1,2	0,11	0,3	450	397,3	802,6	401,3	
0,85	0,65	1,3	0,11	0,3	450	473,5	955,5	477,8	
0,90	0,70	1,4	0,11	0,3	450	556,2	1121,7	560,9	
0,95	0,75	1,5	0,11	0,3	450	645,6	1301,2	650,6	
1,00	0,80	1,6	0,11	0,3	450	741,6	1493,9	746,9	
*Ширина $B_K = 0,8$ метра принята максимальной из соображений согласования с рациональной шириной загрузочной горловины стационарного аксиально-роторного МСУ									

Закономерность получения события A_1 обусловлена биосимметрией початка. Природная форма початка кукурузы любого размера, а также любого подвида такова, что присутствует пространственная асимметрия распределения зерновой массы относительно геометрического центра початка. Зерно в области комля крупнее и тяжелее, а в области носка меньше и легче. Кроме того, центр масс початка смещен в пространстве относительно его геометрической оси симметрии. Биосимметрия и геометрическая симметрия в отношении початков кукурузы не совпадают. На наклонной поверхности более тяжелая комлевая часть початка стремится развернуться вниз так, чтобы стабилизировать реакцию поверхности на действие силы веса. При этом возможно качение початка, что негативно влияет на его ориентирование.

При выходе из защитного контейнера на откидной лоток початок может занимать 5 вероятных положений: комлем вперед и продольной осью параллельно бортам откидного лотка (Π_1), комлем назад и продольной осью параллельно бортам откидного лотка (Π_2), продольной осью перпендикулярно бортам откидного лотка (Π_3), продольной осью под углом к бортам, когда комель ниже носка (Π_4), продольной осью под углом к бортам, когда комель выше носка (Π_5). В положении Π_3 наиболее вероятно качение, что требует применения нерационально длинного откидного лотка защитного контейнера.

Из вышеизложенного следует, что при пяти возможных исходах $\Pi_1 \dots \Pi_5$, один, Π_3 можно считать негативными. Тогда по общему определению вероятности [9, 10]

$$p(\Pi) = \frac{n_{\text{бл}}}{n_{\text{общ}}}, \quad (10)$$

где $p(\Pi)$ – вероятность выхода початков из контейнера на откидной лоток в благоприятном для ориентирования положении; $n_{\text{бл}}$ – количество благоприятных исходов; $n_{\text{общ}}$ – общее количество исходов.

Вероятность разворота початков без качения при выходе из разгрузочного окна контейнера характеризуется выражением (5), поскольку необходимо создать такие условия, чтобы равнодействующая внешних сил F была приложена как можно ближе к одной из опор початка.

Объединяя выражение (5) и (10), получим

$$p(A_1) = p(\Pi) \cdot \frac{l_{\Pi 1}}{l_{\Pi}}. \quad (11)$$

Закономерность получения события A_2 обусловлена длиной и углом наклона откидного лотка контейнера (рисунок 1). Основная задача откидного лотка подать массу на ОДЗА слоем в один початок, в этом случае ручки ОДЗА эффек-

тивно выполняют свою функцию. Однослойный сход с наклонного лотка контейнера обусловлен взаимным сдвигом слоев, выходящей из окна контейнера массы початков. В связи с этим, и на основании размерных характеристик початков, формируются следующие начальные условия осуществления события A_2 :

$$\frac{h_{\text{окна}}}{\text{tg} \varphi_{EO} \cdot \cos \varphi_{EO}} \leq L_{\text{Л1}} \leq L_{\text{Л}} \text{ при } L_{\text{Л}} = (1,8...2,5) \cdot h_{\text{окна}} \quad (12)$$

Следовательно, вероятность однослойной подачи равна вероятности получения события A_2 . По аналогии с распределением усилия по опорам початка, вероятность получения события A_2 определяется выражением

$$p(A_2) = \frac{l_{\text{Л1}}}{l_{\text{Л}}} \text{ при } \begin{cases} \frac{h_{\text{окна}}}{\text{tg} \varphi_{EO} \cdot \cos \varphi_{EO}} \leq l_{\text{Л1}} \leq l_{\text{Л}} \\ l_{\text{Л}} = (1,8...2,5) \cdot h_{\text{окна}} \end{cases} \quad (13)$$

Тогда, вероятность создания рациональных условий для ориентирования выражается моделью

$$p(A_1) \cdot p(A_2) = p(\Pi) \cdot \frac{L_{\text{Л1}}}{L_{\text{Л}}} \cdot \frac{L_{\text{Л1}}}{L_{\text{Л}}} \text{ при } \begin{cases} \frac{h_{\text{окна}}}{\text{tg} \varphi_{EO} \cdot \cos \varphi_{EO}} \leq L_{\text{Л1}} \leq L_{\text{Л}} \\ L_{\text{Л}} = (1,8...2,5) \cdot h_{\text{окна}} \end{cases} \quad (14)$$

Предварительно выстроенные в рациональное для ориентирования положение и уложенные в один слой початки, события A_1 и A_2 , сойдя с конца откидного лотка зашитога контейнера, должны быть полностью сориентированы рабочим органом ОДЗА так, чтобы продольная ось початков была расположена параллельно ручьям активного рабочего органа ОДЗА с длиной $L_{\text{ОДЗА}}$. Положение початка комлем вниз или носком вниз считается равнозначно подходящим для выполнения поэтапного обмолота. Активизация многоручьевого рабочего органа ОДЗА, создание колебаний малой амплитуды, способствующие событию A_3 при обеспечении однослойного схода початков с наклонного лотка контейнера.

В случае схода початков несколькими слоями или в неблагоприятном для ориентирования положении разворот верхних слоев, их остановка и укладка в ручьи ОДЗА осуществляется выступающими над каналами поворотными мысами, расставленными между каналами в шахматном порядке.

Вибрация ОДЗА не позволяет мысам удерживать початки. Очевидно, что при условии непрерывного движения вероятность ориентирования початков в единое положение зависит от произведения вероятностей $p(A_1) \cdot p(A_2)$, длины ручьев $L_{\text{ОДЗА}}$, ширины одного ручья $d_{\text{руч}}$ и общего количества ручьев n . Следовательно, по логике формирования вышеприведенных моделей, вероятность получения события A_3 можно определить выражением

$$p(A_3) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_{\text{руч}} \cdot k}{L_{\text{ОДЗА}}} \quad (15)$$

где k – поправочный коэффициент, учитывающий процент початков подаваемых в ОДЗА в неблагоприятном для ориентирования положении, $k = 1 - p(A_1) \cdot p(A_2)$.

В результате в раскрытой форме модель (1) имеет вид

$$p(A) = \begin{cases} p(A_1) \cdot p(A_2) = p(\Pi) \cdot \frac{L_{\text{Л1}}}{L_{\text{Л}}} \cdot \frac{L_{\text{Л1}}}{L_{\text{Л}}} \text{ при } \begin{cases} \frac{h_{\text{окна}}}{\text{tg} \varphi_{EO} \cdot \cos \varphi_{EO}} \leq L_{\text{Л1}} \leq L_{\text{Л}} \\ L_{\text{Л}} = (2,0...2,5) \cdot h_{\text{окна}} \end{cases} \\ p(A_3) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_{\text{руч}} \cdot k}{L_{\text{ОДЗА}}} \end{cases} \quad (16)$$

В связи с многообразием вероятных пространственных положений початков в зоне соединения их наклонного и вертикального истечения из контейнера введено упрощение $L_{\text{Л1}}/L_{\text{Л}} = L_{\text{ср}}/h_{\text{окна}}$ (рисунок 4).

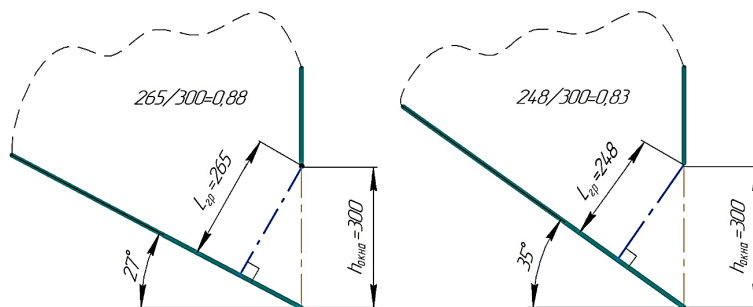


Рис. 4 – Графическая интерпретация принятого упрощения

Для многоручьевого ОДЗА, предназначенного для работы с контейнером вышеописанных размеров, рациональное количество ручьев – 7...9 штук, а ширина ручья зависит от максимального диаметра початка и составляет – 80...100 мм; рациональная длина ручья принята равной среднему значению длины наклонного днища контейнера $A_K = 1600$ мм.

Результаты расчета вероятности событий $p(A_1)$, $p(A_2)$ и $p(A_3)$ в зависимости от конструктивных особенностей системы ориентированной загрузки МСУ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета вероятности событий $p(A_1)$, $p(A_2)$ и $p(A_3)$ в зависимости от конструктивных особенностей СОЗ

$\beta_k,^\circ$	$p(\Pi)$	L_{Π}/L_{Π}	$L_{\Pi} = L_{\Pi}$, мм	L_{Π}/L_{Π}	$p(A_1) \cdot p(A_2)$	k	$L_{ОДЗА}$, мм	$d_{руч}$, мм	n , шт	$p(A_3)$
27	0,8	0,88	600	≈ 1	0,70	0,296	1600	100	7	0,871
35	0,8	0,83	600	≈ 1	0,66	0,336	1600	100	7	0,853

Выводы. На основании анализа представленных соображений можно сделать следующие выводы.

1. Перемещение початков и зерна кукурузы в стационарных условиях ККЗ целесообразно осуществлять в защитных вентилируемых контейнерах, это позволит минимизировать потери зерна и его повреждения.
2. Вентилируемый защитный контейнер для перемещения початков семенной кукурузы в стационарных условиях ККЗ должен обладать следующими габаритными размерами: длина 0,8...1,6 м, ширина 0,4...0,8 м, высота 0,6...1,0 м.
3. Для обеспечения шадящей разгрузки контейнеров самотеком угол наклона его днища должен находиться в пределах 27...35°.
4. Контейнер предложенной конструкции по габаритам и условию разгрузки полностью согласуется с многоручье-вой лотковой системой ориентированной загрузки початков в стационарное аксиально-роторное МСУ.
5. Совместная работа предложенного контейнера в процессе эффективной саморазгрузки и многоручьевого ОДЗА позволяет выстроить в строго сориентированное положение относительно рабочих органов молотилки до 87% от всей массы початков.
6. Защитный вентилируемый контейнер вышеописанных размеров эффективно работает в комплексе с ОДЗА, у которого количество ручьев 7...9 штук, ширина одного ручья 80...100 мм, длина ручья не менее 1,6 м.
7. В технологии механизированной переработки початков семенной кукурузы в посевные единицы реализация контейнерного метода с оборудованием предложенных параметров позволит существенно минимизировать повреждаемость семенного зерна, а следовательно, повысить его качество.

Библиография

1. Воронцов О.С., Голик С.М., Делидович В.Н. [и др.]. Организация и техника хранения зерна: монография. М. : Издательство технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 1954. 358 с.
2. Голик С.М. Механизация уборки, обработки и хранения кукурузы: монография. М. : Колос, 1973. 335 с.
3. Грушка Я. Монография по кукурузе. М. : Колос, 1965. 751 с.
4. Курасов В.С., Кудеев В.В., Самурганов Е.Е. Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2013. 151 с.
5. Бахарев Д.Н., Пастухов А.Г., Вольвак С.Ф., Бурнукин А.Е. Научные основы совершенствования технологии точной обработки кукурузы в початках: монография. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. 188 с.
6. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Элементы перспективной механизированной технологии переработки початков семенной кукурузы // Материалы XII Международной научно-практической интернет-конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК». М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. С. 455-462.
7. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Теоретическое исследование технологического процесса подбора початков кукурузы барабанным питателем // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения». – п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 117-126.
8. Крюков М.Л., Пышкин В.К., Чулков А.С., Власова С.В., Иванов М.В., Степанов К.А. Контейнерная поточно-транспортная технология подготовки селекционного зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 6. С. 20-24.
9. Кандауров И.И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве. Л. : Стройиздат, Ленингр. отделение, 1988. 280 с.
10. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. 224 с.
11. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Угол естественного откоса початков кукурузы как объекта послеуборочной механической обработки // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. С. 12-16.
12. Богомяких В.А. Теория и расчет бункеров для зернистых материалов. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1973. 152 с.
13. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Молотильно-сепарирующее устройство для первичного семеноводства кукурузы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14, № 1. С. 34-39.
14. Петунина И.А. Обмолот початков кукурузы: монография. Краснодар: КубГАУ, 2006. 200 с.
15. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф., Черников Р.В. Пневматическая система дифференцированного обмолота кукурузы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13, № 4. С. 42-47.
16. Строна И.Г. Травмирование семян и его предупреждение: монография М. : Колос, 1972. 160 с.
17. Степанов, К.А. Обоснование параметров контейнеризации процессов уборки, переработки и хранения семян на III и IV этапах селекции и первичного семеноводства на примере ФГБНУ Рязанский НИИСХ // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2018. № 9. С. 15-20.

References

1. Voroncov O.S., Golik S.M., Delidovich V.N. i dr. [Organization and technology of grain storage]. Organizaciya i tehnika hraneniya zerna: monografiya. M. : Izdatel'stvo tekhnicheskoy i ekonomicheskoy literatury po voprosam zagotovok, 1954. 358 s.

2. Golik S.M. Mekhanizatsiya uborki, obrabotki i khraneniya kukuruzy [Mechanization of corn harvesting, processing and storage]. M. : Kolos, 1973. 335 s.
3. Grushka Y Monografiya po kukuruze. [Monograph on the corn]. M. : Kolos, 1965. 751 s.
4. Kurasov V.S., Kuceev V.V., Samurganov E.E. Mekhanizatsiya rabot v Sulecki, sortoispytani i pervichnom semenovodstve kukuruzy [Mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of maize]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2013. 151 s.
5. Bakharev D.N., Pastukhov A.G., Volvak S.F., Burnukin A.E. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhnologii potочноj obrabotki kukuruzy v pochatkah [Scientific foundations of improving the technology of in-line processing of corn on the cob]: monografiya. P. Majskij, FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2021, 188 s.
6. Kandaurov I.I. Mexanika zernistykh sred i ee primenenie v stroitelstve [Mechanics of granular media and its application in construction]. L. : Strojizdat, Leningr. otделение, 1988. 280 s.
7. Kibzun A.I., Goryainova E.R., Naumov A.V. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. Bazovyy kurs s primerami i zadachami [Probability theory and mathematical statistics. Basic course with examples and tasks.]. M. : FIZMATLIT, 2002. 224 s.
8. Bakharev D.N., Volvak S.F. Ugol estestvennogo otkosa pochatkov kukuruzy kak obekta posleuborochnoj mexanicheskoy obrabotki [The angle of the natural slope of corn cobs as an object of post-harvest mechanical processing] // Aktualnye problemy agroinzhenerii v XXI veke: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj 30-letiyu kafedry texnicheskoy mexaniki konstruirovaniya mashin. Majskij: Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.Ya. Gorina, 2018. S. 12-16.
9. Pastukhov A.G., Bakharev D.N. Elementy perspektivnoj mekhanizirovannoy tekhnologii pererabotki pochatkov semennoj kukuruzy. [Elements of a promising mechanized technology for processing cobs of seed corn] // Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencii «Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK». M. : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020. S. 455-462.
10. Bakharev D.N., Volvak S.F. Teoreticheskoe issledovanie tekhnologicheskogo processa podbora pochatkov kukuruzy barabannym pitatelem. [Theoretical study of the technological process of selecting corn cobs by a drum feeder] // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktualnye problemy agroinzhenerii i puti ih resheniya». P. Majskij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. S. 117-126.
11. Kryukov M.L., Pyshkin V.K., Chulkov A.S., Vlasova S.V., Ivanov M.V., Stepanov K.A. Konteynernaya potочно-transportnaya tekhnologiya podgotovki selektsionnogo zerna [Container flowtransport technology of selection grain production]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2018. Vol. 12. № 6. S. 20-24.
12. Bogomyagkih V.A. Teoriya i raschet bunkerov dlya zernistykh materialov [Theory and calculation of hoppers for granular materials]. Rostov-na-Donu : Izdatel'stvo Rostovskogo universiteta, 1973. 152 s.
13. Pastukhov A.G., Bakharev D.N. Molotilno-separiruyushhee ustrojstvo dlya pervichnogo semenovodstva kukuruzy [Threshing and separating device for primary corn seed production] // Sel'skoxozyajstvennyye mashiny i texnologii. 2020. T. 14, № 1. S. 34-39.
14. Petunina I.A. Obmolot pochatkov kukuruzy [Threshed corn cobs]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2006. 200 s.
15. Pastukhov A.G., Bakharev D.N., Volvak S.F., Chernikov R.V. Pnevmaticheskaya sistema differencirovannogo obmolota kukuruzy [Pneumatic system of differentiated corn threshing] // Sel'skoxozyajstvennyye mashiny i texnologii. 2019. T. 13, № 4. S. 42-47.
16. Strona I.G. Travmirovaniye semyan i ego preduprezhdenie: monografiya [Seed damage and its prevention]. M. : Kolos, 1972. 160 s.
17. Stepanov K.A. Obosnovaniye parametrov kontejnerizatsii processov uborki, pererabotki i hraneniya semyan na III i IV etapah selektsii i pervichnogo semenovodstva na primere FGBNU Ryazanskij NIISKH [Seed damage and its prevention substantiation of the parameters of containerization of the processes of harvesting, processing and storage of seeds at the III and IV stages of breeding and primary seed production on the example of the Ryazan Research Institute] // Selskoxozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. 2018. № 9. S. 15-20.

Сведения об авторе

Бахарев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7-4722-391233, e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

Information about author

Bakharev Dmitriy Nikolaevich, doctor of technical sciences, docent of the department of technical mechanics and design of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7-4722-391233, e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С КОМБИНИРОВАННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СОСОК

Аннотация. По статистическим данным в молочной отрасли по Белгородской области сложилась такая тенденция, что на протяжении последних нескольких лет на предприятиях различной величины планомерно уменьшается количество голов крупного рогатого скота, и при этом уровень производства молока в чистом виде растет. Такие причинно-следственные связи приводят к повышенному риску возникновения мастита у коров, так как нагрузка на них во время доения закономерно повышается, происходит это соответственно из-за увеличенного времени доения, также из-за использования классических компоновок доильных аппаратов со стандартными конструкциями доильных стаканов, направленных на полное выдаивание коров при номинальном рабочем вакуумметрическом давлении (44-48 кПа). В результате исследования принципов работы доильных аппаратов и закономерностей при процессах получения молока от коров в данной статье предложена компоновка доильного аппарата, описана компоновка самого доильного аппарата, описана конструкция ответственного элемента – адаптивного доильного стакана, схема его работы и приведена конструкция, также описан принцип работы адаптивного доильного аппарата. Схема двухтактного доильного аппарата в основании остается неизменной, а главным отличием является конструкция адаптивного доильного стакана. Эффект адаптивного доения достигается совмещением классического способа доения, то есть вакуумметрической работой внутри доильного стакана, только с особенностью в виде пониженного значения вакуумметрического давления, и поочередным механическим воздействием на сосок четырьмя кольцевыми конструкциями на протяжении всего процесса доения. При использовании этой компоновки предполагается физиологичность процесса доения коров, минимизируя шанс возникновения мастита за счет работы на рабочем пониженном вакууме (28-33 кПа), производя щадящее выдаивание, за счет процесса механической работы устройства и при этом, не снижая количества и качества удоя.

Ключевые слова: доение, технология, адаптивное доение, доильный аппарат, доильный стакан, физиологичность.

DETERMINATION OF DESIGN-MODE PARAMETERS, DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF MILKING APPARATUS WITH COMBINED IMPACT ON THE COW NIPPLE

Abstract. According to statistical data in the dairy industry in the Belgorod region there is a tendency that over the past few years at enterprises of various sizes systematically decreases the number of animals, while the level of milk production in its natural form increases. Such cause-and-effect relationships lead to an increased risk of increased mastitis among cows, because the load on them during milking naturally increases, respectively, due to the increased time of milking, also because of the use of classical configuration milking machines with standard designs milking cups aimed at complete milking cows at the nominal working vacuum pressure (44-48 kPa). As a result of research of principles of milking apparatuses operation and patterns in processes of milk extraction from udders of cows in this article the configuration of the milking machine is proposed, the configuration of the milking machine itself is described, the design of the responsible element – adaptive milking cup, its work scheme and design are described, the working principle of the adaptive milking apparatus is described. The scheme of two-stroke milking machine in the base remains the same, and the main difference is the construction of the flexible and adaptive cup. The effect of adaptive milking is achieved by combining the classic method of milking, meaning vacuum-metric work inside the milking cup, only with a special feature in the form of a lower vacuum pressure value, and alternate mechanical action on the teat by four ring structures throughout the milking process. Using this configuration is supposed to be physiological process of milking cows, minimizing the chance of occurrence of mastitis due to the lower working vacuum (28-33 kPa), producing a careful milking, due to the mechanical work process of the device and at the same time, without decreasing the number and quality of milking.

Keywords: milking, technology, adaptive milking, milking machine, milking cup, physiology.

Введение. Производство молока является трудоемким процессом, требующим высокой ответственности к процессу доения и к выбору современных технических решений. Считается, что только одна операция доения потребляет чуть менее половины всех затраченных средств и ресурсов на предприятиях по производству молока. По этой причине правильно организованный процесс машинного доения требует к себе особого внимания. Исход неверного использования и эксплуатации доильных аппаратов соразмерен большим потерям впустую относительно затраченных на это сил.

В настоящее время вопрос создания адаптивного доильного аппарата, оказывающего щадящее воздействие на сосок коровы в процессе доения, остается открытым, так как воздействие избыточного вакуумметрического давления при снижении интенсивности молока негативно влияет на сосок. Поэтому необходим доильный аппарат комбинированного действия, который будет обеспечивать додой выжимным режимом.

Известные технические решения [1-5], которые пока находятся в состоянии патентов, в силу своей конструктивной сложности и недостаточно решающих данную проблему, так и не были реализованы в серийном производстве.

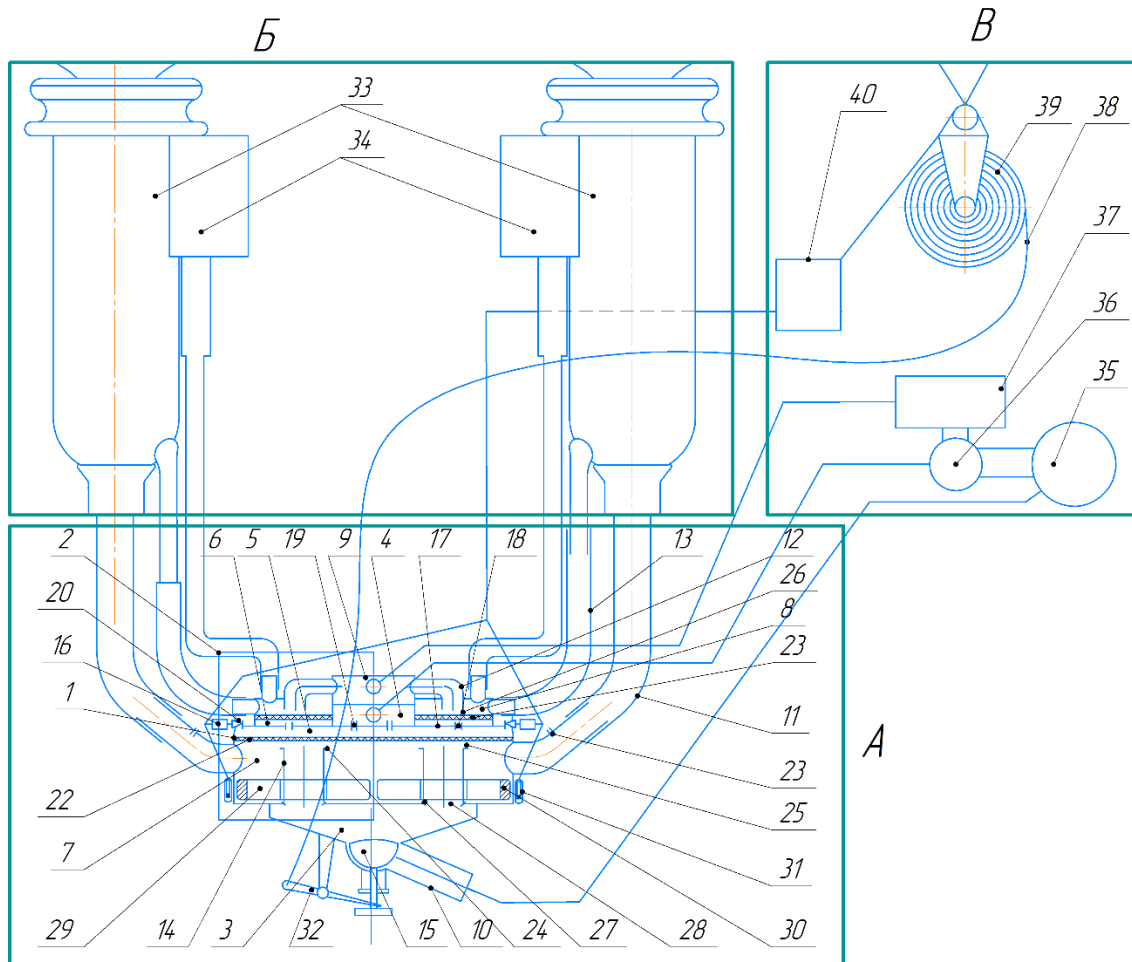
Цель исследований. Корректирование физиологических свойств доильного аппарата с помощью приведенного технического решения и увеличение эффективности и качества доения таким комплексом, который совмещает в себе адаптивные свойства в классической схеме доильного аппарата, уменьшение затрат на лечение мастита у коров, облегченное воздействие на соски за счет считывания данных по потоку молока и регулировки значений давления и вакуума.

Материалы и методы исследования. Во время разработки конструктивной схемы доильного аппарата с адаптивным воздействием на вымя коров строилась такая схема доильных стаканов, которая одновременно отвечала бы требованиям физиологичности и обладала приемлемой производительностью, не уступающей стандартным схемам, обширно используемым в производстве. Суть конструкции заключается в том, чтобы достичь равномерного выдаивания вымени коровы по каждой доли, при этом использовать нестандартный режим работы двухтактного доильного аппарата в сумме с механическим, адаптивным воздействием на соски. Учитывая особенность работы доильных стаканов, учли манеру движения молочного потока из доильных стаканов, а также особенности изменения вакуумного давления. Таким образом, разработка доильного аппарата с комбинированным действием, обусловленным особенностью конструкции доильных стаканов, вклю-

чающие такие основные рабочие элементы – система поршневого узла, соединенного с кривошипом, составные кольца, которые инициируют комбинированное воздействие на сосок.

Были рассмотрены конструктивные схемы и на основании этих разработок была представлена схема модернизированного доильного стакана с адаптивным воздействием. Технический результат данной конструктивной схемы достигается тем, что предлагается доильный аппарат классической компоновки, который помимо вакуумного насоса, электродвигателя включает в себя коллектор на четыре секции. Основополагающим элементом работы этого доильного аппарата является доильный стакан адаптивного действия, в составе которого имеется составной поршень с компенсирующей пружиной, который, двигаясь по направляющим вниз под действием пружины и вверх под действием избыточного давления, вращает кривошип, благодаря преобразованному возвратно-поступательному движению. Кривошип вращается таким образом что, проходя полный оборот, по очереди воздействует лепестками на рабочие оси-рычаги составных колец, благодаря чему они поочередно сжимаются, воздействуют на сосковую резину с определенным усилием, и таким образом воздействуют на сосок. Таким образом имитируется работа по принципу ручного доения.

Более тщательно предлагаемый образец раскроется в последующем описании и приложенных к нему чертежах. Общий вид доильной установки с адаптивным воздействием (рисунок 1). Модернизированный доильный стакан (рисунок 2). Сборка из колец и полуколец (рисунок 3). Устройство поршневой системы (рисунок 4).

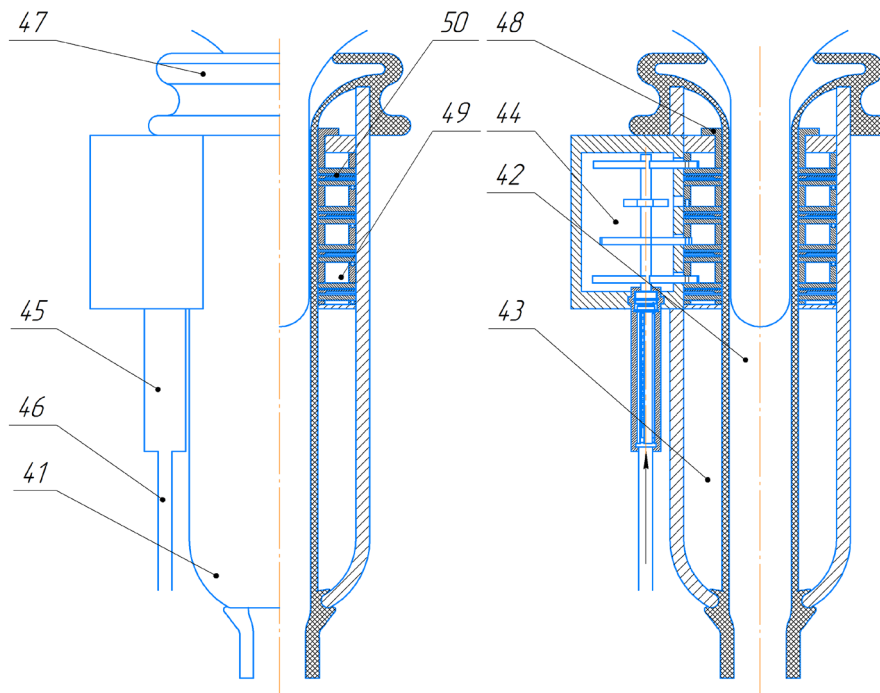


а) Основа доильного аппарата: 1 – коллектор; 2 – секции; 3 – молокоприемная камера; 4 – камера постоянного вакуумметрического давления; 5, 6 – камеры управления; 7 – камера рабочего вакуумметрического давления; 8 – камера регулируемого вакуумметрического давления; 9 – распределительная камера; 10, 11, 12, 13 – патрубки; 14 – патрубок подвижной; 15 – клапан; 16 – электроклапан; 17 – перегородка; 18, 19, 20, 21 – каналы с калиброванными входными отверстиями; 22, 23 – мембраны; 24 – буртик; 25, 26 – калиброванные щели; 27 – калиброванная выемка; 28 – посадочное гнездо; 29 – молоколовушка с поплавком; 30 – магнит; 31 – геркон; 32 – рычаг; б) Комплекс адаптивного доения: 33 – доильный стакан; 34 – камера поршнево-кривошипной группы; в) Комплекс управления доильной установкой: 35 – молокопровод; 36 – вакуумная магистраль; 37 – пульсатор; 38 – трос; 39 – держатель барабана; 40 – блок управления

Рис. 1 – Общий вид доильной установки с адаптивным воздействием

Принцип действия доильного аппарата адаптивного действия, представленный на рисунке 1, отличается от классической схемы работы двухтактного доильного аппарата тем, что тут имеется пружинный механизм 39, который работает механически от пружины, чем поддерживает коллектор 1 и адаптивные доильные стаканы 33 с кривошипно-поршневой группой 34 в подвешенном состоянии. Принцип работы доильного аппарата в разрезе взаимодействия между собой привода доильного аппарата, коллектора, пульсатора практически такой же, как и в схеме типичной для доильного аппарата, работающего на двух тактах, то есть, когда вакуумметрическое давление в первом такте «сосания» перегоняется через пульсатор из одного адаптивного доильного стакана в другой по системе вакуумпроводов. Так, как и в обычных доильных стаканах, вакуум поступает в полость подсосковой камеры, в которой создается разрежение, и одновременно поступает давление через патрубок и далее калиброванный канал в камеру систему поршня-кривошипа, где происходит работа адаптивного аппарата.

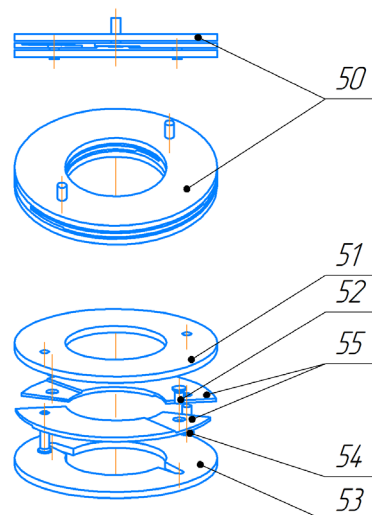
рата. По окончании доения, которое определяется через снижение поступления потока молока и через положение поплавка 29, который закрывает на буртике 24 отверстие в подвижном патрубке 14, чем перекрывает поступление вакуума в межстенные камеры 43 доильного стакана, но при этом оставляя доступ к впускному патрубку 46 для осуществления щадящего додаивания, посредством механического воздействия на соски коровы.



41 – корпус доильного стакана; 42 – подсосовая камера; 43 – межстенная камера; 44 – камера кривошипа; 45 – камера поршневой системы; 46 – впускной патрубков; 47 – сосковая резина; 48 – втулки; 49 – камера для составных колец и полуколец; 50 – составные кольца

Рис. 2 – Доильный стакан модернизированный

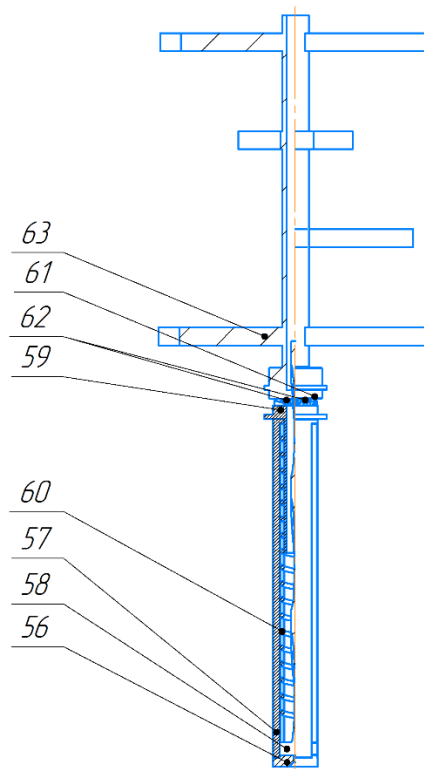
В основе конструкции доильного стакана адаптивную функцию несет в себе кривошип 63, который проворачивается вокруг своей оси благодаря преобразованию линейного возвратно-поступательного движения поршня с винтом 58 в нутре стакана с направляющими 57 в линейное вращение кривошипа.



51 – пластина верхняя; 52 – оси скрепляющие; 53 – пластина нижняя; 54 – оси поворотные; 55 – полусфера

Рис. 3 – Сборка из колец и полуколец

Как видно из рисунка 1, предполагается, что каждая сборка из колец и полуфер находится равноудаленно друг от друга и каждая в своей плоскости, далее исходя из рисунка 3 можно понять суть сборки так, что каждая такая сборка сжимает сосок полусферами 55 с приведенным давлением от лепестков кривошипа 63. Линейный подъем поршня с винтом 58 по пазам направляющих стакана 57 происходит из-за воздействия на поршень избыточного давления поступающего через калиброванное отверстие в толкателе 56. Обратное движение поршня с винтом происходит благодаря падению давления в камере поршневой системы, а также посредством компенсирующей пружины 60.



56 – толкатель; 57 – стакан с направляющими; 58 – поршень с винтом; 59 – зубчатая головка; 60 – компенсирующая пружина; 61 – оси; 62 – собачки; 63 – кривошип

Рис. 4 – Поршневая система

Окончание работы доильного аппарата происходит, как только в секциях 2 коллектора 1 падает молочный поток ниже предельного значения, из-за чего фиксатор на барабане отпускает держатель и происходит выключение системы доения, то есть отключается работа молокопровода 35, и после этого можно снимать с вымени доильные стаканы и собирать доильный аппарат.

Схема комбинированного адаптивного доильного аппарата поднимает уровень физиологичности и продуктивности процесса доения за счет использования методики воздействия на сосок коровы механическим воздействием сборочной единицей, состоящей из колец и полуколец, так благодаря анализу потока молока и регулировке пониженных значений давления и вакуума в камерах доильного стакана.

Выбирая доильный аппарат стоит учитывать специфику работы аппарата и уже тогда отталкиваться от вида доильного аппарата, будь то двухтактный или трехтактный, и обратить внимание на фактор стрессоустойчивости животных к тому или иному режиму работы аппарата. В нашем случае предлагается прибегнуть к доению по своей природе приближенному к живому сосанию соска теленком. Таким образом, адаптивный режим работы определяет вектор рассмотрения проблемы изучаемого вопроса, а именно состояние сосковой резины и ее механических параметров, опираясь далее на результаты теоретических расчетов при различных условиях эксплуатации.

Полноту молоковыведения и валидность адаптивной функции доильного аппарата можно определить через характер воздействия в месте воздействия на сосковую резину сборочных единиц из колец и полудисков, через жесткость материала сосковой резины в рабочих зонах на сосок и физико-механические свойства эпителия соска, если брать в учет сопротивление, создаваемое внутри соска в такте сжатия. При такте сжатия технические параметры резины могут качественно повлиять на работу адаптивного доильного аппарата, тем самым обеспечить нормальную молокоотдачу посредством физиологичности рабочего процесса.

Представленные ниже теоретические исследования приводят нас к тому, как во время рабочего процесса доения определить характер сосковой резины на сосок. К примеру, Карташов Л.П., изучая физико-механические свойства резиновых изделий, предложил упростить схему резиновой трубки в доильном стакане, и решил обозначить ее как эластичный брус, с гибким плотным основанием. На основании трудов Э.И. Фусса, следует следующее заключение, что давление на слоях эпителия соска из-за восприятия им силы, прилагаемой через сосковую резину, равно величине деформирования слоя эпителия соска в поперечном направлении

$$N_D = M_c D_p, \quad (1)$$

где N_D – значение воздействия сосковой резины на сосок, кг/м^2 ; M_c – переменная эластичности суммы слоев эпителия одного соска вымени коровы, кг/м^3 ; D_p – деформация соска в поперечном сечении, м.

Однако, как показано на рисунке 5, если предположить, что кончик соска коровы выводится через уравнение окружности с радиусом R , а резину считать слабо восприимчивой к усилию на изгиб, из этого следует что вектор изгибающего усилия будет параллелен равнодействующей R при действии двух сил $(q)\sigma_p$ и $(N)P_v$. Исходя из вышесказанного следует, что в такте сжатия образуется «линия контакта» между двумя структурно разными материалами – резиновым изделием и органической тканью. Так как силы напряжения при воздействии довольно малы, опустим коэффициент трения между проходящей через начало координат XU .

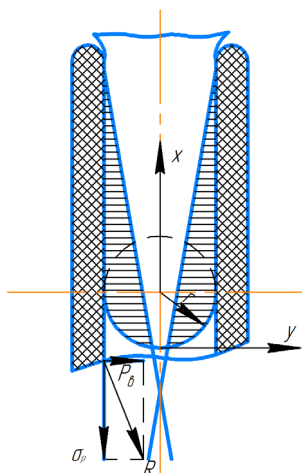


Рис. 5 – Модель силовой схемы при давлении сосковой резины на сосок вымени в момент такта сжатия

В итоге было выведено соотношение

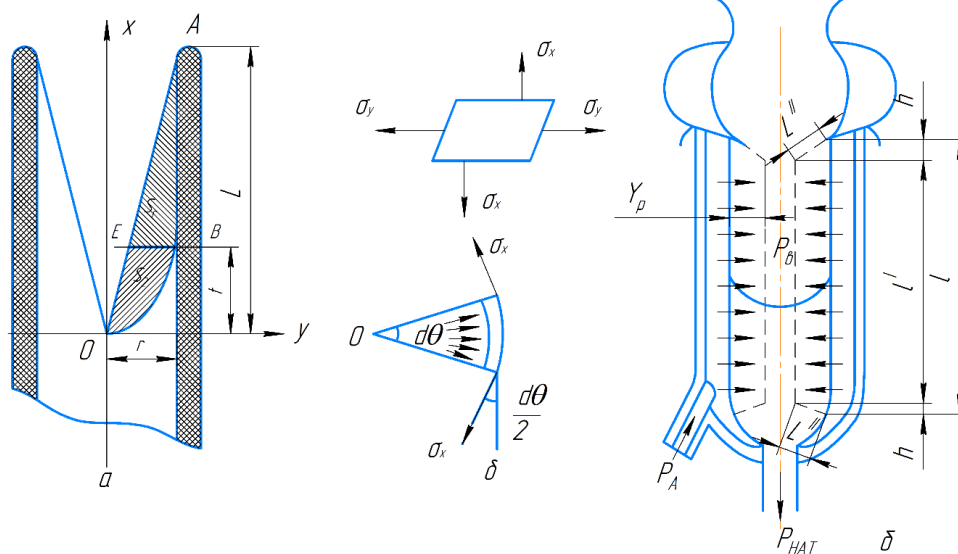
$$n = 0,95M \left(r - \frac{l_{cp.дл.с}}{2k} + \frac{0,57r^2}{l_{cp.дл.с}} \right), \tag{2}$$

где n – линейно усредненное значение давления резинового полотна в среднем сечении на сосок вымени коровы в момент такта «сжатия», $кг/м^2$; $l_{cp.дл.с}$ – усредненное значение длины соска, м; 0,93-0,97 – коэффициент потери давления, вызванный деформацией резины, принимаем 0,95; r – усредненный внутренний радиус сосковой резины, м.

Так Карташов Л.П. приводит к ниже приведенной схеме следующее выражение

$$n = 0,95M \left[\frac{R}{rL^2} (L - l_{cp.дл.с})^2 + \frac{rl_{cp.дл.с}}{L} \left(\frac{2}{3} - \frac{l_{cp.дл.с}}{2L} \right) \right], \tag{3}$$

где $l_{дл.с.р.}$ – длина линии соприкосновения полотна сосковой резины с внешним эпителием соска, м; L – длина от места соприкосновения резинового полотна и тканей соска до края соска, м.



а – сжатие под соском части сосковой резины; б – усредненная работа внешних сил на любой области сосковой резины; в – работа на сжатие стенок сосковой резины направленные параллельно друг на друга

Рис. 6 – Модель действия внешних и внутренних сил в отношении тканей соска и сосковой резины в момент работы такта сжатия

Так как приведенные формулы отражают схему взаимодействия сосковой резины с соском без учета физикомеханических свойств последней, приведем выражения из последующих работ Карташова Л.П., к примеру, приведение полотна сосковой резины [6] в виде геометрической фигуры, лучше всего подходящей для этого – прямоугольником, с переменным сечением с упором на упругом основании. Рассмотрим равновесие и выведенную автором зависимость направленных сил (рисунок 6, б) на один выделенном горизонтальном участке полотна сосковой резины

$$P_d = \frac{16\gamma E \arct \frac{2U}{a} \left(\sqrt{2 \left(\frac{U}{P} \right)^2 + 0,5 - 1} \right)}{a(1-\lambda) \left(8 \sqrt{2 \left(\frac{U}{P} \right)^2 + 0,5 - 1} \right)}, \tag{4}$$

где γ – толщина выделенной площадки на сосковой резине, м; P – периметр мембраны, м; U – значение изгиба участка, с; λ – коэффициент, учитывающий поперечную деформацию; E – модуль Юнга (в данном случае для резины), кг/м;

Экспериментальной составляющей является определение таких величин, как значения изгиба рабочей поверхности резины U , окончательно оптимальное для проведения последующих экспериментов значение периметра мембраны P , а также определение числовых значений приложенных сил и выведение значения поперечной деформации через коэффициент поперечной деформации.

Так, Л.П. Карташов при участии О.К. Куспанова представил (рисунок 6, в) к рассмотрению еще одну теоретическую модель взаимодействия и распределения сил в системе «сосковая резина-сосок».

Полученные зависимости в схеме выразили как

$$P_D = \frac{N_{нат}}{S_{п.с.} \cdot F} \frac{D}{4} (S_p + S_c) + \frac{N_{вак}}{2} \sqrt{f_1^2 + 1} - 1, \quad (5)$$

где $N_{нат}$ – сила натяжения полотна сосковой резины в продольном сечении, кгс; $N_{вак}$ – значение величина вакуума в полости подсосковой камеры, кг/м²; $S_p + S_c = S$ – сумма значений коэффициентов упругости полотна сосковой резины и соска в продольном сечении, соответственно, кг/м; $S_{п.с.}$ – усредненная площадь поперечного сечения сосковой резины, м².

Линейный фактор рабочей площадки полотна сосковой резины

$$f_1 = \frac{Ind}{Wl}, \quad (6)$$

где Wl – длина рабочего участка полотна сосковой резины, м; Ind – внутренний диаметр сосковой резины на рабочем участке, м;

Так как в такой методике в ряде характеристик сосковой резины не рассматривается объемная жесткость цилиндрической оболочки и коэффициент поперечной деформации, обратимся к расчетам Краснова И.Н., который при рассмотрении сосковой резины [7] выражал ее как цилиндрическую оболочку. В своей работе он приводит воздействие на сжатую сосковую резину в момент такта сжатия. Основным положением в его наблюдениях было то, что тонкая упругая оболочка растягивается гораздо сильнее именно в поперечном сечении. Как показано на рисунке 7 именно по этой причине и приводятся уравнения учитывающие только поперечные деформации

$$n_{cp} = n_{cp.c.} + \frac{SQ_1}{len_g} + \frac{SQ_2}{len_g}, \quad (7)$$

где $n_{cp.c.}$ – значение среднего силы воздействия на сосок в момент такта сосания; S – сумма значений коэффициентов упругости полотна сосковой резины и соска в продольном сечении, соответственно, кг/м; $Q_1 + Q_2 = Q$ – сумма площадей эпюр, описывающих процесс прогиба резиновой полотна (не учитывая жесткость слоев эпителия соска); len_g – рабочий участок соска, на который воздействует давлением сосковая резина.

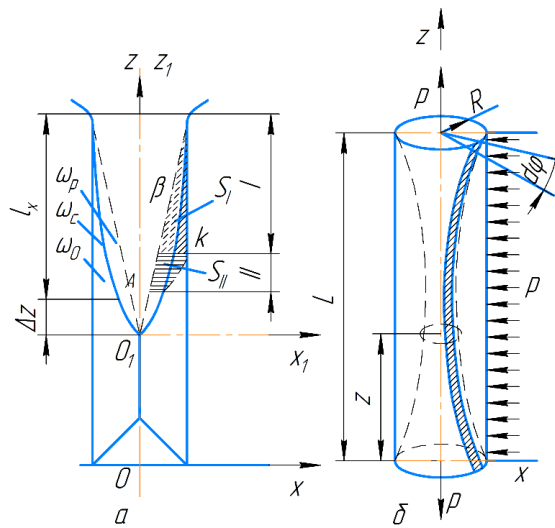


Рис. 7 – Схематическая модель воздействия внешних и реакции внутренних сил и их влияние на прогиб сосковой резиной (а) и реакции простейшей «резиновой балки», выведенной на ее внешней плоскости (б)

Итогом исследований станут исследования Козлова А.Н. [8, 9]. Он выражает зависимость между натяжением резины в полости гильзы доильного стакана и радиусом соскового канала, используя задачу Ляме, которая гласит о равномерном внешнем и внутреннем сжатии круглой трубы. Взаимосвязь между двумя этими параметрами линейна и обратно пропорциональна, что означает, если натяжение сосковой резины увеличивается, то радиус соскового канала уменьшается. Так, при изучении свойства устойчивости к деформации сосковой резины стала теория оболочек, которая фундаментом исследований Матисана Э.А. и Келписа Э.А., и была раскрыта в диссертационной работе Шевцовой Е.В. [10]. Так, если придерживаться условия, когда при давлении на сосок должно произойти изгибание полотна сосковой резины, и мы не учитываем физико-механические свойства резинового изделия и механических свойств тканей соска, приведем упрощенную формулу

$$Z = \bar{q}E \left(\frac{F}{R} \right)^2, \quad (8)$$

где Z – коэффициент повышенной нагрузки, выводимый экспериментальным путем, в ходе экспериментов; F – толщина стенки у столба сосковой резины, принимаемая условно одной толщины на протяжении рабочего участка, m ; R – внешний радиус сосковой резины, m .

Выводы. На основании представленных фактов сделаем следующие выводы.

1. В статье отражена конструктивная модель доильного аппарата с комбинированным воздействием на сосок, которая была построена и учитывала в своей конструкции особенности работы доильного аппарата. В основу учитываемых факторов физиологичности конструкции легли результаты трудов Карташова Л.П. и Э.И. Фусса, в которых была выведена закономерность между прилагаемым усилием на сосок через сосковую резину.

2. Рассмотрена модель распределения сил в системе «сосковая резина-сосок». Также из исследований Козлова А.Н. по зависимости натяжения сосковой резины в полости гильзы доильного стакана и ее воздействия на сосок и его реакцию на воздействие внешних сил, поэтому в ответственной за физиологичную работу была представлена сборка из колец и полуколец.

Библиография

1. Bahlenberg Peter, Delaval Holding AB (2015) Method, computer program, and computer program product for controlling the milking by a milking device, and a milking arrangement, SE., Pat. № US2015250130A1
2. Адаптивный доильный аппарат: пат. 2637136 Рос. Федерация № 2016145559; заявл. 21.11.16; опубл. 30.11.17, Бюл. № 34.
3. Адаптивный доильный аппарат: пат. 2367147 Рос. Федерация № 2008128329/12; заявл. 11.07.08; опубл. 20.09.09, Бюл. № 11.
4. Доильный стакан: пат. 2653881 Рос. Федерация № 2017117265; заявл. 18.05.17; опубл. 15.05.18, Бюл. № 14.
5. Двухкамерный доильный стакан: пат. 2718852 Рос. Федерация № 2019125685; заявл. 13.08.19; опубл. 15.04.20, Бюл. № 11.
6. Карташов Л.П. О принципах машинного доения // Техника в сельском хозяйстве. – М. : 1995. – № 4 – С.3-4.
7. Краснов И.Н., Краснова А.Ю., Макаренко А.С. Влияние машинного доения на секрецию молока у коров // Научная жизнь. – 2015. – № 3. – С. 46-53.
8. Козлов А.Н. Определение упругих характеристик соска вымени животных // Совершенствование механизации производственных процессов в животноводстве: Сб. научн. тр. / ЧИМЭСХ. – Челябинск : 1991. – С. 59-63.
9. Козлов А.Н., Тимирбаева А.И. Исследование сосковой резины доильных аппаратов в динамическом режиме // Вестник КрасГАУ. 2014. Т. 1. С. 136-140.
10. Шевцова, Е.В. Обоснование конструктивных параметров пульсатора, исходя из особенностей работы сосковой резины в процессе машинного доения коров: дис....канд. техн. наук: 05.20.01 / Шевцова Елена Владимировна. – Челябинск, 2000. – 182 с.

References

1. Bahlenberg Peter, Delaval Holding AB (2015) Method, computer program, and computer program product for controlling the milking by a milking device, and a milking arrangement, SE., Pat. № US2015250130A1.
2. Adaptivny'j doil'ny'j apparat [Adaptive milking machine]: pat. 2637136 Ros. Federaciya № 2016145559; yayavl. 21.11.16; opubl. 30.11.17, Byul. № 34.
3. Adaptivny'j doil'ny'j apparat [Adaptive milking machine]: pat. 2367147 Ros. Federaciya № 2008128329/12; yayavl. 11.07.08; opubl. 20.09.09, Byul. № 11.
4. Doil'ny'j stakan [Adaptive cup]: pat. 2653881 Ros. Federaciya № 2017117265; yayavl. 18.05.17; opubl. 15.05.18, Byul. № 14.
5. Dvukhamerny'j doil'ny'j stakan [Two-chamber milking cup]: pat. 2718852 Ros. Federaciya № 2019125685; yayavl. 13.08.19; opubl. 15.04.20, Byul. № 11.
6. Kartashov L.P. O principax mashinnogo doeniya [About the principles of machine milking] // Tekhnika v sel'skom khozyajstve. – M. : 1995. – № 4 – S. 3-4.
7. Krasnov I.N., Krasnova A.Yu., Makarenko A.S. Vliyanie mashinnogo doeniya na sekreciyu moloka u korov [Effect of machine milking on milk secretion of cows] // Nauchnaya zhizn'. – 2015. – № 3. – S. 46-53.
8. Kozlov A.N. Opredelenie uprugix karakteristik soska vy'meni zhivotny'x [Determination of the elastic characteristics of the udder nipple of animals] // Sovershenstvovanie mexanizacii proizvodstvenny'x processov v zhivotnovodstve: Sb. nauchn. tr. / ChIME'SX. – Chelyabinsk : 1991. – S. 59-63.
9. Kozlov A.N., Timirbaeva A.I. Issledovanie soskovej reziny' doil'ny'x apparatov v dinamicheskom rezhime [Research of teat rubbers of milking machines in dynamic mode] // Vestnik KrasGAU, Krasnoyarsk, 2014, T. 1, s.136-140.
10. Shevczova, E.V. Obosnovanie konstruktivny'x parametrov pul'satora, isxodya iz osobennostej raboty' soskovej reziny' v processe mashinnogo doeniya korov [Justification of pulsator design parameters, based on the peculiarities of teat rubber operation in the process of machine milking of cows]: dis....kand. texn. nauk: 05.20.01 / Shevczova Elena Vladimirovna. – Chelyabinsk, 2000. – 182 s.

Сведения об авторах

Варлыгин Григорий Андреевич, аспирант, инженерный факультет, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +79065665435, e-mail: grisha.varlygin.97@mail.ru

Information about authors

Varlygin Grigory Andreevich, post-graduate student, engineering faculty, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultril University named after V. Gorin», st. Vavilova 1, 308503 Maisky, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7-906-5665435, e-mail: grisha.varlygin.97@mail.ru

УДК 631.363:636.086.5

С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, Р.З. Байрамов

КОНВЕЙЕРНАЯ СУШИЛКА ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНВЕКТИВНОГО И ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА

Аннотация. Промышленный способ ведения животноводства и птицеводства заключается в их безвыгульном содержании в помещении, в котором поддерживаются оптимальные условия жизнеобеспечения. Для кормления животных и птицы на комплексах используют комбикорма. Пищеварительная система животных приспособлена к поеданию различных кормов, в том числе зеленых кормов, которые содержат необходимые витамины, а также макро- и микроэлементы, клетчатку. Одним из способов обогащения комбикорма естественными витаминами, макро- и микроэлементами является введение в них подготовленного пророщенного зерна. Свежее пророщенное зерно обладает высокой влажностью 54-56%, поэтому без подготовки более 3-4 часов его хранить невозможно. Одним из способов продления его хранения является удаление влаги сушкой до конечной влажности 14%. Особенность пророщенного зерна заключается в том, что оно представляет собой продукт, состоящий из двух частей: зерновки и ростка, обладающих различными физико-механическими и теплофизическими свойствами. В статье представлена конвейерная сушилка пророщенного зерна с применением конвективного и инфракрасного нагрева. Сушка пророщенного зерна состоит из нескольких этапов: прогрев зерновки и ростка, испарение влаги в поверхностных слоях и последующее поднятие влаги с внутренних слоев пророщенного зерна к поверхностным слоям. Обдув зерновки теплым сушильным агентом позволяет осуществить испарение подведенной к поверхности влаги и последующему её удалению в атмосферу. Выполнены экспериментальные исследования по определению энергоёмкости и скорости процесса сушки пророщенного зерна. Проведены экспериментальные исследования, в результате которых определены оптимальные режимные параметры технологического процесса сушки пророщенного зерна. Представлена электрическая схема управления технологического процесса сушилки пророщенного зерна. Представлены результаты расчета тепловой энергии при подогреве воды отработанными газами сушильной установки.

Ключевые слова: сушка пророщенного зерна, подведение теплоты, инфракрасное облучение, скорость сушильного агента.

CONVEYOR DRYER OF SPROUTED GRAIN USING CONVECTIVE AND INFRARED HEATING

Abstract. The industrial method of animal husbandry and poultry farming consists in keeping them in a room where optimal life support conditions are maintained. Compound feeds are used to feed animals and poultry at the complexes. The digestive system of animals is adapted to eating various feeds, including green feeds, which contain the necessary vitamins, as well as macro- and microelements, fiber. One of the ways to enrich compound feed with natural vitamins, macro- and microelements is the introduction of prepared sprouted grain into them. Fresh sprouted grain has a high humidity of 54-56%, so it is impossible to store it without preparation for more than 3-4 hours. One of the ways to prolong its storage is to remove moisture by drying to a final humidity of 14%. The peculiarity of sprouted grain is that it is a product consisting of two parts: a grain and a sprout with different physico-mechanical and thermophysical properties. The article presents a conveyor dryer of sprouted grain using convective and infrared heating. Drying of sprouted grain consists of several stages: heating of the grain and the sprout, evaporation of moisture in the surface layers and subsequent raising of moisture from the inner layers of the sprouted grain to the surface layers. Blowing the grain with a warm drying agent allows evaporation of the moisture brought to the surface and its subsequent removal into the atmosphere. Experimental studies have been carried out to determine the energy intensity and speed of the drying process of sprouted grain. Experimental studies were carried out, as a result of which the optimal operating parameters of the technological process of drying sprouted grain were determined. The electrical control scheme of the technological process of the sprouted grain dryer is presented. The results of the calculation of thermal energy when heating water with exhaust gases of the drying plant are presented.

Keywords: drying of sprouted grain, heat supply, infrared irradiation, drying agent speed.

Введение. Для кормления сельскохозяйственных животных на комплексах используют комбикорма. В большинстве случаев животные и птица не имеют доступа к зеленым кормам, к которым приспособлены их пищеварительные системы в результате естественной эволюции. Промышленное содержание свиней и птицы осуществляют безвыгульным способом. Выдавая только комбикорма возникает недостаток в естественных витаминах, макро- и микроэлементах. Чтобы компенсировать этот недостаток, вводят искусственные добавки [1, 2].

При промышленном содержании животных и птицы отсутствие естественных витаминов, макро- и микроэлементов ведет к снижению показателей продуктивности, ухудшению иммунитета и сохранности поголовья [1, 3]. Зоотехники отмечают, что простым и дешевым способом обеспечения животных или птицы витаминами является введение в рацион кормления пророщенного зерна. Чтобы после кормления не выбрасывать остатки недоеденного корма применяют сухой тип кормления. Линия приготовления и раздачи корма построена таким образом, что комбикорм приготавливают на заводе, затем транспортируют автомобилями на животноводческий или птицеводческий комплекс и выгружают в бункер накопитель. Затем тросово-шайбовый или спиральный транспортер перемещает комбикорм к кормушкам [4, 5].

Ниже приведены результаты исследований по разработке сушилки пророщенного зерна. Предложенную конвейерную сушилку можно использовать в различных вариантах: установить на комбикормовом заводе и добавлять высушенное пророщенное зерно сразу в комбикорм; установить на животноводческом комплексе и добавлять сухое пророщенное зерно в комбикорм перед выдачей в кормушки [3, 6]. Отметим, что пророщенное зерно состоит из зерновки и ростка, которые отличаются по плотности, геометрическим размерам, физико-механическим и теплофизическим свойствам, что необходимо учитывать при сушке такого продукта.

Основная часть. Для сушки продовольственного, семенного и фуражного зерна в большинстве случаев используют сушилки шахтного типа. При этом влажность зерна, которое поступает с полей, в большинстве случаев, составляет 24-26%. Такое (непророщенное) зерно обладает высокой прочностью оболочки, не имеет ростков и корешков. Согласно общей технологии сушки зерно загружают в шахту зерносушилки [7, 8, 9] и затем в шахту подают сушильный агент, который при помощи коробов распределяется между зерновками, нагревает их, способствует поднятию влаги из объема зерновки, её

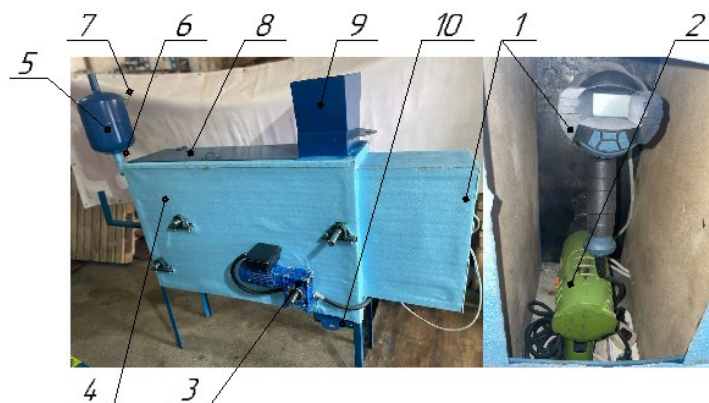
последующему испарению. Этот же сушильный агент выводит испаренную влагу из сушильной камеры в атмосферу. Для сушки зерна применяют также сушилки различных конструкций, в том числе конвейерных типов. Нагрев и отведение влаги осуществляют конвективным способом.

Если использовать шахтную сушилку для сушки пророщенного зерна, то необходимо учитывать, что при загрузке пророщенного зерна в шахтную сушилку, из-за высокой влажности оно будет прилипать к стенкам и коробам сушилки. Нижние слои будут раздавлены верхними слоями пророщенного зерна и потеряют свою геометрическую форму. Через такую расплюснутую массу хуже будет продвигаться сушильный агент, поэтому прогрев и удаление влаги будет происходить хуже.

С учетом особенных свойств продукта для сушки пророщенного зерна можно использовать конвейерную сушилку, в которой возможен подвод тепловой энергии ИК излучением и конвективным способом. Сушку пророщенного зерна и его последующее охлаждение также можно осуществлять на конвейерной ленте. При подведении тепловой энергии ИК излучением происходит повышение температуры зерновки и ростка, испарение влаги в поверхностных слоях и последующее поднятие влаги с внутренних слоев пророщенного зерна к поверхностным слоям. Обдув зерновки теплым сушильным агентом позволяет осуществить испарение подведенной к поверхности влаги и последующему её удалению в атмосферу [8, 9, 10].

Для сушки пророщенного зерна предлагается конструкция сушилки конвейерного типа. Сушилка выполнена из металлической рамы, на которой расположена сушильная камера [5]. Сверху сушильной камеры установлен загрузочный бункер с регулировочной заслонкой, в нижней части сушильной камеры выполнено выгрузное окно. Внутри сушильной камеры размещены два ленточных транспортера, над верхним транспортером расположены инфракрасные керамические нагреватели и установлена тепловая пушка. С противоположной стороны от тепловой пушки установлена вытяжная труба, на которой размещен теплообменник. Внутри теплообменника выполнен змеевик, в котором находится вода. С целью охлаждения высушенного пророщенного зерна над нижним транспортером установлен вентилятор холодного воздуха.

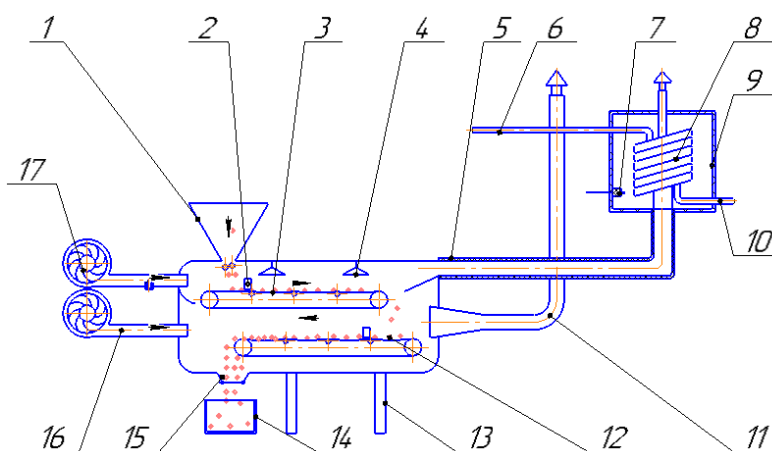
Предлагаемая сушилка обеспечивает равномерность сушки пророщенного зерна за счет подведения тепловой энергии ИК и конвективным способами [11, 12, 13, 14]. Общий вид экспериментальной конструкции конвейерной сушилки пророщенного зерна представлен на рисунке 1.



- 1 – тепловая пушка; 2 – вентилятор холодного воздуха; 3 – привод транспортеров;
 4 – камера сушильная с керамическими нагревателями; 5 – теплообменник; 6 – труба для холодной воды;
 7 – труба для подогретой воды; 8 – крышка; 9 – бункер загрузочный; 10 – горловина выгрузная

Рис. 1 – Экспериментальная конвейерная сушилка пророщенного зерна

Технологическая схема конвейерной сушилки пророщенного высушенного зерна, поясняющая принцип ее работы, показана на рисунке 2 [5].

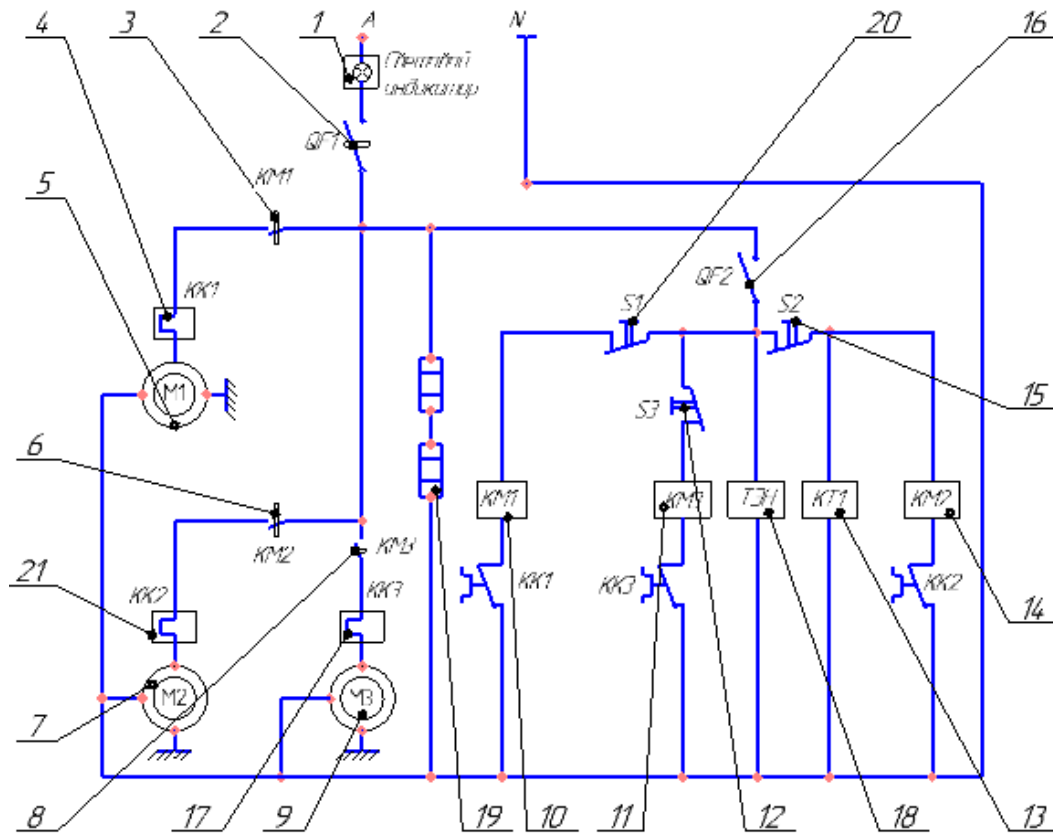


- 1 – бункер загрузочный; 2 – разравниватель зерна; 3 – транспортер ленточный сушильный; 4 – керамический ИК-нагреватель; 5 – труба отработанного сушильного агента; 6 – трубопровод выходной; 7 – датчик температуры; 8 – змеевик; 9 – теплообменник; 10 – трубопровод входной; 11 – воздуховод; 12 – транспортер ленточный для охлаждения; 13 – рама; 14 – тара; 15 – окно выгрузное; 16 – вентилятор холодного воздуха; 17 – тепловая пушка

Рис. 2 – Конвейерная сушилка пророщенного зерна с применением конвективного и инфракрасного нагрева

Конвейерная сушилка пророщенного зерна работает следующим образом. В загрузочный бункер 1 (рисунок 2) загружают пророщенное зерно с ростками и корешками влажностью 54-56%. При помощи дозирующей заслонки через отверстие в нижней части загрузочного бункера 1 пророщенное высушенное зерно с ростками и корешками подают на ленту транспортера 3. Включают привод ленточного транспортера и при помощи разравнивателя 2 пророщенное зерно распределяют по ширине ленточного транспортера 3. После распределения пророщенного зерна по длине и ширине ленточного транспортера 3 включают инфракрасный керамический нагреватель 4 и осуществляют нагрев пророщенного зерна и одновременно включают тепловую пушку 17. Сушильный агент будет дополнительно подогреть пророщенное зерно, которое находится на ленте транспортера 3 и удалять влагу с поверхности пророщенного зерна. Отработанный сушильный агент обладает температурой 40-45°C, его направляют в трубу 5 и перед выходом в атмосферу он проходит через теплообменник 9 и нагревает воду, которая находится в змеевике с 18 до 28,8°C. Вода может быть использована на технологические нужды. После высушивания пророщенного зерна включают привод и перебрасывают пророщенное зерно с транспортера 3 на транспортер 12. Пророщенное зерно распределяют по длине и ширине транспортера 12. С помощью вентилятора холодного воздуха 16 осуществляют охлаждение пророщенного зерна до температуры 22-25°C, а затем его выгружают через выгрузное окно 15 в тару 14.

Принципиальная электрическая схема управления сушилкой пророщенного зерна представлена на рисунке 3.



- 1 – световой индикатор; 2, 16 – пакетный выключатель; 3, 6, 8 – контактор; 4, 17, 21 – тепловое реле;
 5 – электродвигатель для привода вентилятора сушильного агента; 7 – электродвигатель привода вентилятора холодного воздуха; 9 – мотор-редуктор; 10, 11, 14 – катушка; 12, 15, 20 – кнопка; 13 – реле времени;
 18 – трубчатый электронагреватель (ТЭН); 19 – нагреватель ИК керамический

Рис. 3 – Схема управления сушилкой пророщенного зерна

Работа электрической схемы управления состоит в следующем. Световой индикатор 1 загорается и подтверждает наличие тока в фазе электрической цепи. При замыкании контактов выключателя 2 происходит замыкание цепи и ток поступает на контакторы. Выключатель 16 замыкает цепь управления и электрический ток поступает на кнопки включения 15, 17 электродвигателей 7, 9. Кнопка 20 замыкает цепь и электрический ток поступает к керамическому ИК нагревателю 19, ТЭНу 18 и катушке 10, и происходит замыкание контактов контактора 3, в результате запускают электродвигатель 5, который приводит во вращение вентилятор для подачи сушильного агента. После сушки пророщенного зерна необходимо перебросить пророщенное зерно с верхнего транспортера на нижний транспортер. Для включения мотора-редуктора 9 с целью привода транспортеров включают кнопку 12, которая замыкает цепь и подает напряжение на катушку 11, которая замыкает контакты 8. Это приводит к подаче напряжения на мотор-редуктор 9. После распределения высушенного пророщенного зерна на нижнем транспортере включают кнопку 15 и подают напряжение на катушку 13, которая замыкает контакты 6 и включает электродвигатель 7 вентилятора холодного воздуха для охлаждения высушенного пророщенного зерна.

Для оценки показателей работы сушилки были проведены экспериментальные исследования. В качестве критериев эффективности сушки пророщенного зерна выбрали скорость и энергоёмкость процесса сушки [13, 15, 16].

В таблице 1 представлены значения факторов, оказывающих наибольшее влияние на скорость и энергоёмкость сушки пророщенного зерна.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на скорость и энергоёмкость сушки пророщенного зерна

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования фактора
		-1	0	+1	
X ₁	Средняя скорость движения сушильного агента, v_B м/с;	2,2	3,2	4,2	1
X ₂	Средняя температура сушильного агента, T °С;	40	50	60	10

Источником ИК облучения служил керамический ИК нагреватель мощностью 100 Вт, который был размещен на высоте 3 см над пророщенным зерном. В процессе сушки пророщенного зерна проводили измерение влажности, рисунок 4.



1 – крепление; 2 – поперечина; 3 – штангенциркуль; 4 – керамический ИК-нагреватель; 5 – метеостанция Thermo hygrometer DC 105; 6 – ленточный транспортер; 7 – линейка; 8 – стенка сушильной камеры; 9 – измеритель влажности зерна MD7822

Рис. 4 – Определение влажности пророщенного зерна

Начальная влажность продукта составляла 54-56%.

Сушку останавливали при достижении конечной влажности 14%.

Скорость сушки рассчитывали по формуле

$$V_{\text{суш}} = \frac{m_1 - m_2}{t_{\text{суш}}}, \quad (1)$$

где m_1 – масса пророщенного зерна до сушки, кг; m_2 – масса пророщенного зерна после сушки, кг; $t_{\text{суш}}$ – время сушки пророщенного зерна с начальной до конечной влажности, сек.; тогда получаем

$$V_{\text{суш}} = \frac{3,7 - 1,94}{8400} = 0,00021 \text{ кг/сек.}$$

Обработка результатов экспериментальных исследований [15, 16] позволила получить уравнения регрессии, учитывающее влияние воздействующих факторов на скорость сушки пророщенного зерна $V_{\text{суш}}$, кг/час.

Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов имеет вид

$$V_{\text{суш}} = - 0,158 - 0,315 v_B + 0,048 T + 0,02 v_B^2 + 0,005 v_B T - 0,0005 T^2, \quad (2)$$

где v_B – средняя скорость движения сушильного агента, м/с; T – средняя температура сушильного агента, °С. Коэффициент корреляции для данного уравнения регрессии составляет $R=96,72\%$.

Полученная математическая модель была подвергнута проверке по критерию Фишера $F_p=17,715 > F_{\text{табл}}=4,07$ [15]. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера показало адекватность полученной математической модели, значимость их коэффициентов и достоверность проведенных исследований.

Расчетная поверхность зависимости скорости сушки от воздействующих факторов показана на рисунке 5.

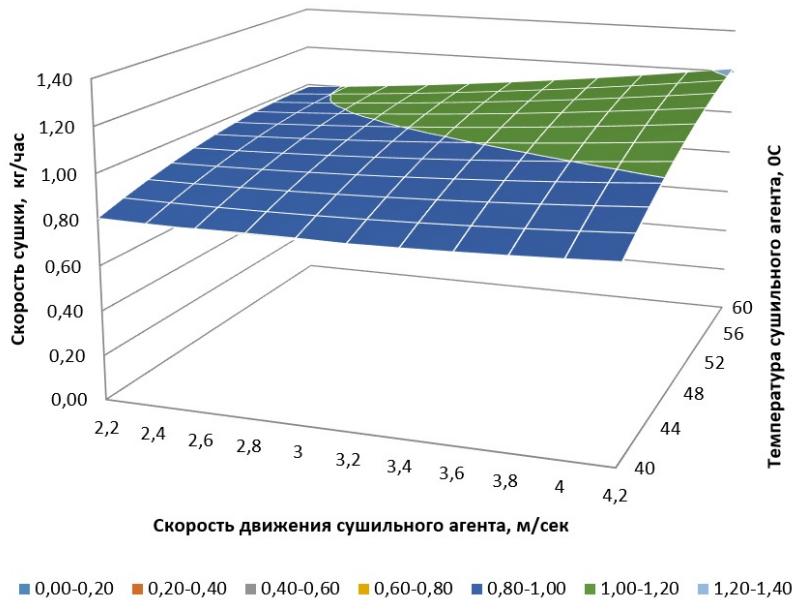


Рис. 5 – Поверхность отклика скорости сушки от температуры и скорости движения сушильного агента

Результаты экспериментальных исследований по определению тепловой энергии при подогреве воды отработанными газами сушильной установки. Анализ показывает, что при средней скорости движения воздуха теплоносителя $v_B=3,8-4$ м/с и средней температуре воздуха на входе $T=58-60^\circ\text{C}$ скорость сушки пророщенного зерна составляет $V_{суш}=1,05$ кг ч/м².

Расчет энергоемкости процесса проводился с учетом результатов измерений электрических параметров и приведенных ниже зависимостей.

Мощность электроэнергии, которую электродвигатели и ТЭНы потребляли из сети, определяется по выражению

$$P_C = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \tag{3}$$

где U – напряжение одной фазы, В; I – сила тока, А; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности электрооборудования.

Расчет потребления электрической энергии, полученной из сети, проводится с учетом времени работы по выражению

$$Q_{об} = U \cdot I \cdot t, \tag{4}$$

где U – напряжение одной фазы, В; I – сила тока, А; t – время работы оборудования, сек.

Общее потребление электроэнергии также может быть определено на основе показаний электрического счетчика за время работы. В эксперименте сушка продолжалась 140 минут, при этом потребление электроэнергии по показаниям электрического счетчика составило 1,96 кВт·ч (7053480 Дж).

Для расчета энергоемкости сушки пророщенного зерна можно использовать выражение

$$W_{уд} = \frac{\Sigma P \cdot t \cdot 100}{M_H(W_1 - W_2)}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{кг} \tag{5}$$

где P – мощность электропотребителей, кВт; t – время сушки пророщенного зерна, ч; M_H – начальная масса пророщенного зерна, кг; W_1 – начальное содержание влаги в пророщенном зерне, %, W_2 – конечное содержание влаги в пророщенном высушенном зерне, %.

Если известны показания электрического счетчика \mathcal{E} (кВт·ч), то с учетом выражения (5) получим

$$W_{уд} = \frac{\mathcal{E} \cdot 100}{M_H(W_1 - W_2)}, \tag{6}$$

тогда получим

$$W_{уд} = \frac{1,96 \cdot 100}{3,7(56-14)} = 1,26 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{кг}.$$

Обработка результатов экспериментальных исследований, в соответствии с планом [14], позволила получить уравнение регрессии, учитывающее влияние воздействующих факторов на энергоемкость пророщенного зерна. Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов имеет вид

$$\mathcal{E}_{суш} = 1284,355 + 16,583 v_B + 1,867 T - 0,833 v_B^2 - 0,375 v_B T - 0,0333 T^2, \tag{7}$$

где v_B – средняя скорость движения сушильного агента, м/с; T – средняя температура сушильного агента, °C.

Коэффициент корреляции для данного уравнения регрессии составляет $R=94,84\%$.

Полученная математическая модель была подвергнута проверке по критерию Фишера $F_F=11,027 > F_{табл}=4,07$ [15]. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера показало адекватность полученной математической модели, значимость их коэффициентов и достоверность проведенных исследований.

Расчетная поверхность зависимости энергоемкости сушки от воздействующих факторов показана на рисунке 6.

Анализ показывает, что при средней скорости движения воздуха теплоносителя $v_B=3,8-4$ м/с и средней температуре воздуха на входе $T=58-60^\circ\text{C}$ энергоемкость сушки пророщенного зерна составила 1220-1260 кВт ч/т.

Заметим, что для экономии энергетических затрат в предложенной конструкции сушилки использовали теплоту отработавшего сушильного агента для подогрева воздуха, поступающего на сушку продукта. Это позволило увеличить общий энергетический КПД установки при сушке пророщенного зерна.

При расчете КПД установки использовали следующую методику расчета.

До начала сушки пророщенного зерна начальная масса загруженного пророщенного зерна составила 3,7 кг, конечная масса после сушки составила 1,94 кг, продолжительность сушки пророщенного зерна с последующим его охлаждением составила 8400 сек. Масса испаренной влаги составила 1,76 кг.

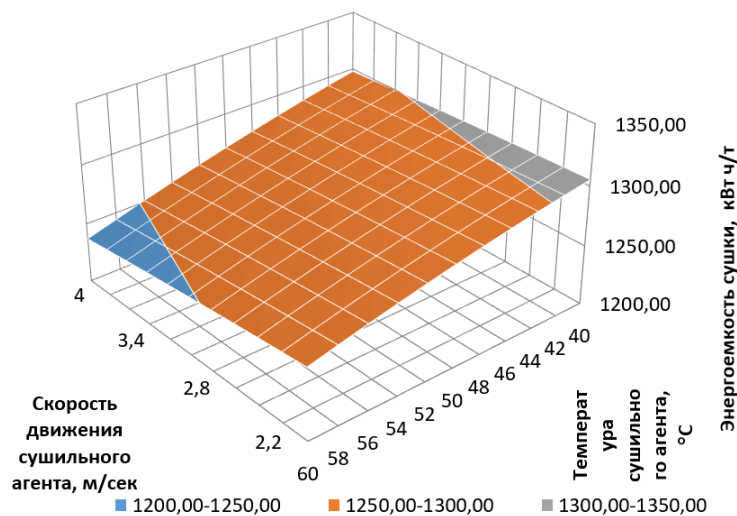


Рис. 6 – Поверхность отклика энергоёмкости сушки от температуры сушильного и скорости движения сушильного агента

Энергию, затраченную на испарения влаги, можно определить по выражению [13, 16]

$$Q_{\text{исп}} = r \Delta m, \quad (8)$$

где r – затраты теплоты на выпаривание одного килограмма влаги, Дж/кг; Δm – количество удаленной влаги, кг; после подстановки значений получаем

$$Q_{\text{исп}} = 2750000 * 1,76 = 4840000 \text{ Дж.}$$

Отработанный сушильный агент подают через теплообменник со змеевиком, в котором находится вода. При взаимодействии отработанный сушильный агент осуществлял нагрев змеевика, а, следовательно, и воды, которая находится в нем. Измерение массы змеевика и воды внутри змеевика выполняли с помощью весов электронных СС-ES-70, начальную и конечную температуру змеевика и воды в змеевике определяли с помощью термометра Termotester 330.

Количество теплоты, полученное змеевиком, в котором находилась вода, определяли по выражению

$$Q_3 = m_1 * C_1 (t_{\text{кз}} - t_{\text{нз}}), \quad (9)$$

где m_1 – масса змеевика, кг; C_1 – удельная теплоемкость стали Дж/(кг·°C); $t_{\text{кз}}$ – конечная температура змеевика, °C; $t_{\text{нз}}$ – начальная температура змеевика, °C; откуда получаем

$$Q_3 = 2,58 * 500 (28,3 - 18) = 13287 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, полученное водой, которая находилась в змеевике, определяли по выражению

$$Q_В = m_2 * C_2 (t_{\text{кв}} - t_{\text{нв}}), \quad (10)$$

где m_2 – масса воды в змеевике, кг; C_2 – удельная теплоемкость воды Дж/(кг·°C); $t_{\text{к}}$ – конечная температура змеевика, °C; $t_{\text{н}}$ – начальная температура змеевика, °C; тогда имеем

$$Q_В = 1,773 * 4200 * (28,3 - 18) = 76700 \text{ Дж.}$$

Общее количество теплоты, которое передал отработанный сушильный агент, определяли по выражению

$$Q_{\text{п}} = Q_3 + Q_В, \quad (11)$$

откуда получаем

$$Q_{\text{п}} = 13287 + 76700 = 89987 \text{ Дж.}$$

Коэффициент полезного действия сушильной установки можно определить по выражению

$$\eta_1 = \frac{Q_{\text{суш}}}{Q_{\text{общ}}}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{суш}}$ – энергия, затраченная на сушку пророщенного зерна, Дж; $Q_{\text{суш}}$ – общая энергия, потребленная сушильной установкой (определяется на основе электропотребления при сушке), Дж; после подстановки значений получаем

$$\eta_1 = \frac{4840000}{7053480} = 0,69.$$

Коэффициент полезного действия предложенной сушильной установки можно определить по выражению

$$\eta_2 = \frac{Q_{\text{суш}} + Q_{\text{п}}}{Q_{\text{общ}}}, \quad (13)$$

где $Q_{\text{суш}}$ – энергия, затраченная на сушку пророщенного зерна, Дж; $Q_{\text{суш}}$ – общая энергия, потребленная сушильной установкой, Дж; $Q_{\text{п}}$ – количество теплоты, передаваемой отработанным сушильным агентом, Дж; после подстановки значений

$$\eta_2 = \frac{4840000 + 89987}{7053480} = 0,7.$$

Выводы. В работе представили общее устройство, принцип работы сушильной установки пророщенного высушенного зерна с применением конвективного и инфракрасного нагрева.

1. Предложенная конвейерная сушилка пророщенного зерна с подведением тепловой энергии инфракрасным и конвективным способами обеспечивает выполнение следующих технологических операций: накопление пророщенного зерна в бункере, раскладывание пророщенного зерна на ленте конвейера, нагрев пророщенного зерна инфракрасным облучением и поднятие влаги из внутренних слоев к поверхности зерновки и ростков; испарение влаги с поверхности зерновки и ростка за счет их обдува теплым сушильным агентом.

2. Экспериментально определены оптимальные режимные параметры сушильной камеры: v_B – средней скорости движения сушильного агента, 3,8-4,2 м/с; T – средней температуре сушильного агента на входе, 56-58°C. Энергоемкость сушки пророщенного зерна составила 1220-1260 кВт ч/т.

3. При сушке пророщенного высушенного ячменя пропускная способность предложенной конвейерной сушилки составила на отметке 0,8-0,84 кг/ч.

4. Отработанный сушильный агент позволил нагреть стальной змеевик массой 2,58 кг и воду в нем массой 1,773 кг с 20 до 28,3°C. В результате проведенных расчетов определили, что для нагрева воды и змеевика затрачено 89987 Дж энергии, находящихся в отработанном сушильном агенте. Коэффициент полезного действия использования тепловой энергии увеличился на 0,01 и составил 0,7.

Библиография

1. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск №2: Использование пророщенного зерна в рационах свиней) / Г.С. Походня. – Белгород. – 2009. – 68 с.

2. Курасов В.С., Припоров И.Е. Обоснование применения технологии приготовления белкового комбикорма // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб.: 2019. № 4 (57). С. 223-228.

3. Курасов В.С., Соколенко О.Н. Технология производства гидропонного зеленого корма. Краснодар : КубГАУ, 2017. – 177 с.

4. Пат. RU 2493697 С1 А01К 5/02 Технологическая линия для подготовки к скармливанию пророщенного зерна: (2006.01) / С.А. Булавин, Ю.В. Саенко, А.Ю. Носуленко, В.А. Немыкин. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО БелГСХА № 2012102292; заявл. 23.01.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.

5. Пат 2757401 С1 F26B 17/04 (2006/01) F26B 20/00 (2006/01) Сушилка пророщенного зерна Вендин С.В., Саенко Ю.В., Макаренко А.Н., Казаков К.В., Путиенко К.Н., Байрамов Р.З. Правообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина Заявка 2021105254 от 01.03.2021 Оpubл. 15.10.2021 Бюл. № 29.

6. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Окунев А.Ф. К расчету параметров сушилки пророщенного зерна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2020. – № 3. – С. 9-16.

7. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. — М. : КолосС, 2004. — 240 с.

8. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л. : Колос. 1978. 560 с.

9. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. – М. : Колос, 1982. – 239 с.

10. Исаев Х.М., Купреенко А.И. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником // Вестник Брянской ГСХА, 2020. – № 1. – С. 16-17.

11. Демидов А.С. Совершенствование процесса сушки масличных семян инфракрасным излучением на основе математического моделирования. Дис. Кандидат техн. Наук. Специальность 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств, СПб., 2012. – 142 с.

12. Булавин С.А., Вендин С.В., Саенко Ю.В. Технологическая линия для подготовки корма из пророщенного зерна // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 6. – С. 14-16.

13. Рудобашта С.П. Теплотехника. – М. : КолосС, 2010. – 599 с.

14. Атаназевич В.И. Сушка зерна. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 480 с.

15. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М. : Наука, 1976. – 278 с.

16. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1980. – 288 с.

References

1. Pohodnya G.S. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva sviny: Sbornik nauchnyh trudov nauchnoj shkoly professor. G.S. Pohodni [Pig production and pork production technology: Collection of scientific papers of the scientific school of Professor G.S. Pohodni]. (Special'nyy vypusk № 2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v racionah svinej). Belgorod. 2009. 68 p.

2. Kurasov V.S., Priporov I.E. Obosnovanie primeneniya tekhnologii prigotovleniya belkovogo kombikorma [Justification of the application of the technology of preparation of protein feed] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. SPb.: 2019. № 4 (57). Pp. 223-228.

3. Kurasov V.S., Sokolenko O.N. Tekhnologiya proizvodstva gidroponnogo zelyonogo korma [Technology of production of hydroponic green feed]. Krasnodar : KubGAU, 2017. – 177 p.

4. Pat. RU 2493697 С1 А01К 5/02 Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki k skarmlivaniyu proroshchennogo zerna [Technological line for preparation for feeding sprouted grain]: (2006.01) / S.A. Bulavin, Yu.V. Saenko, A.Yu. Nosulenko, V.A. Nemykin. zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO BelGSKHA № 2012102292; zayavl. 23.01.2012; opubl. 27.09.2013, Byul. № 27.

5. Pat 2757401 S1 F26B 17/04 (2006/01) F26B 20/00 (2006/01) Sushilka proroshchennogo zerna [Sprouted Grain Dryer] Vendin S.V., Saenko Yu.V., Makarenko A.N., Kazakov K.V., Putienko K.N., Bajramov R.Z. Pravoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU im. V.Ya. Gorina Zayavka 2021105254 ot 01.03.2021 Opubl. 15.10.2021 Byul. № 29.

6. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Okunev A.F. K raschetu parametrov sushilki proroshchennogo zerna [To calculate the parameters of the sprouted grain dryer] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy: Majskij, 2020. – № 3. – Pp. 9-16.

7. Malin N.I. Energoberegayushchaya sushka zerna [Energy-saving grain drying]. – М. : KolosS, 2004. – 240 p.

8. Mel'nikov S.V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskih ferm [Mechanization and automation of livestock farms]. – L. : Kolos. 1978. – 560 p.

9. Zhidko V.I., Rezchikov V.A., Ukolov V.S. Zernosushenie i zernosushilki [Grain drying and grain dryers]. – М. : Kolos, 1982. – 239 p.

10. Isaev H.M., Kupreenko A.I. Plodovo-yagodnaya sushilka s kombinirovannym teploobmennikom [Fruit and berry dryer with combined heat exchanger] // Vestnik Bryanskoj GSKHA, 2020. – № 1. – Pp.16-17.
11. Demidov A.S. Sovershenstvovanie processa sushki maslichnyh semyan infrakrasnym izlucheniem na osnove matematicheskogo modelirovaniya [Improvement of the process of drying oilseeds by infrared radiation based on mathematical modeling]. Dis. Kandidat tekhn. Nauk. Special'nost' 05.18.12 – Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv, SPb., 2012. – 142 p.
12. Bulavin S.A., Vendin S.V., Saenko Yu.V. Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki korma iz proroshchennogo zerna [Technological line for the preparation of feed from sprouted grain] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2013. – № 6. – Pp. 14-16.
13. Rudobashta S.P. Teplotekhnika [Heat engineering]. – M. : KolosS, 2010. – 599 p.
14. Atanazevich V.I. Sushka zerna [Grain drying]. – M. : DeLi print, 2007. – 480 p.
15. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskij Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij [Experiment planning while searching for optimal conditions]. – M. : Nauka, 1976. – 278 p.
16. Krasnoshchekov E.A., Sukomel A.S. Zadachnik po teploperedache: uchebnoe posobie dlya vuzov [Task book on heat transfer: a textbook for universities]. – 4-e izd., pererab. – M. : Energiya, 1980. – 288 p.

Сведения об авторах

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722-391136, e-mail: elapk@mail.ru;

Саенко Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722-381948, e-mail: yuriy311300@mail.ru;

Байрамов Ровшан Захид оглы, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722-381948, e-mail: at-bel@bk.ru.

Information about authors

Vendin Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology at Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 1, Vavilova St., Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7 4722 39-11-36, e-mail: elapk@mail.ru;

Saenko Yuri Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Machines and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova St., 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7 472 38-19-48, e-mail: yuriy311300@mail.ru;

Bajramov Rovshan Zahid ogy, postgraduate student of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova St., 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-19-48, e-mail: at-bel@bk.ru.

УДК 631.37:62-233.28

А.Г. Пастухов

РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ БЕССЕПАРАТОРНЫХ ИГОЛЬЧАТЫХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Аннотация. Развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации обуславливается потребностью поддержки развития передовых технологий отечественного сельскохозяйственного машиностроения с целью реализации инновационных технологий производства базовых видов агрегатов сельскохозяйственных машин и оборудования. Основным элементом инновационных технологий является применение подшипниковых узлов повышенной грузоподъемности с целью увеличения долговечности и безотказности силовых и опорных узлов и агрегатов трансмиссий транспортно-технологических машин. Сопоставительный анализ результатов расчета и данных каталогов показал наличие рассеивания данных, что объясняется различием методических подходов, отсутствием параметров, учитывающих влияние реальных значений разноразмерности роликов, твердости поверхностей пар трения, радиального зазора и др. Кроме того, использованные уравнения долговечности карданных подшипниковых узлов не учитывают возможности совершенствования и модернизации подшипниковых узлов с целью увеличения их грузоподъемности. Цель работы – численный анализ значений динамической грузоподъемности с учетом влияния различных конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Основным фактором конструктивно-технологического характера является динамическая грузоподъемность подшипниковых узлов, характеризующаяся постоянной радиальной нагрузкой, которую подшипник качения может воспринимать при базовой долговечности. На основании анализа сопоставительной информации можно утверждать, что классическая основа теории усталостного разрушения не отвечает реальным механизмам возникновения отказа в карданных подшипниковых узлах, что свидетельствует о необходимости экспериментального определения динамической грузоподъемности, например, на основе методов стендовых испытаний и разработки новых теоретических методик расчета динамической грузоподъемности, учитывающих многообразие конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Ключевые слова: надежность, трансмиссия, подшипниковые узлы, долговечность, динамическая грузоподъемность.

CALCULATION AND ANALYTICAL EVALUATION OF DYNAMIC LOAD CAPACITY OF STEPLESS NEEDLE BEARING ASSEMBLIES

Abstract. The development of the agro-industrial complex of the Russian Federation is determined by the need to support the development of advanced technologies of domestic agricultural engineering in order to implement innovative technologies for the production of basic types of units of agricultural machinery and equipment. The main element of innovative technologies is the use of bearing units of increased carrying capacity in order to increase the durability and reliability of power and support units and units of transmissions of transport and technological machines. A comparative analysis of the calculation results and catalog data showed the presence of data scattering, which is explained by the difference in methodological approaches, the lack of parameters that take into account the influence of real values of the different dimensions of the rollers, the hardness of the surfaces of friction pairs, radial clearance, etc. In addition, the used equations of durability of cardan bearing units do not take into account the possibility of improving and modernizing bearing units in order to increase their carrying capacity. The purpose of the work is a numerical analysis of the values of dynamic lifting capacity taking into account the influence of various structural, technological and operational factors. The main factor of structural and technological nature is the dynamic carrying capacity of bearing units, characterized by a constant radial load, which the rolling bearing can perceive at basic durability. Based on the analysis of comparative information, it can be argued that the classical basis of fatigue failure theory does not meet the real mechanisms of failure in cardan bearing units, which indicates the need for experimental determination of dynamic load capacity, for example, based on bench test methods and the development of new theoretical methods for calculating dynamic load capacity, taking into account a variety of design, technological and operational factors.

Keywords: reliability, transmission, bearing units, durability, dynamic load-carrying capacity.

Постановка проблемы. В Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 года № 993-р) на основе прогноза развития агропромышленного комплекса обосновывается потребность поддержки развития передовых технологий отечественного сельскохозяйственного машиностроения с целью реализации инновационных технологий производства базовых видов агрегатов сельскохозяйственных машин и оборудования [1]. Основным элементом инновационных технологий является применение подшипниковых узлов повышенной грузоподъемности с целью увеличения долговечности и безотказности силовых и опорных узлов и агрегатов трансмиссий транспортно-технологических машин.

Машина – сложная система, состоящая из автономно обслуживаемых агрегатов и узлов двигателя, трансмиссии, ходовой части, гидроагрегатов и др. Вероятность одновременного выхода из строя значительной части этих агрегатов чрезвычайно мала и не рассматривается как закономерность. Основными подвижными и несущими соединениями деталей машин являются подшипниковые узлы, долговечность и безотказность в эксплуатации которых определяется сроком их службы и вероятностью безотказной работы в пределах этого срока. Характеристикой этих двух параметров является γ -% долговечность подшипника, определяемая как срок, в течение которого при заданных рабочих условиях не менее γ -% подшипниковых узлов из общей группы одинаковых изделий отработают без появления признаков усталости материала на поверхностях качения [2].

По данным исследований д-ра техн. наук С.А. Лапшина, канд. техн. наук Э.П. Флика, д-ра техн. наук И.С. Цитовича и других ученых установлено, что среди агрегатов механических трансмиссий машин и оборудования одним из наименее долговечных элементов являются подшипниковые узлы карданных шарниров неравных угловых скоростей, характерными особенностями конструкции которых является отсутствие сепаратора и наличие игольчатых роликов со сферическими торцами, а в работе – качательный режим движения роликов, приводящий к ухудшению смазочного режима.

Работоспособность каждого шарнира зависит от работоспособности всех подшипниковых узлов (в конструкции их четыре), т.к. вероятность выхода из строя узла при надежности отдельного подшипникового узла равной 0,9 составляет 0,65 в группе. Однако, полноту реализации ресурса, заложенного в конструкцию шарнира, определяет динамическая грузоподъемность подшипниковых узлов, которая зависит от комплекса конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Анализ исследований и публикаций. Основы определения долговечности подшипников качения изложены в работах В.П. Когаева, Л.Я. Переля, И.Я. Биргера и А.В. Никитина [3-6]. При большой амплитуде качания, когда угол поворота одного кольца подшипника относительно другого кольца из среднего положения в крайнее больше, чем угол между соседними телами качения, расчет долговечности производят по критерию контактной усталости на основании теории Лундберга-Пальмгрена. Применительно к подшипниковым узлам карданных шарниров известны работы В.Я. Аниловича, А.И. Гришкевича, М.С. Высоцкого, Я.Э. Малаховского, Э.П. Флика и др. Развитием данных работ по определению долговечности карданных подшипниковых узлов в случае качательного движения являются работы Е.И. Колкова, В.А. Литвинова, А.М. Сигаева, В.М. Щеброва и других, в которых получены значения долговечности КШ на основании лабораторных, эксплуатационных и имитационных испытаний.

Анализ методов расчета долговечности L_{ho} , ч, карданных подшипников показал, что основу расчета составляет формула, основанная на критерии предельного состояния в виде контактной усталости материала дорожек и тел качения [7]

$$L_{ho} = \frac{A}{n \cdot \beta} \cdot \left[\frac{C(H-LW)}{T_{KШ}} \right]^m, \quad (1)$$

где A – коэффициент приведения; n – частота вращения вала, мин⁻¹; β – угол излома в шарнире, град; C – динамическая грузоподъемность подшипника, Н; H – размер крестовины по торцам, мм; LW – длина игольчатого ролика, мм; $T_{KШ}$ – крутящий момент в шарнире передачи, Н·м; m – показатель степени кривой усталости (для роликового подшипника $m=10/3$).

Формула (1) справедлива при суммарном межигольном зазоре в подшипнике не более 0,5 мм, разноразмерности роликов не более ± 3 мкм, твердости дорожек и тел качения 62 ± 2 HRC, рабочей температуре менее 100°C, 90%-м уровне надежности и минимальном угле излома равном 3°.

Для конкретных подшипников и особых эксплуатационных условий номинальная долговечность корректируется посредством коэффициентов, учитывающих уровень надежности, специальные свойства и условия эксплуатации. Поэтому срок службы карданных передач в сельскохозяйственных машинах определяется долговечностью подшипниковых узлов в виде соединения «шип крестовины – игольчатый подшипник».

На основании результатов исследований отечественных ученых Н.А. Спицына, А.А. Гафановича, С.В. Пинегина и зарубежных исследователей А. Пальмгрена, Х. Клайншмидта и др., можно применять следующую модель для расчета долговечности карданных подшипниковых узлов [7]

$$L_{ho} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{n \cdot \beta} \cdot \left[\frac{C(H-LW)}{K_d T_{KШ}} \right]^m \cdot a_1 a_2 a_3, \quad (2)$$

где K_d – коэффициент динамичности, определяемый по данным анализа нагруженности в эксплуатации; a_1 – коэффициент надежности; a_2 – коэффициент материала; a_3 – коэффициент условий эксплуатации.

При работе шарниров карданных валов с малой амплитудой качания, когда угол поворота одного кольца подшипника относительно другого из среднего положения в крайнее меньше, чем угол между соседними телами качения, возникают специфические условия смазки контакта тел и дорожек качения, которые приводят к образованию отпечатков тел качения в виде канавок от роликов, поэтому расчет долговечности L_{10h} , ч, производят по методике ВНИИМЕТМАШ при постоянной частоте вращения по коэффициенту долговечности [4]

$$L_{10h} = 500(f_h)^m = 500 \cdot \left(\frac{2,6CR}{T d_{n\beta_{max}}} \right)^m, \quad (3)$$

где f_h – коэффициент долговечности, ч; T_{max} – максимальный крутящий момент, Н·м; R – расстояние от оси шарнира до среднего сечения подшипника, м; f_d – динамический коэффициент; $f_{n\beta}$ – коэффициент произведения $n\beta$.

Результатом обобщения моделей долговечности по критериям контактной усталости и износа является работа А.М. Сигаева, в которой учтены взаимосвязь начального и предельного значений радиального зазора, влияние начального радиального зазора в карданных подшипниковых узлах на предельную наработку шарниров при стендовых ресурсных испытаниях, на примере трактора Т-150К (ХТЗ-120). На основании проведенных исследований была получена математическая модель долговечности карданных подшипниковых узлов в виде [8]

$$L_h = \frac{2,2 \cdot 10^6}{n\beta \sqrt{\Delta_H}} \cdot \left[\frac{C(H-LW)}{T_{KШ}} \right]^{3,165}, \quad (4)$$

где Δ_H – начальный зазор в карданных ПУ, мкм.

Анализ аналитических и эмпирических моделей долговечности карданных подшипниковых узлов приводит к следующим выводам:

- 1) уравнение (1) позволяет кроме общепризнанных факторов учесть влияние частоты вращения и угла излома шарнира, твердости рабочих поверхностей и коэффициента надежности отличной от 90%;
- 2) уравнение (2) наиболее полно учитывает влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на долговечность карданных подшипниковых узлов в сельскохозяйственной технике;
- 3) уравнение (3) учитывает многообразие условий нагружения и эксплуатации карданных подшипников с малой амплитудой качания;
- 4) обобщенное уравнение (4) позволяет учитывать влияние начального радиального зазора в карданных подшипниковых узлах и фактический нелинейный контакт элементов соединения «шип крестовины – игольчатый подшипник».

Для изучения применимости упомянутых уравнений в расчетах долговечности шарниров карданных передач проведем сопоставительную оценку результатов расчета и данных каталогов. Расхождение результатов расчета динамической грузоподъемности подшипниковых узлов объясняется различием методических подходов, отсутствием параметров, учитывающих влияние реальных значений разноразмерности роликов, твердости поверхностей пар трения, радиального зазора и др. С другой стороны, учитывая качательный режим работы и ограниченность зоны нагружения игольчатого подшипника, встает вопрос, связанный с количеством игольчатых роликов, которое необходимо учитывать при расчете динамической грузоподъемности – полный комплект или количество роликов, находящихся в зоне нагрузки. В этой связи меньшие значения предпочтительны для дальнейших расчетов.

Аналогичную постановку задачи рассмотрим для расчета долговечности карданных шарниров в режимах нормальной эксплуатации и экстремальных нагрузок по представленным уравнениям. Нормальный режим эксплуатации характеризуется: номинальными значениями крутящего момента, частоты вращения $n=1000$ мин⁻¹ и угла излома $\beta_{min}=3^\circ$, а экстремальный режим нагружения характеризуется наибольшими эксплуатационными значениями крутящего момента и угла излома в шарнирах $\beta_{max}=20^\circ$, обуславливающими отказ в виде «ложного» бринеллирования или усталостного повреждения.

Сопоставительный анализ результатов расчета долговечности при нормальной эксплуатации показывает, что разброс величин долговечности составляет примерно 660 раз, а для экстремального нагружения – 1370 раз. Таким образом, с увеличением значений параметров режима нагружения значение долговечности подшипниковых узлов имеет существенное рассеяние, при этом уравнения (1), (2) и (4) дают близкие результаты. Рассеивание результатов объясняется разнообразием факторов, учитываемых в зависимостях. Важным обстоятельством, влияющим на точность и рассеивание результатов расчета долговечности, является то, что вышеприведенные модели долговечности карданных подшипниковых узлов не учитывают возможности совершенствования и модернизации подшипниковых узлов с целью увеличения их грузоподъемности.

Цель и задачи исследования – численный анализ значений динамической грузоподъемности с учетом влияния различных конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выявить расчетные зависимости для оценки динамической грузоподъемности подшипниковых узлов;
- 2) выполнить оценку влияния различных факторов уравнений на динамическую грузоподъемность подшипниковых узлов;
- 3) провести графический анализ полученных результатов.

Методика исследований. Основу расчетно-аналитической оценки составляет метод численного сопоставительного анализа нормативных и расчетных данных по долговечности и динамической грузоподъемности карданных подшипниковых узлов с учетом последовательного учета конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на базе научно-технической литературы.

Результаты исследований и их обсуждение. Основным фактором конструктивно-технологического характера, определяющим долговечность карданных шарниров, является динамическая грузоподъемность их подшипниковых узлов, характеризующаяся постоянной радиальной нагрузкой, которую подшипник качения может воспринимать при базовой долговечности, составляющей один млн оборотов.

Одним из параметров, определяющим реализацию линейного контакта в подшипниковых узлах, является начальный радиальный зазор, поэтому, потенциально динамическая грузоподъемность зависит от значений реального радиального зазора в соединениях «шип крестовины - игольчатый подшипник».

В отечественной практике динамическую грузоподъемность роликового радиального подшипника определяют по формуле [4, 5]

$$C = f_c Z^{3/4} D_W^{29/27} (L_W i \cos \alpha)^{7/9}, \quad (5)$$

где $f_c=f(D_W \cos \alpha / D_0)$ – коэффициент, зависящий от геометрии деталей подшипника, точности их изготовления и материала; D_W – диаметр игольчатого ролика, мм; D_0 – диаметр окружности центров комплекта роликов, мм; $i=1$ – число рядов роликов в подшипнике; L_W – длина ролика для расчета грузоподъемности, мм; $\alpha=0^\circ$ – номинальный угол контакта подшипника, град; Z – число роликов в подшипнике.

На основании методов расчета грузоподъемности и долговечности подшипников качения, принятых международной организацией стандартизации ИСО, базовая динамическая радиальная грузоподъемность C_r , Н, радиального роликового подшипника составляет [4, 5]

$$C_r = b_m f_c (i L_{We} \cos \alpha)^{7/9} Z^{3/4} D_{We}^{29/27}, \quad (6)$$

где $b_m=1,1$ – коэффициент, учитывающий свойства стали с учетом способа ее изготовления; D_{We} – диаметр ролика для расчета грузоподъемности, мм; D_{pW} – диаметр окружности центров комплекта роликов, мм; L_{We} – длина ролика для расчета грузоподъемности, мм.

На основании многочисленных исследований долговечности подшипниковых узлов карданных валов, проведенных фирмой GWB (Германия), динамическая грузоподъемность подшипника может быть установлена по эмпирической формуле [4, 5]

$$C = 4 \cdot \sqrt[3]{Z^2} \cdot D_W \cdot L_W. \quad (7)$$

Для оценки применимости приведенных зависимостей в расчетах долговечности карданных подшипниковых узлов шарниров сведем исходные данные нормативно-технической документации в таблицу 1. Далее проведем расчет грузоподъемности и долговечности для игольчатых подшипников, справочные данные по которым приведены в таблице 1 [2, 4, 7]. Основу расчета динамической грузоподъемности игольчатых подшипников составляют формулы (5), (6) и (7). Результаты расчетов представим в таблице 2 с учетом справочных данных по коэффициентам.

Таблица 1 – Исходные данные по карданным подшипниковым узлам

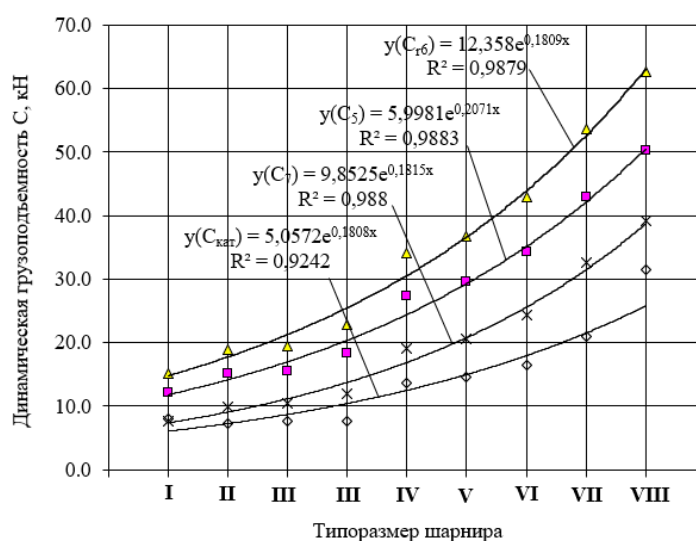
Типоразмер	№ подшипника	Z	D _W , мм	L _W , мм	C _{кар} , кН
I	904902	22	2,4	10,0	8,0
II	704902	22	2,5	12,5	7,2
III	704702K2	29	2,0	13,8	7,7
III	704702KY2	20	3,0	13,5	7,7
IV	804704	26	3,0	18,0	13,7
V	804805	29	3,0	18,1	14,5
VI	804907	38	3,0	18,0	16,5
VII	804707	38	3,0	24,0	21,0
VIII	804709	50	3,0	24,0	31,5

Таблица 2 – Результаты расчета динамической грузоподъемности и долговечности

Типоразмер	№ подшипника	f_c	C_5 , кН	f_C	$C_{т6}$, кН	C_7 , кН
I	904902	77,7	12,1	88,5	15,2	7,54
II	704902	77,8	15,1	88,6	18,9	9,82
III	704702K2	76,3	15,5	86,6	19,4	10,4
III	704702KY2	78,3	18,3	88,8	22,9	12,0
IV	804704	77,0	27,3	87,4	34,1	19,0
V	804805	76,1	29,5	86,4	36,8	20,5
VI	804907	72,6	34,3	82,6	42,9	24,4
VII	804707	72,6	42,9	82,6	53,7	32,6
VIII	804709	69,2	50,2	78,5	62,6	39,1

Расхождение полученных результатов объясняется различием методических подходов, отсутствием в расчетных формулах параметров, учитывающих влияние разноразмерности роликов, твердости поверхностей пар трения, радиального зазора и заниженным значением коэффициента f_c для подшипников, что никак не обосновано. Кроме того, учитывая качественный режим работы и ограниченность зоны нагружения игольчатого подшипника, встает вопрос, связанный с количеством игольчатых роликов, которое необходимо учитывать при расчете динамической грузоподъемности – полный комплект или количество роликов, находящихся в зоне нагрузки. В этой связи меньшие значения предпочтительны для дальнейших расчетов долговечности (данные по формуле (7)).

Представим результаты расчетных и нормативных величин графически (рисунок 1).



$C_{кат}$ – данные по каталогу; C_5 , $C_{т6}$, C_7 – расчетные данные по уравнениям (5), (6) и (7)

Рис. 1 – Сопоставление результатов расчета динамической грузоподъемности

Сопоставление результатов расчета показывает, что наиболее близкими к нормативным величинам являются результаты, полученные по эмпирической формуле (7), в которой основными факторами, определяющими динамическую грузоподъемность подшипниковых узлов, являются количество, диаметр и длина тел качения.

На основании анализа сопоставительной информации можно утверждать, что классическая основа теории усталостного разрушения не отвечает реальным механизмам возникновения отказа в карданных подшипниковых узлах, что свидетельствует о необходимости экспериментального определения динамической грузоподъемности, например, на основе методов стендовых испытаний, так как величина динамической грузоподъемности не зависит от режимов нагружения подшипниковых узлов в эксплуатации или при стендовых испытаниях, и разработки новых теоретических методик расчета динамической грузоподъемности, учитывающих многообразие конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов [9].

На основании результатов стендовых ресурсных испытаний величину динамической грузоподъемности карданных бессепараторных подшипниковых узлов определяют по формуле [10]

$$C_{экр} = \frac{T_{кш}}{(H-L_w)} \cdot \left[\frac{L_k \cdot n \cdot \beta \cdot \sqrt{\Delta H}}{2,2 \cdot 10^6} \right]^{0,316} \quad (8)$$

Анализ формулы (5) показывает, что наибольшее влияние на величину динамической грузоподъемности карданных подшипниковых узлов оказывает передаваемый номинальный крутящий момент, соответствующий определенному типоразмеру шарнира, размерный фактор шарнира, в котором параметр L_w характеризует длину контакта поверхности шипа крестовины и ролика подшипника. Длина контакта шипа и ролика определяется величиной радиального зазора ΔH в подшипниковом узле, поэтому предельная величина динамической грузоподъемности определяется минимальной величиной радиального зазора близкой к нулю (скорее натяга). Таким образом, величину динамической грузоподъемности карданных подшипниковых узлов можно, а, следовательно, нужно повышать реализацией полного линейного контакта между элементами подшипниковых узлов, снижая тем самым контактные напряжения.

Выводы и перспективы исследований. На основании обобщения представленных соображений можно сделать следующие выводы:

1) анализ зависимостей долговечности подшипниковых узлов показал существенную зависимость расчетных данных от условий эксплуатации;

2) расчетные данные по динамической грузоподъемности, как и по долговечности карданных подшипниковых узлов, имеют существенное рассеивание, что обусловлено несовершенством математических выражений и необходимостью их исследования;

3) сопоставительный анализ графических данных и аппроксимирующих уравнений показал, что для III и IV типов размеров наблюдаются отклонения от «гладкой» экспоненциальной зависимости в связи с их конструктивными особенностями;

4) перспективы исследований в данном направлении связаны с разработкой новых и модернизацией существующих конструкций подшипниковых узлов с целью реализации полного линейного контакта тел и дорожек качения.

Библиография

1. Годжаев, З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) // Технический сервис машин. 2019. № 4 (137). С. 220-229.
2. Комиссар, А.Г. Опоры качения в тяжелых режимах эксплуатации: справочник / А.Г. Комиссар. – М. : Машиностроение, 1987. – 384 с.
3. Когаев, В.П. Прочность и износостойкость деталей машин / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. — М. : Высшая школа, 1991. – 319 с.
4. Перель, Л.Я. Подшипники качения: расчет, проектирование и обслуживание опор: справочник / Л.Я. Перель, А.А. Филатов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 608 с.
5. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин: справочник / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб и доп. – М. : Машиностроение, 1993. – 640 с.
6. Никитин, А.В. Новая методика расчета долговечности подшипников качения / А.В. Никитин // Вестник машиностроения. – 1994. – № 5. – С. 3-8.
7. Флик, Э.П. Механические приводы сельскохозяйственных машин: монография / Э.П. Флик. — М. : Машиностроение, 1984. – 272 с.
8. Сигаев, А.М. Повышение эффективности диагностирования и ремонта карданных шарниров тракторов: автореферат дис. ... канд. техн. наук / А.М. Сигаев. – Харьков : Изд-во ХИМЭСХ, 1985. – 24 с.
9. Ерохин, М.Н. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации / Ерохин М.Н., Пастухов А.Г. – Белгород : Изд-во ФГОУ ВПО БелГСХА. 2008. – 160 с.
10. Пастухов, А.Г. Повышение надежности карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники: автореферат дис. ... д-ра техн. наук / А.Г. Пастухов. Москва : Изд. центр ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. – 32 с.

References

1. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu. S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (prognoz) [Strategy of russian agricultural machinery modernization until 2030 (forecast)]. Tekhnicheskii servis mashin. 2019. № 4 (137). P. 220-229.
2. Komissar, A.G. Opory kacheniiia v tiazhelykh rezhimakh éksploatatsii: spravochnik [Rolling supports in heavy operation modes] / A.G. Komissar. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 384 s.
3. Kogaev, V.P. Prochnost' i iznosostoikost' detalei mashin [Strength and wear resistance of machine parts] / V.P. Kogaev, Yu.N. Drozdov. – M. : Vysshaya shkola, 1991. – 319 s.
4. Perel', L.Ia. Podshipniki kacheniiia: raschet, proektirovanie i obsluzhivanie opor: spravochnik [Rolling bearings: calculation, design and maintenance of supports] / L.Ia. Perel', A.A. Filatov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Mashinostroenie, 1992. – 608 s.
5. Birger, I.A. Raschet na prochnost' detalei mashin: spravochnik [Strength calculation of machine parts] / I.A. Birger, B.F. Shorr, G.B. Iosilevich. – 4-e izd., pererab i dop. – M. : Mashinostroenie, 1993. – 640 s.
6. Nikitin, A.V. Novaya metodika rascheta dolgovechnosti podshipnikov kacheniiia [New rolling bearing life calculation method] / A.V. Nikitin // Vestnik mashinostroeniia. – 1994. – № 5. – S. 3-8.
7. Flik, É.P. Mekhanicheskie privody sel'skokhoziaistvennykh mashin: monografiia [Mechanical drives of agricultural machines] / É.P. Flik. – M. : Mashinostroenie, 1984. – 272 s.
8. Sigaev, A.M. Povyshenie éffektivnosti diagnostirovaniia i remonta kardannykh sharnirov traktorov [Increased efficiency of diagnosis and repair of tractor cardan joints]: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk / A.M. Sigaev. — Khar'kov: Izd-vo KhIMÉSKh, 1985. – 24 s.
9. Erokhin, M.N. Nadezhnost' kardannykh peredach transmissii sel'skokhoziaistvennoi tekhniki v éksploatatsii [Reliability of cardan transmissions of agricultural equipment transmissions in operation] / Erokhin M.N., Pastukhov A.G. – Belgorod : Izd-vo FGOU VPO BelGSKhA. 2008. – 160 s.
10. Pastukhov, A.G. Povyshenie nadezhnosti kardannykh peredach transmissii sel'skokhoziaistvennoi tekhniki [Improving the reliability of cardan transmissions of agricultural equipment transmissions]: avtoreferat dis. ... d-ra tekhn. nauk / A.G. Pastukhov. Moskva: Izd. tsentr FGOU VPO MGAU im. V.P. Goriachkina, 2008. – 32 s.

Сведения об авторах

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-4722-39-23-90, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Information about authors

Pastukhov Alexander Gennadievich, doctor of technical sciences, professor, professor of department of technical mechanics and machinery design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8-4722-392390, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

УДК 631.314.3

А.В. Рыжков, А.В. Мачкарин

КАТОК-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Аннотация. В Российской Федерации и в зарубежных странах на современном этапе исследуются возможности создания машин и рабочих органов, обеспечивающих высокие характеристики по качеству измельчения пожнивных остатков. При этом анализ существующих мульчировщиков с точки зрения их технологических и конструктивных параметров позволяет отметить, что степень износа подшипников в дисковых орудиях существенным образом увеличивается в процессе использования для измельчения зеленого удобрения. Предлагается надежный и эффективный ножовой каток НК-3,0. Каток может использоваться для обработки полей после снятия урожая кукурузы и подсолнечника. Каток (роллер) конструктивно выполнен в виде стального барабана, диаметр которого составляет 600, а толщина – 6 мм. Барабан заполняется водой, что позволяет увеличить вес. Роллер оснащается ножами длиной 100 мм. Соответственно, величина общего диаметра равна 800 мм. Интенсивность воздействия обеспечивается посредством изменения удельного веса катка на метр длины. Для этого в каток заливается вода. Рабочая скорость составляет от 12 до 15 км/час, с возможным увеличением до 25 км/час. Высокая рабочая скорость и потребляемая мощность требуют применения стальных осей. Также необходимо применение конических роликовых подшипников и сдвоенных манжетных уплотнений. НК-3,0 характеризуется простотой при высокой мощности. Он может эффективно использоваться вместо ботворезков и мульчировщиков. Высокая производительность, сравнительно небольшие расходы на эксплуатацию являются достоинствами НК-3,0, позволяющими снижать затраты. При проведении теоретического анализа предлагаемого катка было выявлено, что при работе каткового измельчителя на тяговое сопротивление агрегата существенное влияние оказывают конструктивные параметры и сила сопротивления перерезанию растительных остатков.

Ключевые слова: каток-измельчитель, сопротивление, растительные остатки, количество ножей, диаметр катка, измельчать, коэффициент сопротивления, вес катка.

ROLLER SHREDDER OF PLANT RESIDUES

Abstract. In the Russian Federation and in foreign countries, at the present stage, the possibilities of creating machines and working bodies that provide high quality characteristics for grinding crop residues are being investigated. At the same time, the analysis of existing mulchers from the point of view of their technological and design parameters allows us to note that the degree of wear of bearings in disk tools increases significantly during the use of green fertilizer for grinding. A reliable and efficient knife roller NK-3.0 is offered. The skating rink can be used for processing fields after harvesting corn and sunflower. Skating rink (roller) structurally, it is made in the form of a steel drum, the diameter of which is 600, and the thickness is 6 mm. The drum is filled with water, which allows you to increase the weight. The roller is equipped with knives 100 mm long. Accordingly, the value of the total diameter is 800 mm. The intensity of the impact is provided by changing the specific weight of the roller per meter of length. To do this, water is poured into the rink. The operating speed ranges from 12 to 15 km/h, with a possible increase to 25 km/h. High operating speed and power consumption require the use of steel axles. It is also necessary to use tapered roller bearings, and double lip seals. NK-3.0 is characterized by simplicity at high power. It can be effectively used instead of toppers and mulchers. High productivity, relatively low operating costs are the advantages of the NK-3.0, allowing to reduce costs. During the theoretical analysis of the proposed roller, it was revealed that during the operation of the roller shredder, the traction resistance of the unit is significantly influenced by the design parameters and the strength of the resistance to cutting plant residues.

Keywords: roller shredder, resistance, plant residues, number of knives, diameter of the roller, grind, coefficient of resistance, weight of the roller.

На сегодняшний день для производства мульчи применяется в основном солома колосовых зерновых. Внесение 4 т/га подобной соломы в почвенный слой обеспечивает поступление 3200 килограммов органики, 14-22 кг азота, 3-7 кг фосфора, 22-35 – калия, 9-37 – кальция, 2 кг/га – магния и разнообразных микроэлементов [1].

Мульчирование является приемом, выполняющим разнообразные полезные функции. Мульчирование позволяет вернуть органические вещества в почвенный слой. Оно обеспечивает сохранение влаги. Влияние мульчирования на состояние почвы является весьма значительным. Наблюдается нивелирование колебаний таких параметров, как температура, влажность. Сокращается угроза промерзаний. Мульчирование позволяет снизить опасность различных эрозий. Наряду с вышеуказанным, за счет мульчирования можно добиться оптимизации структуры почвы. Оно позволяет увеличить число и активизировать деятельность микроорганизмов, дождевых червей, обеспечить противодействие гнилям.

Остатки растений в поле после уборки урожая могут в дальнейшем использоваться в качестве удобрения. Дробленные растительные остатки могут быть хорошим средством для восстановления почвенного плодородия. Такая технология дает хорошие результаты при измельчении остатков кукурузы и подсолнечника.

За счет биологического азота, который остается в почве при мульчировании с заделкой растительных остатков, обеспечивается рост качественных показателей растениеводческой продукции.

Качественные характеристики и объем белка в указанной продукции обусловлены объемами биологического азота в почвенном слое, и, в свою очередь, оказывают определяющее влияние на доходы, которые получают производители [2].

Чтобы выполнить технологические операции, связанные с лущением жнивья, обработкой полей на глубину шесть-двенадцать сантиметров в период после того, как убраны травы, кукуруза, редька масличная, рапс, следует применять агрегаты, в оснащение которых входят сферические, волнистые диски, катки, на которых имеются зубчатые диски.

Применение дисковых агрегатов двухрядного и четырехрядного типов демонстрирует их ограниченную эффективность в отношении измельчения культур, обладающих длинным стеблем.

Как показано на рисунке 1, функция первых двух рядов сферических дисков состоит в подкапывании и укладывании стеблей. Последующие ряды дисков вращаются в рыхлой среде. Вследствие этого эффективность процесса разрезания стеблей сокращается. В особенности это заметно при разрезании стеблей кукурузы [3].



Рис. 1 – Агрегат дисковый АДУ-6А (Белагромаш-Сервис им. В.М. Рязанова)

Компания «Kverneland» разработала агрегат ИС-7.1 (рисунок 2). Вал отбора мощности данного агрегата приводит в действие активные рабочие органы. Предназначение агрегата состоит в том, чтобы измельчать растительные остатки и разбрасывать их по почвенной поверхности. ИС-7.1 производит подготовку измельченной массы для того, чтобы она была впоследствии заделана в почвенный слой с применением дисковых орудий.



Рис. 2 – Измельчитель сидератов ИС-7.1 (Kverneland)

Обработка почвы после культур-предшественников с высоким стеблем, измельчение сидеральных культур должны проводиться с высоким уровнем качества рыхления и измельчения остатков. При этом доля данных остатков, остающаяся на поверхности почвы после обработки, должна быть максимальной [4].

В таких зарубежных странах, как Канада, Соединенные Штаты, Дания, Великобритания налажен выпуск роторных измельчителей сидеральных культур (рисунок 3) [5]. Ширина захвата указанных косилок составляет 4-8 метров. Роторы данных косилок вращаются со скоростью до 90 м/с ров в секунду. На них имеются спаренные опорные колеса. Каждая из пар данных колес размещается на плавающей оси. За счет подобной компоновки обеспечивается прямолинейное кошение, в т.ч. на поверхностях, не являющихся ровными. Кошение производится с эффективным копированием рельефа поверхности.

Исследователями выявлены следующие закономерности [6]:

1. Чтобы обеспечить более эффективную защиту почвы, размер измельченных частиц остатков крупностебельных культур должен составлять от пяти до пятнадцати сантиметров при толщине, не превышающей одного сантиметра.

2. Оптимальные показатели качества мульчирования почвы для посева озимых зерновых может быть обеспечено в случае, когда рыхление производится путем четырех проходов в разных направлениях. При этом применяются дисковые лушпильники (глубина составляет четыре-пять сантиметров), и далее производится обработка с применением культиваторов, оснащенных рабочими органами – лапами (глубина – восемь-десять сантиметров).

3. В число технологических приемов, применяемых при мульчирующей обработке с наиболее высокой эффективностью, входят приемы, которые предполагают необходимость предварительно измельчать все стерневые и корневые остатки посредством стеблеизмельчителей, не вступающих в контакт с почвой, и далее (или одновременно) осуществлять обработку почвы.

4. Мульчирование почвы после пропашных культур с крупными стеблями предполагает необходимость создать ножевой каток, который позволяет осуществить в рамках одного прохода ряда операций:

- измельчать стебли, стерневые и корневые остатки культуры-предшественника;
- измельчать сидераты, обеспечивая наиболее полное сохранение на почвенной поверхности измельченных остатков;
- выравнивать и уплотнять мульчированный почвенный слой.



а) – «Bush Hog» 2515 (США); б) – «McConnel» (Великобритания); в) – «Spearhead» Multi-Cut 620 (Дания); г) – «Schulte» FX 520 (Канада)

Рис. 3 – Измельчители сидератов с вертикальной осью вращения вала ротора

Использование катка-измельчителя растительных остатков дает следующие преимущества [7]:

- высокая эффективность измельчения и уборки растительных остатков;
- хорошая производительность при небольших затратах;
- качественное дробление остатков растений;
- эффективное мульчирование почвы после уборки урожая;
- снижение числа вредных насекомых в поле;
- улучшение качества состава почвы;
- частичное выравнивание рельефа грунта;
- уменьшение необходимости внесения химических удобрений;
- снижение числа сорняков в поле.

Каток-измельчитель растительных остатков может использоваться для заваливания, подрезания, деформирования, измельчения и дробления остатков высокостебельных сельскохозяйственных культур: подсолнечника и кукурузы. Каток-измельчитель может применяться для дробления остатков соломы на поле.

В процессе работы катка происходит эффективное перемешивание растительных остатков с верхними слоями почвы. В результате чего происходит создание смеси, которая в зимний период перегнивает и становится качественным натуральным удобрением. Остатки стеблей кукурузы и подсолнечника имеют большой запас минеральных веществ.

Важным является тот факт, что каток равномерно протягивает перемолотые остатки стеблей подсолнечника и кукурузы по всему полю.

Пройдя процедуру измельчения остатки растений на поле будут разлагаться с более высокой скоростью, что обеспечивает высокий уровень минерализации почвы.

Дробленные растительные остатки кукурузы и подсолнечника в верхних слоях почвы дает возможность удерживать влагу и уменьшает вероятность появления эрозию. При измельчении катком они образуют защитный слой, препятствующий испарению воды и защищающий от ветров.

Второй важный аспект использования современных катков-измельчителей состоит в том, что корни растений остаются целыми и способны укреплять почву данного поля.

Процесс измельчения пожнивных остатков растений обеспечивает качественную и продуктивную борьбу с насекомыми, живущими в стеблях. Это позволяет снизить количество химических средств необходимых для борьбы с вредными насекомыми.

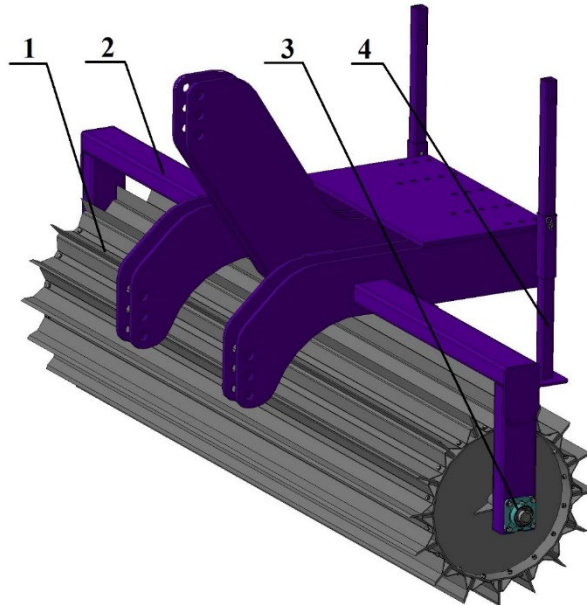
На основе анализа представленных в научных работах исследований представляется возможным отметить высокий уровень изученности вопроса о мульчировании сидеральных культур. Для решения данной задачи активно применяются почвообрабатывающие машины дискового типа, измельчители сидеральных культур, имеющие активный привод рабочих органов, вал которых расположен горизонтально либо вертикально. Данные машины успешно действуют в полевых условиях.

При этом практика свидетельствует, что степень износа подшипников в дисковых орудиях существенным образом увеличивается в процессе использования для измельчения зеленого удобрения.

В этой связи специалисты в области производства и эксплуатацию находятся в непрерывном поиске оптимальной конструкции измельчителей растительности, позволяющих проводить процесс измельчения с минимумом экономических затрат. При этом учитывается потребность в том, чтобы пожнивные и растительные остатки измельчались с наименьшими временными затратами [8].

Представляем надежный и эффективный ножевой каток НК-3,0. Каток-измельчитель НК-3,0 идеально подходит для качественной обработки почвы сразу после уборки урожая. Каток может использоваться для обработки полей после снятия урожая кукурузы и подсолнечника.

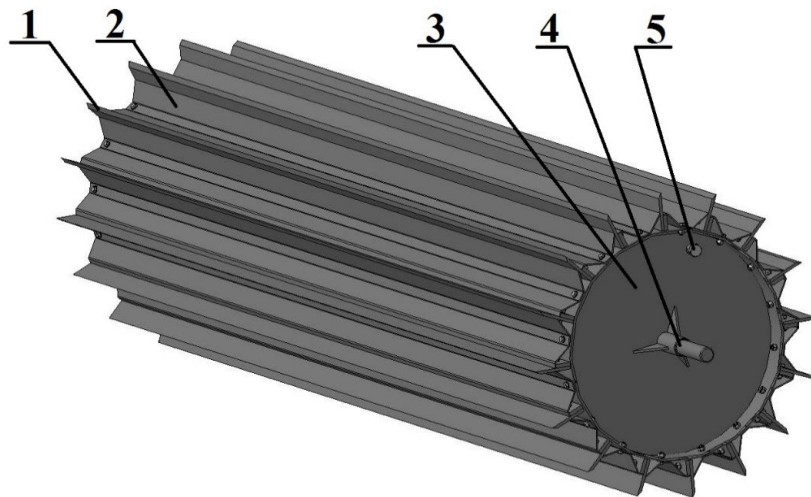
Ножевой каток НК-3,0 (рисунок 4) может применяться для того, чтобы обрабатывать поля, на которых производится выращивание зерновых, овощных культур, хлопка, кукурузы, рапса, подсолнечника, хлопка и др.



1 – каток; 2 – рама; 3 – корпусный подшипник; 4 – устройство стабилизации
Рис. 4 – Ножевой каток-мульчировщик НК-3,0

Производится резание растительных остатков, их измельчение с оставлением на поверхности почвенного слоя. При контакте растительных остатков с почвой начинается процесс работы микроорганизмов. НК-3,0 является эффективным средством в противодействии насекомым, проводящим зимний период в стеблях. Личинки пребывают на протяжении зимнего периода в пожнивных остатках. Способ контроля за данным процессом без необходимости использовать химикаты предполагает срезку и измельчение пожнивных остатков. Соответственно, НК-3,0 представляет собой наиболее подходящее орудие для реализации данной задачи.

Каток (роллер) конструктивно выполнен в виде стального барабана, диаметр которого составляет 600, а толщина – 6 мм. Барабан заполняется водой, что позволяет увеличить вес. Роллер оснащается ножами длиной 100 мм. Соответственно, величина общего диаметра равна 800 мм (рисунок 5).



1 – нож; 2 – реборда; 3 – барабан; 4 – ось; 5 – заливная горловина
Рис. 5 – Ножевой каток

Интенсивность воздействия обеспечивается посредством изменения удельного веса катка на метр длины. Для этого в каток заливается вода. Рабочая скорость составляет от 12 до 15 км/час, с возможным увеличением до 25 км/час. Высокая рабочая скорость и потребляемая мощность требуют применения стальных осей. Также необходимо применение конических роликовых подшипников и сдвоенных манжетных уплотнений. НК-3,0 характеризуется простотой при высокой мощности. Он может эффективно использоваться вместо ботворезов и мульчировщиков. Высокая производительность, сравнительно небольшие расходы на эксплуатацию являются достоинствами НК-3,0, позволяющими снижать затраты.

На НК-3,0 имеются специальные закаленные ножи, позволяющие в процессе работы при высоких рабочих скоростях добиваться получения необходимого результата и измельчать растительные остатки. Для измельчения применяется 16 ножей, занимающих всю поверхность барабана. Нагрузка на барабане на протяжении всей рабочей ширины составляет порядка 5-7 кН/м. Применение НК 3,0 позволяет оставлять в земле корни пожнивных остатков, что приводит к минимизации выхода азота.

Ощутимым достоинством машины является то, что она может быть эффективна в ситуациях, когда пожнивные остатки сгружаются перед лапами культиватора.

Проход катка обеспечивает равномерное заделывание пожнивных остатков, оставшихся с предшествующего сезона, в верхний слой почвы. Сетка корней на поверхности равномерно разрезается. За счет этого удается избежать ситуации, когда пожнивные остатки сгружаются перед лапами посевного комплекса. При этом сокращается уровень нагрузки на трактор. Каток позволяет эффективно обрабатывать посевные площади непосредственно до посева.

Указанный каток будет эффективно содействовать разделке залежных земель. Проблемы, возникающие на практике в связи с вводом залежей, состоят в том, что обрабатывать их посредством дисковых борон весьма затруднительно. Тракторы с обычными культиваторами не справляются эффективно с разделкой залежей. Каток, в свою очередь, позволяет добиться необходимой эффективности. За счет прохода ножей по дернине с высоким уровнем давления, которое передается на ножи под весом катка, дернина разрезается на мелкие части. Сетка корней, удерживающая посредством тонких нитей культиватор в процессе прохода и препятствующая проникновению диска в почву, безвозвратно нарушается.

Указанный эффект может быть успешно использован также при разлужении земель под укос. После прохождения поверхностных корешков на небольшие части каждый из корней отпрысковых трав становится основой молодого растения, следствием чего является рост урожайности.

Каток НК-3,0 разработан на основе пожеланий, сформулированных сельскохозяйственными товаропроизводителями Белгородской области. НК-3,0 является орудием, целенаправленно разработанным для измельчения остатков растений на поверхности без разрушения корневой системы.

В соответствии с технологическим признаком разрабатываемый каток представляет собой режущий каток, подповерхностно уплотняющий почву. За счет действия ножевого катка обеспечивается измельчение растительных остатков, укладывание данных остатков на поверхности почвенного слоя, частичное крошение и уплотнение разрыхленного слоя (рисунок 6).

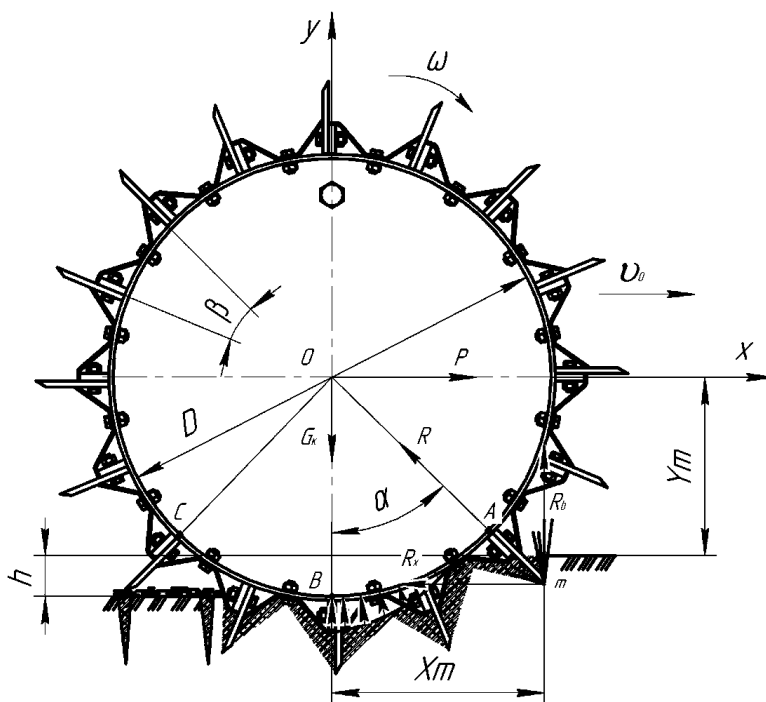


Рис. 6 – Схема взаимодействия ножевого катка с почвой

На основе таких параметров, как коlea катка h и угол обхвата α (рисунок 6) становится возможным определение минимального диаметра катка [8]

$$D > \frac{2 \cdot h}{1 - \cos \alpha}, \quad (1)$$

где D – диаметр катка, м; h – коlea катка, м; α – угол обхвата, град.

Вдавливание в почву, разрезание растений, имеющих диаметр a , требует соответствия диаметра катка представленному ниже условию

$$D \geq a \cdot \operatorname{ctg}^2 \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right), \quad (2)$$

где φ_1 φ_2 – углы трения растений о каток и почву, град; a – максимальный диаметр разрезаемого стебля, м.

Значение ширины или длины катка B_k определяется исходя из того, каковы параметры рельефа почвы. С учетом условий региона значение длины катка принимают в диапазоне от 1,5 до 3,0 м.

Каток находится под действием активных сил – вертикальной, представленной силой веса катка G , а также горизонтальной – силой тяги либо толкающей силой P (рис. 6) и реактивных сил – силы реакции почвы R . Действие равнодействующей силы G_k и P происходит возникновение реакции колес R , которая приложена к катку в точке «m», направление которой является противоположным. Реакцию R колес составляют элементарные силы. Значения данных сил в случае, когда глубина колес сравнительно небольшая, являются прямо пропорциональными линейной деформации почвы.

При разложении силы R на две составляющие (горизонтальная R_x и вертикальная R_b) (рисунок 6) возможно сформировать условие, при котором каток будет находиться в равновесии (равномерном движении). Данное условие задается следующей системой

$$\begin{aligned} \sum X &= P - R_x = 0 \\ \sum G_k - R_b &= 0 \\ \sum M_m(P_i) &= P \cdot Y_m - G_k \cdot X_m = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

где G_k – равнодействующая сила, Н; P – сила тяги, Н; R_x – горизонтальная составляющая реакции R , Н; R_b – вертикальная составляющая реакции R , Н; X_m и Y_m – плечи сил, м.

Первое и второе уравнения представленной системы имеют следствие в виде $P = R_x$, $G = R_b$. Таким образом, пары сил, действующие на каток, следующие: P , R_x и G_k , R_b . За счет первой пары сил (плечо Y_m) происходит образование движущего момента, за счет второй (плечо X_m) – момента сопротивления. Третье уравнение системы позволяет записать

$$P = G_k \cdot \frac{X_m}{Y_m} \quad (4)$$

Горизонтальная толкающая сила P носит название усилия перекатывания. Чтобы определить P , требуется произвести определение силы веса катка G_k и плеч X_m ; Y_m .

Из рисунка 6 следует, что при условии равновесия сила $P = R \cdot \sin\beta$, следовательно $P = B_k q_0 \cdot h^2/2$, откуда определим q_0 – коэффициент объемной деформации почвы

$$q_0 = \frac{2 \cdot P}{B_k \cdot h^2} \quad (5)$$

где B_k – длина катка, м; h – колея катка, м.

Определим усилие перекатывания катка по формуле Грандвуане-Горячкина

$$P = 0,86 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt[3]{\frac{G_k^4}{q_0 \cdot B_k \cdot D^2}} \quad (6)$$

где ε – коэффициент, учитывающий возрастание сопротивления из-за неровностей поверхности катка; q_0 – коэффициент объемной деформации почвы, Н/м³.

Так как выражение 6 служит для определения тягового сопротивления гладких катков, то для ножевых катков необходимо ввести поправочный коэффициент на учет сопротивления резания ножей [8].

$$P = 0,86 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt[3]{\frac{G_k^4}{q_0 \cdot B_k \cdot D^2}} \cdot k_p \quad (7)$$

где k_p – коэффициент, учитывающий сопротивление резания ножей катка.

На данный коэффициент k_p основное влияние будет оказывать соотношение общего количества ножей z_n к числу ножей, которые одновременно будут принимать участие в процессе резания z_p (будут находиться в почве).

Процесс перерезания растительных остатков ножевым катком будет происходить с момента входа ножа в почву и до момента выглубления его. Количество ножей катка, участвующих в процессе резания на данном отрезке, будет определять количество фактически режущих ножей z_p .

$$k_p = f \cdot \frac{z_p}{z_n} \quad (8)$$

где z_n – общее число ножей на катке; z_p – число ножей, находящихся в зоне резания.

Количество ножей, одновременно участвующих в процессе резания растительных остатков, будет зависеть от угла обхвата α и углового расстояния между ножами β

$$z_p = \frac{\alpha}{\beta} \quad (9)$$

где β – угол поворота между соседними ножами, град.

Из рисунка 6 видно, что расстояние от точки M до точки K является длиной резки $l_{рез}$ растительных остатков ножевым катком. Максимальная ее длина по агротехническим требованиям не должна превышать 15 см.

Соединив точки M и K (рисунок 7), получим на диаметре катка хорду, представляющую собой длину резки $l_{рез}$. Соответственно, длина хорды из треугольника ОМК будет равна

$$l_{рез} = D_{кн} \cdot \sin \frac{\beta}{2} \quad (10)$$

где $D_{кн}$ – диаметр ножевого катка по концам ножей, м.

Длина резки катком взаимосвязана с длиной дуги $l_{мк}$ между ножами (рис. 7), которая в свою очередь зависит от количества ножей катка.

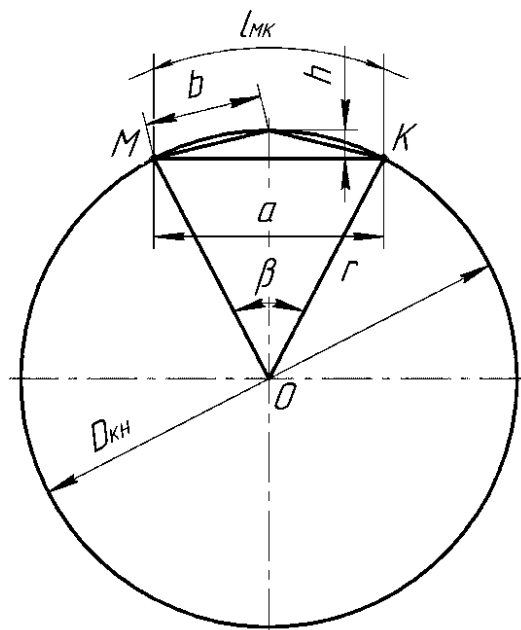


Рис. 7 – Схема определения длины дуги между ножами

Найдем длину дуги l_{MK} из выражения

$$l_{MK} = \frac{\pi \cdot D_{KH}}{z} \quad (11)$$

Примем допущение, что длина дуги l_{MK} будет приблизительно равна двум отрезкам b , тогда отрезок b найдем из выражения

$$b = \sqrt{\left(\frac{l_{рез}}{2}\right)^2 + h^2} \quad (12)$$

где $l_{рез}$ – хорда МК, м; h – высота, м.

Высоту h можно найти из выражения

$$h = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{l_{рез}}{2}\right)^2} \quad (13)$$

где r – радиус катка, м.

Возведем в квадрат левую и правую части выражения 11, и подставив значение формулы 12 в выражение 11, и после преобразования получим

$$b = \sqrt{2 \cdot r^2 - 2 \cdot r \cdot \sqrt{r^2 - \frac{l_{рез}^2}{4}}} \quad (14)$$

Тогда можно определить длину дуги l_{MK}

$$l_{MK} = 2 \cdot b = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r^2 - 2 \cdot r \cdot \sqrt{r^2 - \frac{l_{рез}^2}{4}}} \quad (15)$$

Приравняем правые части выражений 11 и 15 и найдем число ножей на катке

$$z_n = \frac{\pi \cdot r}{\sqrt{2 \cdot r^2 - 2 \cdot r \cdot \sqrt{r^2 - \frac{l_{рез}^2}{4}}}} \quad (16)$$

Тогда коэффициент, учитывающий сопротивление резания ножей катка будет

$$k_p = f \cdot \frac{\alpha \cdot \sqrt{2 \cdot r^2 - 2 \cdot r \cdot \sqrt{r^2 - \frac{l_{рез}^2}{4}}}}{\beta \cdot \pi \cdot r} \quad (17)$$

В конечном итоге тяговое сопротивление режущего катка будет иметь вид

$$P = 0,86 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt[3]{\frac{G_k^4}{q_0 \cdot B_k \cdot D^2}} \cdot f \cdot \frac{\alpha \cdot \sqrt{2 \cdot r^2 - 2 \cdot r \cdot \sqrt{r^2 - \frac{l_{рез}^2}{4}}}}{\beta \cdot \pi \cdot r} \quad (18)$$

Полученное выражение (18) позволяет сделать вывод, что на тяговое сопротивление ножевого катка оказывают влияние конструктивные параметры: диаметр катка, число ножей, которое зависит от задаваемой длины резки, вес катка и его ширина захвата.

Выводы. На основании обобщения представленных рассуждений сделаем следующие выводы.

1. Каток, который предлагается к применению, может быть использован, чтобы обрабатывать поля, на которых проводится выращивание кукурузы, хлопка, рапса, зерновых, овощных культур, табака, подсолнечника, и др. Растительные остатки подвергаются измельчению с последующим оставлением на почвенной поверхности. Контактная с почвой, они становятся объектом дальнейшей работы микроорганизмов.

2. Упомянутое орудие позволяет активно вводить новые земли в процесс эксплуатации и может быть эффективным в ситуациях, когда имеется необходимость применения культиваторного посевного комплекса, а пожнивных остатков сгружаются перед лапами культиватора.

3. При проведении теоретического анализа предлагаемого катка было выявлено, что при работе каткового измельчителя на тяговое сопротивление агрегата существенное влияние оказывают конструктивные параметры и сила сопротивления перерезанию растительных остатков.

Библиография

1. Власенко О.А. Влияние пожнивных и корневых остатков на параметры плодородия агрочерноземов / О.А. Власенко // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной научной конференции. Красноярск, 2020. С. 6-10.
2. Валиев Р.А. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация: учебное пособие для ВО / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров [и др.]. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 264 с.
3. Булавин С.А. Агрегат для биотехнологической обработки почвы / С.А. Булавин, А.В. Рыжков // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2007. – № 1. – С. 3-5.
4. Савельев Ю.А. Повышение влагосбережения почвы применением мелкой осенней мульчирующей обработки: монография / Ю.А. Савельев, Ю.А. Киров, Ю.М. Добрынин, П.А. Ишкин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 151 с.
5. Патент № 2352095 С1 Российская Федерация, МПК А01С 23/02. Комбинированный агрегат для обработки почвы и внесения жидких органических удобрений: № 2007137408/12: заявл. 09.10.2007: опубл. 20.04.2009 / В.М. Рязанов, С.А. Булавин, В.С. Быков [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО Белгородская ГСХА.
6. Борисенко И.Б. Катковый измельчитель пожнивных остатков высокостебельных сельскохозяйственных культур / И.Б. Борисенко, Д.В. Скрипкин, М.В. Мезникова и др. // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, № 2 (66). – 2022. – С. 329-339.
7. Хлызов Н.Т. Обоснование параметров мульчирующего устройства для безотвального орудия / Н.Т. Хлызов, Д.А. Девятков // Актуальные вопросы агроинженерных и агрономических наук: матер. национальной науч. конф. Института агроинженерии, Института агроэкологии (Челябинск, Миасское, 2020) / Под ред. д-ра биол. наук, доцента С.А. Гриценко. – Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2020. – С. 172-179.
8. Козлов Н.С. Обоснование конструктивной схемы спирально-ножевидного рабочего органа / Н.С. Козлов // Межведомственный тематический сборник. Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск : РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2014. – С. 61-65.

References

1. Vlasenko O.A. Vliyanie pozhnivnyh i kornevykh ostatkov na parametry plodorodiya agrochernozemov [The influence of crop and root residues on the fertility parameters of agrochernozems] / O.A. Vlasenko // Problemy sovremennoy agrarnoy nauki: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii. Krasnoyarsk, 2020. S. 6-10.
2. Valiev R.A. Sovremennyye pochvoobrabatyvayushhie mashiny: regulirovka, nastrojka i ekspluatatsiya: uchebnoe posobie dlya VO [Modern tillage machines: adjustment, operation and operation: a textbook for HE] / A.R. Valiev, B.G. Ziganshin, F.F. Muhamadyarov [i dr.]. – 3-e izd., ster. – Sankt-Peterburg: Lan, 2020. – 264 s.
3. Bulavin S.A. Agregat dlya biotekhnologicheskoy obrabotki pochvy [Unit for biotechnological tillage] / S.A. Bulavin, A.V. Ryzhkov // Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyajstva, 2007. – № 1. – S. 3-5.
4. Savelev Yu.A. Povyshenie vlagosberezheniya pochvy primeneniem melkoj osennej mulchiruyushhej obrabotki: monografiya [Increasing soil moisture conservation by using shallow autumn mulching treatment: monograph] / Yu.A. Savelev, Yu.A. Kirov, Yu.M. Dobrynin, P.A. Ishkin. – Kinel : IBCz Samarskogo GAU, 2021. – 151 s.
5. Patent № 2352095 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 23/02. Kombinirovannyj agregat dlya obrabotki pochvy i vnoseniya zhidkix organicheskix udobrenij: [Combined unit for tillage and application of liquid organic fertilizers] № 2007137408/12: zayavl. 09.10.2007: opubl. 20.04.2009 / V.M. Ryazanov, S.A. Bulavin, V.S. Bykov [i dr.]; zayavitel FGBOU VO Belgorodskaya GSXA.
6. Borisenko I.B. Katkovyj izmelchitel pozhnivnykh ostatkov vysokostebelnykh selxozyajstvennykh kultur [Roller shredder of crop residues of high-stemmed crops] / I.B. Borisenko, D.V. Skripkin, M.V. Meznikova i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. – Volgograd : Volgogradskij GAU, № 2 (66). – 2022. – S. 329-339.
7. Hlyzov N.T. Obosnovanie parametrov mulchiruyushhego ustrojstva dlya bezotvalnogo orudiya [Justification of the parameters of a mulching device for a non-shaft gun] / N.T. Hlyzov, D.A. Devyatkov // Aktualnye voprosy agroinzhenernykh i agro-nomicheskikh nauk [Tekst]: mater. nacionalnoj nauch. konf. Instituta agroinzhenerii, Instituta agroekologii (Chelyabinsk, Miasskoe, 2020) / Pod red. d-ra biol. nauk, docenta S.A. Gricenko. – Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Uralskij GAU, 2020. – S. 172-179.

8. Kozlov N.S. Obosnovanie konstruktivnoj shemy` spiral`no-nozhevidnogo rabocheho organa [Substantiation of the design scheme of the spiral-knife-shaped working body] / N.S. Kozlov // *Mezhvedomstvennyj tematiceskij sbornik. Mehanizaciya i elektrifikaciya selskogo hozyajstva*. – Minsk : RUP «NPCz NAN Belarusi po mehanizacii selskogo hozyajstva», 2014. – S. 61-65.

Сведения об авторах

Рыжков Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8(4722) 38-19-48, e-mail: ryzhkovbgsha@yandex.ru;

Мачкарин Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8(4722) 38-19-48, e-mail: machkarin@mail.ru.

Information about authors

Ryzhkov Andrey Vladimirovich, candidate of technical Sciences, associate professor of department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Mayskiy p., Bel-urban district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8(4722) 38-19-48, e-mail: ryzhkovbgsha@yandex.ru;

Machkarin Alexander Viktorovich, candidate of technical Sciences, associate professor of department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Mayskiy p., Bel-urban district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8(4722) 38-19-48, e-mail: machkarin@mail.ru.

УДК 629.054

Е.П. Тимашов

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕБЕСТОИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Аннотация. В условиях актуальности продовольственной безопасности Российской Федерации, технической и технологической суверенности, необходимо верифицировать новые научно-технические инициативы с позиций их технологической состоятельности и экономической применимости. Внедрение новой технологии или технического средства в обязательном порядке требует оценки экономической эффективности, и в первую очередь, себестоимости внедрения. Реализация инновационных технологий в отечественном сельскохозяйственном машиностроении возможна только в случае приемлемого соотношения между техническим эффектом и финансовыми затратами. Разработана технология, применение которой обеспечивает автоматическое диагностирование узлов механических трансмиссий транспортных и технологических машин. Технология включает совокупность методов, технических средств и программного обеспечения, которые апробированы в рамках лабораторных и эксплуатационных исследований. Для внедрения разработанной технологии в реальное производство машиностроительных предприятий необходимо обеспечить минимальный уровень производственных издержек. При исследовании эффективности внедрения технологии автоматической диагностики выбран потенциальный объект – зерноуборочный комбайн РСМ-142 «ACROS», обобщенный экономический эффект при этом составил 125 тыс. руб. в год. Для выбранного объекта исследования проведена конструкторская отработка и технологическая подготовка к внедрению технологии автоматической диагностики узлов механической трансмиссии. Разработана конструкция датчика температуры на основе микросхемы TMP-36, обосновано применение микроконтроллера на базе процессора ATmega 328 в комплексе со сдвиговыми регистрами 74HC165, позволяющими увеличить количество контролируемых узлов трансмиссии до 32. Общие затраты на оснащение системой диагностирования в расчете на один комбайн составили 8854,87 руб., что составляет 0,09% от средней рыночной стоимости комбайна.

Ключевые слова: автоматическая диагностика, контролепригодность, надежность, себестоимость, термодиагностика, трансмиссия.

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE COST OF IMPLEMENTING AUTOMATIC DIAGNOSTICS TOOLS

Abstract. In the context of the relevance of food security of the Russian Federation, technical and technological sovereignty, it is necessary to verify new scientific and technical initiatives from the standpoint of their technological viability and economic applicability. The introduction of a new technology or technical means necessarily requires an assessment of economic efficiency, and first of all, the cost of implementation. The implementation of innovative technologies in domestic agricultural machinery is possible only in the case of an acceptable ratio between the technical effect and financial costs. A technology has been developed, the use of which provides automatic diagnostics of mechanical transmission units of transport and technological machines. The technology includes a set of methods, technical means and software that have been tested in the framework of laboratory and operational studies. To implement the developed technology in the real production of machine-building enterprises, it is necessary to ensure a minimum level of production costs. When studying the effectiveness of the introduction of automatic diagnostics technology, a potential object was selected – the RSM-142 «ACROS» combine harvester, the generalized economic effect at the same time amounted to 125 thousand rubles per year. For the selected object of research, design testing and technological preparation for the introduction of automatic diagnostics technology of mechanical transmission units were carried out. The design of the temperature sensor based on the TMP-36 chip is developed, the use of a microcontroller based on the ATmega 328 processor in combination with 74HC165 shift registers is justified, which allows increasing the number of controlled transmission units to 32. The total cost of equipping the diagnostic system per combine amounted to 8854.87 rubles, which is 0.09% of the average market value of the combine.

Keywords: automatic diagnostics, controllability, reliability, cost, thermal diagnostics, transmission.

Введение. Разработка новых технических решений в области производства и эксплуатации транспортных и технологических машин требует обязательной оценки технико-экономической эффективности. В условиях актуальности продовольственной безопасности Российской Федерации, технической и технологической суверенности, необходимо верифицировать новые научно-технические инициативы с позиций их технологической состоятельности и экономической применимости. Внедрение новой технологии или технического средства в обязательном порядке требует оценки экономической эффективности, и в первую очередь, себестоимости внедрения [1-9].

Реализация инновационных технологий в отечественном сельскохозяйственном машиностроении возможна только в случае приемлемого соотношения между техническим эффектом и финансовыми затратами.

Разработана технология, применение которой обеспечивает автоматическое диагностирование узлов механических трансмиссий транспортных и технологических машин. Технология включает совокупность методов, технических средств и программного обеспечения, которые апробированы в рамках лабораторных и эксплуатационных исследований [10-14]. Следующий логический шаг – внедрение разработанной технологии в реальное производство машиностроительных предприятий. Основным препятствием в этом случае является внутренняя политика любого производства – снижение производственных издержек.

Цель исследования – технико-экономическое обоснование внедрения технологии автоматической диагностики узлов механических трансмиссий.

Материал и методы. В качестве потенциального объекта внедрения технологии автоматической диагностики выбран зерноуборочный комбайн РСМ-142 «ACROS» производства ООО «Комбайновый завод «РОСТСЕЛЬМАШ». В качестве источника справочных данных использована инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию комбайна, «Общемашиностроительные нормативы времени на электромонтажные работы в машиностроении. Серийное и мелкосерийное производство», а также информация Интернет-сайтов производителей товаров и услуг. Используются методики определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Расчет экономического эффекта

базировался на совокупности эффектов от снижения трудоемкости технического обслуживания, повышения вероятности безотказной работы и коэффициента технического использования. В расчете на один комбайн годовой экономический эффект составил 125 тыс. руб. [15]. Однако в данном исследовании необходимо более детально рассмотреть технические и экономические аспекты внедрения новой технологии в машиностроительном производстве.

Результаты исследования и обсуждения. Предлагаемая технология автоматической диагностики узлов механических трансмиссий предполагает использование технического средства – регистратора неисправности трансмиссии. Регистратор неисправности трансмиссии состоит из программируемых микроконтроллеров, датчиков температуры, устройств индикации и соединительных кабелей и разъемов. На рисунке 1 показан общий вид регистратора неисправности трансмиссии с указанием диагностируемых агрегатов и мест установки датчиков и блока регистрации.

Суммарные затраты на изготовление и монтаж регистратора неисправности трансмиссии в условиях машиностроительного производства в расчете на один комбайн можно определить по формуле:

$$C_P = O_T + C_M + \frac{O_T \times H_P}{100}, \quad (1)$$

где C_P – себестоимость изготовления и монтажа регистратора неисправности трансмиссии, руб.; O_T – оплата труда, руб.; C_M – стоимость материалов, руб.; H_P – накладные расходы, %.

Экономически целесообразно заказать изготовление электронных компонентов у специализированных предприятий, в этом случае себестоимость можно значительно снизить, при этом себестоимость по формуле (1) можно учесть, как стоимость материалов.

Затраты на оплату труда зависят от количества устанавливаемых датчиков, трудоемкости работ и размера часовой оплаты труда:

$$O_T = n \times T_M \times K_C \times C_{\text{ч}}, \quad (2)$$

где n – количество датчиков на один комбайн, шт.; $C_{\text{ч}}$ – размер часовой оплаты труда, руб/чел.-ч; K_C – коэффициент, учитывающий долю социальных отчислений, (примем $K_C=1,3$); T_M – трудоемкость монтажа одного датчика, чел.-ч.

Себестоимость материалов будет включать стоимость датчиков температуры, стоимость блока регистрации и соединительных кабелей:

$$C_M = n \times C_D + C_K \times l + C_{\text{БР}}, \quad (3)$$

где C_D – стоимость датчика, руб.; C_K – стоимость погонного метра кабеля, руб. l – длина кабеля на один комбайн, м; $C_{\text{БР}}$ – стоимость блока регистрации, руб.

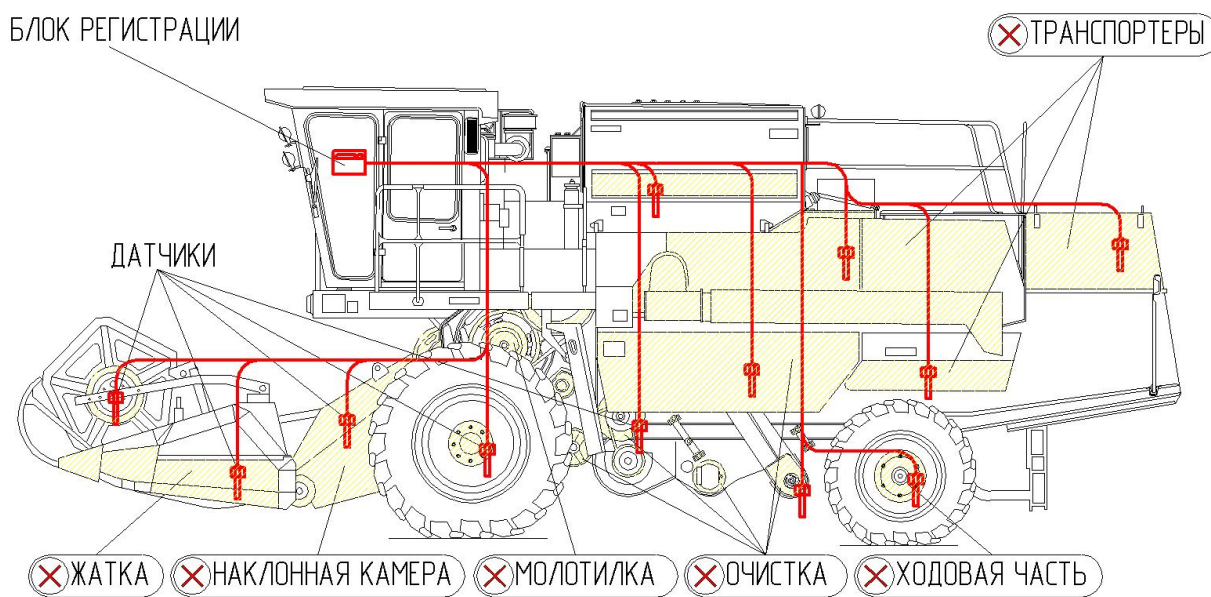


Рис. 1 – Схема регистратора неисправности трансмиссии

Для расчета по формуле (1) определим исходные данные. Планируется установка датчиков на узлы трансмиссии, обладающие низким уровнем вероятности безотказной работы. На основании изучения эксплуатационных показателей надежности, установлено, что к таким узлам относятся все элементы механических передач наклонной камеры, транспортёров, очистки и молотилки, а также все механические передачи жатки [16]. В этом случае количество узлов механических трансмиссий комбайна будет равно $n=31$. Для расчета трудоемкости монтажа одного датчика на комбайн был разработан маршрутный технологический процесс, с учетом которого трудоемкость монтажа одного датчика определяется по формуле

$$T_M = T_{\text{оп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (4)$$

где $T_{\text{оп}}$ – оперативное время, мин.; $T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, мин.

В этом случае трудоемкость монтажа одного датчика

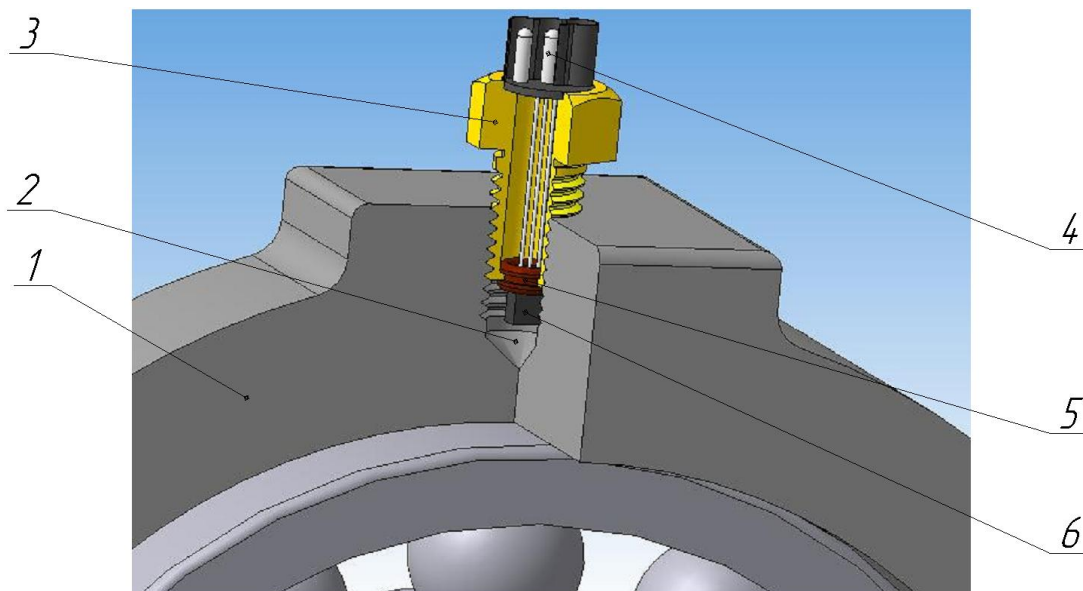
$$T_M = 8,82 + \frac{11,5}{31} = 9,19 \text{ мин} = 0,153 \text{ ч.}$$

С учетом данных о средней заработной плате в Ростовской области в 2023 году 39090 руб. в месяц, стоимость оплаты труда в час составит 212,45 руб., тогда размер оплаты труда по формуле (2)

$$O_T = 31 \times 0,153 \times 1,3 \times 212,45 = 1309,95 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов в расчете на один комбайн определим по формуле (3). В качестве кабеля применим четырехжильный кабель связи КСПВ 4x0,5 с четырьмя жилами сечением 0,5 мм² для монтажа систем сигнализации КСПВ стоимостью 12 руб. за погонный метр. Общая расчетная длина кабеля в расчете на один комбайн составит 160 м.

Устройство датчика представлено на рисунке 2. В датчике используется микросхема TMP-36, формирующая аналоговый сигнал в зависимости от температуры. Микросхема установлена в корпусе, снабженном наружной резьбой для ввинчивания в глухое отверстие, промежуток между микросхемой и стенками глухого отверстия заполнен термопастой (на рисунке не показана), датчик имеет трехконтактный разъем для подключения кабеля.



1 – корпус диагностируемого узла; 2 – глухое резьбовое отверстие; 3 – корпус датчика; 4 – трехконтактный разъем; 5 – прокладка; 6 – микросхема TMP-36

Рис. 2 – Схема датчика температуры

При учете стоимости изготовления или приобретения компонентов датчика использованы актуальные цены из предложений рынка товаров и услуг. Расчет стоимости датчика представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет стоимости датчика

№	Наименование	Стоимость, руб.
1	Изготовление корпуса	85,0
2	Микросхема TMP-36	72,0
3	Термопаста КТП-8 ГОСТ 19783-74	6,0
4	Остальные элементы	2,0
Итого		165,0

В основе блока регистрации используется плата микроконтроллера на базе процессора ATmega 328. Плата имеет 8 аналоговых входов, что недостаточно для подключения 31 датчика. Поэтому используем четыре сдвиговых регистров 74НС165, в этом случае количество аналоговых входов увеличится до 32. Расчет стоимости блока регистрации приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет стоимости блока регистрации

№	Наименование	Стоимость, руб.
1	Плата микроконтроллера ATmega 328	147,0
2	Микросхема 74НС165 (4 шт.)	61,92
3	Светодиоды (2 шт)	6,0
4	Активный зуммер	24,0
5	Изготовление монтажной платы	50,0
6	Корпус	40,0
7	Остальные элементы	50,0
Итого		378,92

С учетом стоимости компонентов по формуле (3) получаем

$$C_M = 31 \times 165 + 12 \times 160 + 378,92 = 7413,92 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на изготовление и монтаж системы регистратора неисправности трансмиссии по формуле (1)

$$C_p = 1309,95 + 7413,92 + \frac{1309,95 \times 10}{100} = 8854,87 \text{ руб.}$$

Таким образом, общие затраты на оснащение системой диагностирования в расчете на один комбайн составят 8854,87 руб., что при средней рыночной стоимости комбайна РСМ-142 «ACROS» 9530400 руб. составляет 0,09%.

Выводы. На основании приведенных данных сформулируем выводы.

1. Проведено технико-экономическое обоснование внедрения технологии автоматической диагностики узлов механических трансмиссий на примере зерноуборочного комбайна РСМ-142 «ACROS».
2. Разработана конструкция регистратора неисправности узлов механических трансмиссий, проведена технологическая подготовка к внедрению в производство.
3. Рассчитана суммарная себестоимость внедрения на один комбайн 8854,87 руб., что составляет 0,09% от рыночной стоимости при годовом экономическом эффекте в 125 тыс. руб.

Библиография

1. Ерохин М.Н., Пастухов А.Г. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации : монография. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 2008. – 160 с.
2. Пастухов А.Г. Повышение надежности агрегатов механических трансмиссий сельскохозяйственной техники (на примере карданных передач) // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 60-63.
3. Пастухов А.Г. Повышение долговечности карданных шарниров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 4. С. 24-25.
4. Пастухов А.Г. Обеспечение эффективной эксплуатации грузовых автомобилей путем повышения надежности карданных передач // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2010. № 1 (22). С. 13-19.
5. Erokhin M., Kazantsev S., Pastukhov A. Operability assessment of drive shafts of john deere tractors in operational parameters // Engineering for Rural Development. Vol 17 / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2019. Proceedings. Pp. 28-33. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N032.
6. Gligorić R., Ašonja A., Pastukhov A., Kuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 368-374.
7. Erokhin, M.N. Analysis of wear of the cardan cross the joints John Deere tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. – 2016. – Vol. 21. – № 1. – P. 24-29.
8. Gabitov I., Negovora A., Nigmatullin S. [et al.]. Development of a method for diagnosing injectors of diesel engines // Komunikacije. – 2021. – Vol. 23. – № 1. – P. 46-57. – DOI 10.26552/COM.C.2021.1.B46-B57.
9. Procedure for Determining the Limit State Parameters of John Deere Tractor Transmission Units / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, S.P. Kazantsev, I.N. Kravchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 27–28 августа 2020 года. – Zernograd, Rostov Region, 2021. – P. 012029. – DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012029.
10. Pastukhov, A.G. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. – 2013. – Vol. 18. – № 2. – P. 29-35.
11. Krol O., Sokolov V. Research of modified gear drive for multioperational machine with increased load capacity. Diagnostyka, 2020, 21 (3), p. 87-93.
12. Karagodin V.I., Khapugin R.A. Rationale and frequency of the diagnosis of component parts of tractors Belarus in the development of technology maintenance. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 832 (1), 012005.
13. Jakubek B., Barczewski R., Rukat W., Rozanski L., Wróbel M. Stabilization of vibro-thermal processes during post-production testing of rolling bearings. Diagnostyka, 2019, 20 (3), p. 53-62.
14. Peretiaka N., Boryak K., Vatenko O. Improving the thermal method for assessing the technical condition of rolling bearings based on the heating rate criterion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 5/1 (107), p. 118-126.
15. Pastukhov, A. Assessment of technical and economic efficiency of introduction of testable units of mechanical transmissions / A. Pastukhov, E. Timashov // Tractors and power machines. – 2021. – Vol. 26, № 1-2. – P. 49-55.
16. Тимашов, Е.П. Разработка технологии контроля механических трансмиссий транспортных и технологических машин на основе цифровой термодиагностики : дис. ... д-ра техн. наук 05.20.03 / Тимашов Евгений Петрович. – Москва, 2022. – 333 с.

References

1. Yerokhin M.N., Pastukhov A.G. Nadezhnost' kardanny'x peredach transmissij sel'skoxozyajstvennoj texniki v e'kspluatácii: monografiya. [Reliability of cardan transmissions of agricultural machinery in operation: monograph]. Belgorod : BelSHA Publishing house, 2008. – 160 p. (In Rus.).
2. Pastukhov A.G. Povy'shenie nadezhnosti agregatov mexanicheskix transmissij sel'skoxozyajstvennoj texniki (na primere kardanny'x peredach) [Increase of reliability of units of mechanical transmissions of agricultural machinery (on the example of gimbals)]. Trudy' GOSNITI, 2008; 101: 60-63. (In Rus.).
3. Pastukhov A.G. Povy'shenie dolgovechnosti kardanny'x sharnirov [Increase of durability of cardan joints]. Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva, 2007; 4: 24-25. (In Rus.).
4. Pastukhov A.G. Obespechenie e'ffektivnoj e'kspluatácii gruzovy'x avtomobilej putem povы'sheniya nadezhnosti kardanny'x peredach [Ensuring efficient operation of trucks by improving the reliability of gimbal transmission]. Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2010; 1 (22): 13-19. (In Rus.).
5. Erokhin M., Kazantsev S., Pastukhov A. Operability assessment of drive shafts of john deere tractors in operational parameters // Engineering for Rural Development. Vol 17 / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2019. Proceedings. Pp. 28-33. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N032/.
6. Gligorić R., Ašonja A., Пастухов А., Кuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // Агротехника i energoobespechenie. 2014. № 1 (1). 368-374. (In Eng.).
7. Erokhin, M.N. Analysis of wear of the cardan cross the joints John Deere tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. – 2016. – Vol. 21. – № 1. – P. 24-29. (In Eng.).

8. Gabitov I., Negovora A., Nigmatullin S. [et al.]. Development of a method for diagnosing injectors of diesel engines // *Komunikacie*. – 2021. – Vol. 23. – № 1. – P. 46-57. – DOI 10.26552/COM.C.2021.1.B46-B57. (In Eng.).
9. Procedure for Determining the Limit State Parameters of John Deere Tractor Transmission Units / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, S.P. Kazantsev, I.N. Kravchenko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Zernograd, Rostov Region, 27–28 августа 2020 года. – Zernograd, Rostov Region, 2021. – P. 012029. – DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012029. (In Eng.).
10. Pastukhov, A.G. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // *Traktori i pogonske masine*. – 2013. – Vol. 18. – № 2. – P. 29-35. (In Eng.).
11. Krol O., Sokolov V. Research of modified gear drive for multioperational machine with increased load capacity. *Diagnostyka*, 2020, 21 (3), p. 87-93. (In Eng.).
12. Karagodin V.I., Khapugin R.A. Rationale and frequency of the diagnosis of component parts of tractors Belarus in the development of technology maintenance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 832 (1), 012005. (In Eng.).
13. Jakubek B., Barczewski R., Rukat W., Rozanski L., Wróbel M. Stabilization of vibro-thermal processes during post-production testing of rolling bearings. *Diagnostyka*, 2019, 20 (3), p. 53-62. (In Eng.).
14. Peretiaka N., Boryak K., Varenko O. Improving the thermal method for assessing the technical condition of rolling bearings based on the heating rate criterion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 5/1(107), p. 118-126. (In Eng.).
15. Pastukhov, A. Assessment of technical and economic efficiency of introduction of testable units of mechanical transmissions / A. Pastukhov, E. Timashov // *Tractors and power machines*. – 2021. – Vol. 26, № 1-2. – P. 49-55. (In Eng.).
16. Timashov, E.P. *Razrabotka tekhnologii kontrolya mekhanicheskikh transmissij transportnykh i tekhnologicheskikh mashin na osnove tsifrovoj termodiagnostiki* [Development of technology for control of mechanical transmissions of transport and technological machines based on digital thermal diagnostics] : (DSc Thesis) 05.20.03 / Timashov Evgenij Petrovich. – Moscow. 2022. 333. (In Rus.).

Сведения об авторе

Тимашов Евгений Петрович, доктор технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7-4722-391233, e-mail: timachov@mail.ru

Information about author

Timashov Evgeny Petrovich, doctor of technical sciences, docent of the department of technical mechanics and design of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7-4722-391233, e-mail: timachov@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 633.15:581.162

М.В. Евдакова, С.В. Резвякова, Н.И. Ботуз

АНАЛИЗ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАННЕСПЕЛЫХ И СРЕДНЕРАННИХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Целью исследований было выявить особенности фотосинтетической деятельности новых гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Орловской области. Полевые опыты проведены на опытном поле НОЦП «Интеграция» Орловского ГАУ в 2019-2020 гг. Почвы опытного поля относятся к темно-серым лесным, среднесуглинистым. Степень насыщенности основаниями – 93%; мощность гумусового горизонта – 25-30 см, содержание гумуса в пахотном слое – 4,7%, подвижного фосфора (P_2O_5) – 17 мг/100 г, обменного калия (K_2O) – 9,6 мг/100 г абсолютно сухой почвы; pH_{cl} – 5,2. Метеорологические условия вегетационных периодов были достаточно благоприятными для роста и развития растений. Применяли агротехнические приемы возделывания кукурузы общепринятые в регионе для кормовых и силосных культур. Убирали поделаночно в фазу полной спелости кукурузы. Выявлено, что прирост листовой части растений активно начинался с фазы «5-7-го листа». К фазе развития «молочно-восковая спелость» отмечен физиологический процесс затухания роста и активности листьев. Средняя площадь листовой пластины раннеспелого гибрида Росс-140 СВ, ФАО 150 составила 41,0 тыс. м²/га. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл, ФАО 240 прибавка составила соответственно 6,8 и 17,8%. Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы за весь период вегетации у среднеранних гибридов был выше на 17,3 и 36,6% соответственно. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза за период вегетации в среднем за два года отмечен у раннеспелого Росс-140 СВ, ФАО 150 на уровне 3,39 г/м² сутки. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл, ФАО 240 прибавка составила 13,9 и 24,5%.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, раннеспелые, среднеранние, фотосинтетическая деятельность, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

ANALYSIS OF PHOTOSYNTHETIC INDICES OF EARLY- AND MIDEARLY MAIZE HYBRIDS UNDER CONDITIONS OF OREL REGION

Abstract. The aim of the research was to identify the features of photosynthetic activity of new maize hybrids of different ripeness groups under the conditions of the Orel region. Field experiments were carried out on the experimental field of NOCP «Integration» of Orel State Agrarian University in 2019-2020. The soils of the experimental field are classified as dark grey forest, medium-loam. The degree of saturation with bases – 93%; thickness of humus horizon – 25-30 cm, humus content in the arable layer – 4.7%, mobile phosphorus (P_2O_5) – 17 mg/100 g, exchangeable potassium (K_2O) – 9.6 mg/100 g absolutely dry soil; pH_{cl} – 5.2. Meteorological conditions during the growing season were favourable enough for plant growth and development. Agrotechnical methods of maize cultivation common in the region for fodder and silage crops were applied. Corn was harvested by the plot in the phase of full ripeness. It was found that the growth of leaf part of plants actively started from the phase of «5-7th leaf». By the phase of development «milky-wax ripeness» physiological process of fading of growth and leaf activity was noted. The average leaf area of the early-ripening hybrid Ross-140 SV, FAO 150 was 41.0 thousand m²/ha. The medium-early hybrids P8521, FAO 200 and EC Hubble, FAO 240 had an increase of 6.8 and 17.8%, respectively. Photosynthetic potential of maize crops during the whole period of vegetation in mid-early hybrids was higher by 17.3 and 36.6%, respectively. Net photosynthetic productivity during the growing season averaged over two years was recorded in early-ripening Ross-140 SV, FAO 150 at 3.39 g/m² per day. The medium-early hybrids P8521, FAO 200 and EC Hubble, FAO 240 had increases of 13.9 and 24.5%.

Keywords: corn hybrids, early-ripening, medium-early, photosynthetic activity, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Введение. Кукуруза относится к тем сельскохозяйственным культурам, которая богата питательными веществами, это моно- и дисахариды, крахмал, ненасыщенные жирные кислоты, витамины группы В, макро- и микроэлементы, что является одним из главных её приоритетов при выборе сельскохозяйственными предприятиями. Её возделывают как на зерно, так и на силос, поскольку кукуруза является неотъемлемой частью в кормовом рационе на животноводческих комплексах. В связи с многосторонним применением кукурузы, как в пищевой промышленности, так и в отраслях животноводства, посевная площадь культуры стремительно увеличивается с каждым годом [1-3].

Одним из факторов достижения высокой урожайности является успех в селекционной работе гетерозисных гибридов кукурузы. Это позволяет получить генотипы с высокой потенциальной урожайностью, пластичностью, повышенной устойчивостью к вредным объектам. Кукуруза занимает первенство по валовому сбору зерна и только пшенице уступает по посевным площадям. Среди зерновых культур кукуруза отличается самой высокой урожайностью, а как силосная культура, ей замены нет [1, 4].

В настоящее время селекционные центры и производители могут предложить гибриды кукурузы с коротким периодом вегетации, высокой продуктивностью и повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям, а также по скороспелости числа ФАО, которые дают возможность возделывать их в регионах с ограниченными тепловыми ресурсами и почвенно-климатическими условиями [1, 5-6].

Для нормального роста и развития любой сельскохозяйственной культуры необходимо обеспечить оптимальные условия для протекания процесса фотосинтеза, так как ему принадлежит ведущая роль в формировании сырой биомассы и, соответственно, сухого вещества растения [7-9]. Одним из показателей фотосинтетической деятельности растений является величина площади листовой пластины. Поэтому необходимо вести мониторинг за освещенностью растения, так как затенение листьев из-за густоты посева или засоренности сеgetальными растениями может оказать негативное влияние на рост и развитие листостебельной части, и в дальнейшем на процессы цветения, выметывания и т.д. Высокая продуктивность ги-

бридов кукурузы позволяет понять, что ассимиляционные процессы углекислого газа действуют так же, как и у растений тропической зоны по очень эффективному циклу [10-12, 13].

Цель исследования. Целью исследований было выявить особенности фотосинтетической деятельности новых гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Орловской области.

Материалы и методы. Полевые опыты проведены на опытном поле НОЦП «Интеграция» Орловского ГАУ в 2019-2020 гг. Почвы опытного поля относятся к темно-серым лесным, среднесуглинистым. Степень насыщенности основаниями – 93%; мощность гумусового горизонта – 25-30 см, содержание гумуса в пахотном слое – 4,7%, подвижного фосфора (P₂O₅) – 17 мг/100 г, обменного калия (K₂O) – 9,6 мг/100 г абсолютно сухой почвы; рН_{cl} – 5,2.

Вегетационный период в 2019 году характеризовался благоприятными условиями. В период с марта по май общее количество выпавших осадков составило 180 мм. Среднемесячная температура в мае была 16,2°C. В июне и июле были дождливые и теплые дни, что оказало положительное влияние на рост и развитие гибридов кукурузы. В июне выпало 159 мм осадков, в июле – 87 мм. Август был немного засушливым – 38 мм осадков. Летний период был достаточно теплым, и среднемесячная температура составила – 20,7; 17,3 и 17,2°C соответственно. В сентябре средняя температура составила 12,8°C, количество осадков – 43 мм.

В мае 2020 г. отмечено осадков 74 мм. Июнь и июль характеризовался дождливой, но теплой погодой. В июне выпало 75 мм осадков, в июле – 122 мм. Август выдался засушливым, осадков выпало 16 мм, а среднемесячная температура составила 17,6°C. Метеорологические условия сентября были достаточно благоприятными для созревания зерна кукурузы, среднемесячная температура составила 15,3°C, осадков выпало 35 мм.

Применяли агротехнические приемы возделывания кукурузы общепринятые в регионе для кормовых и силосных культур. Убирали поделаночно в фазу полной спелости кукурузы.

Объектами исследований были районированные в Центрально-Черноземном регионе гибриды кукурузы с разным вегетационным периодом, отличающиеся по скороспелости согласно классификации ФАО. Трехлинейный гибрид кукурузы Росс-140 СВ относится к раннеспелой группе (ФАО 150). Трехлинейный гибрид П8521 – среднеранний (ФАО 200). Простой гибрид ЕС Хаббл относится к среднеранним (ФАО 240).

Результаты исследований. Среди представленных вариантов за период исследования выявлено, что прирост листовой части растений активно начинался с фазы «5-7-го листа». Согласно таблице 1, в фазу «5-7-го листа» наибольшая площадь листовой поверхности отмечена на варианте со среднеранним гибридом ЕС Хаббл – 19,1 тыс. м²/га, между гибридами Росс-140 СВ и П8521 различий по изучаемому показателю не выявлено. Площадь листьев данных генотипов была меньше по сравнению с ЕС Хаббл на 12,6 и 13,6% соответственно. Позже отмечено увеличение площади листовой поверхности до фаз «выметывание» и «выход нитей початка кукурузы» в 2,6-2,9 раза. К фазе «молочно-восковая спелость» начинался физиологический процесс затухания роста и активности листьев. В эту фазу развития средняя площадь листовой пластины раннеспелого гибрида Росс-140 СВ, ФАО 150 составила 41,0 тыс. м²/га. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл, ФАО 240 прибавка составила соответственно 6,8 и 17,8% (табл.1).

Таблица 1 – Средняя площадь листьев гибридов кукурузы, тыс. м²/га

Варианты, ФАО	Фазы вегетации растений кукурузы			
	5-7-й лист	выметывание	выход нитей початка кукурузы	молочно-восковая спелость
Росс-140 СВ, ФАО 150	16,5	45,9	45,4	41,0
П8521, ФАО 200	16,7	49,6	45,6	43,8
ЕС Хаббл, ФАО 240	19,1	50,0	50,3	48,3
НСР ₀₅	1,8	2,3	1,9	2,1

В связи с тем, что фотосинтез относится к главным процессам, которые протекают в растениях, он является одним из основных компонентов биологической продуктивности природных экологических систем, который, в свою очередь, взаимосвязан с формированием урожая сельскохозяйственных растений. Величина, которая позволяет дать характеристику использования солнечной радиации в посевах сельскохозяйственных растений в течение периода вегетации, и есть фотосинтетический потенциал посевов (ФПП). Он является интегральным показателем, вычисляется как сумма площадей листьев за каждый день вегетационного периода, а также умножением среднего значения площади листовой поверхности на длину периода вегетации [10-12].

По результатам исследований в среднем фотосинтетический потенциал посевов на раннеспелом гибриде Росс-140 СВ в фазу «всходы - появление 5-7-го листа» составил 0,173 млн. м²/га дней, к следующим 2-м фазам развития отмечено увеличение ФПП в 2,8 раза. На варианте с ЕС Хаббл – в 2,6 раза. По гибриду П8521 данный показатель увеличился в 2,7-3,0 раза по сравнению с фазой «всходы - появление 5-7-го листа».

С фазы «выход нитей початка кукурузы - молочно-восковая спелость» наблюдается постепенное снижение фотосинтетического потенциала посевов (табл. 2).

Таблица 2 – Средняя величина фотосинтетического потенциала гибридов кукурузы по фазам вегетации, млн. м²/га дней

Варианты	Фазы вегетации			
	всходы - появление 5-7-го листа	появление 5-7-го листа - выметывание	выметывание - выход нитей початка кукурузы	выход нитей початка кукурузы - молочно-восковая спелость
Росс-140 СВ, ФАО 150	0,173	0,480	0,476	0,430
П8521, ФАО 200	0,196	0,582	0,535	0,515
ЕС Хаббл, ФАО 240	0,243	0,636	0,639	0,612
НСР ₀₅	0,054	0,051	0,057	0,064

Фотосинтетический потенциал посевов гибридов кукурузы за весь период вегетации в среднем составил у гибрида Росс-140 СВ – 1,559 млн. м²/га дней, П8521 – 1,828 млн. м²/га дней, ЕС Хаббл – 2,129 млн. м²/га дней (рис. 1). Прибавка по двум последним по отношению к Росс-140 СВ составила соответственно 17,3 и 36,6%.

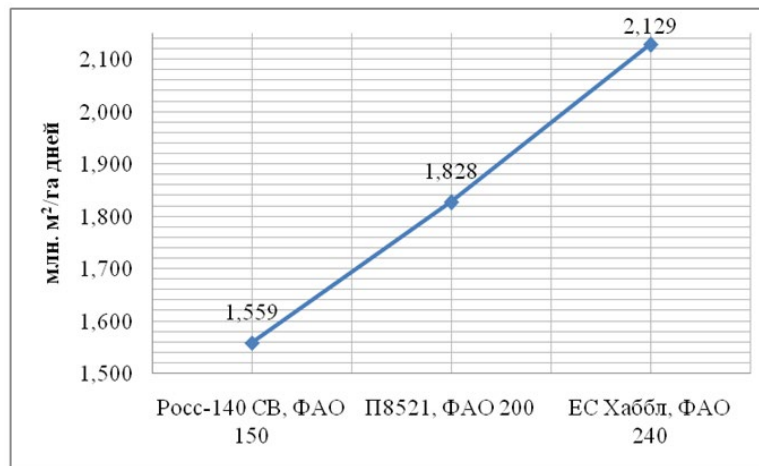


Рис. 1 – Средний фотосинтетический потенциал посева гибридов кукурузы за период вегетации, млн. м²/га дней.

Известно, что эффективность работы листовой пластины сельскохозяйственного растения выражается чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ), характеризующейся интенсивностью ростовых процессов за период вегетации и накоплением органической массы в посевах сельскохозяйственных культур [10, 12].

Согласно таблице 3, на вариантах с гибридами кукурузы наблюдалось повышение показателя чистой продуктивности фотосинтеза от фазы «всходы - появление 5-7-го листа» до фазы «появление 5-7-го листа - выметывание», далее отмечено снижение исследуемого показателя. Это говорит о том, что в фазу «появление 5-7-го листа - выметывание» идет максимальное накопление органического вещества в листьях растений кукурузы. На варианте с Росс-140 СВ ФАО 150 максимальное значение ЧПФ составило 4,71 г/м² сутки. Прибавка на варианте с П8521 ФАО 200 достигла 7,4% и на варианте с ЕС Хаббл ФАО 240 – 22,9%.

Таблица 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы по фазам вегетации, г/м² сутки

Варианты	Фазы вегетации			
	всходы - появление 5-7-го листа	появление 5-7-го листа - выметывание	выметывание - выход нитей початка кукурузы	выход нитей початка кукурузы - молочно-восковая спелость
Росс-140 СВ, ФАО 150	2,34	4,71	3,46	3,04
П8521, ФАО 200	3,35	5,06	3,85	3,17
ЕС Хаббл, ФАО 240	3,56	5,79	4,30	3,24
НСР ₀₅	0,72	0,68	Fφ<Fτ	Fφ<Fτ

Средний показатель чистой продуктивности фотосинтеза за период вегетации в среднем за два года отмечен у раннеспелого Росс-140 СВ, ФАО 150 на уровне 3,39 г/м² сутки. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл прибавка составила 13,9 и 24,5% (рис. 2).

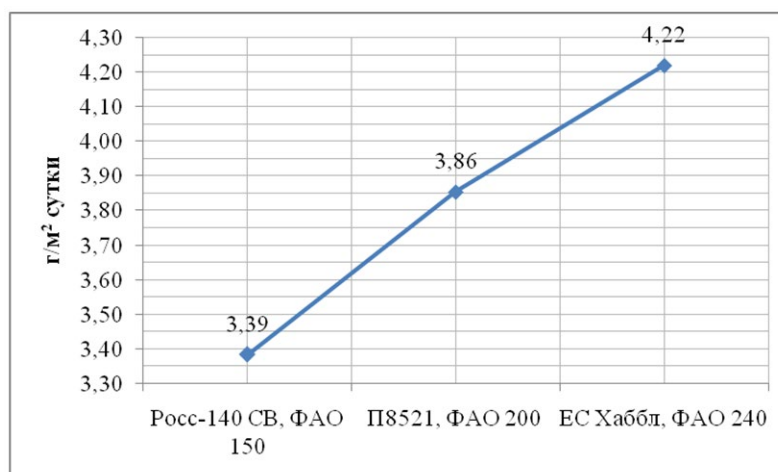


Рис. 2 – Чистая продуктивность фотосинтеза посевов гибридов кукурузы в среднем за период вегетации, г/м² сутки

Различия в таких показателях, как фотосинтетический потенциал, так и чистая продуктивность фотосинтеза, в первую очередь, связана, с количеством дней вегетационного периода.

Заключение. В результате исследований выявлены следующие особенности фотосинтетической деятельности гибридов кукурузы разных групп спелости:

1. К фазе развития гибридов кукурузы «молочно-восковая спелость» отмечен физиологический процесс затухания роста и активности листьев. В эту фазу средняя площадь листовой пластины раннеспелого гибрида Росс-140 СВ, ФАО 150 достигла 41,0 тыс. м²/га. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл, ФАО 240 прибавка составила соответственно 6,8 и 17,8%.

2. Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы за весь период вегетации в среднем выявлен у раннеспелого гибрида Росс-140 СВ на уровне 1,559 млн. м²/га дней. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл, ФАО 240 прибавка составила соответственно 17,3 и 36,6%.

3. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза за период вегетации в среднем за два года отмечен у раннеспелого Росс-140 СВ, ФАО 150 на уровне 3,39 г/м² сутки. У среднеранних гибридов П8521, ФАО 200 и ЕС Хаббл, ФАО 240 прибавка составила 13,9 и 24,5%.

Библиография

1. Методические рекомендации по ускоренной селекции высокопродуктивных гибридов кукурузы: методические рекомендации / Н.С. Шпилев, В.Е. Ториков, Н.М. Белоус [и др.]; под редакцией В.Е. Торикова. Брянск : Брянский ГАУ. 2020. 54 с.

2. Евдакова М.В., Резвякова С.В. Фотосинтетическая деятельность кукурузы в связи с листовой подкормкой органоминеральными удобрениями // Вестник аграрной науки. 2021. № 5 (92). С. 26-34. DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.5.26

3. Палийчук А.С. Совершенствование приемов технологии возделывания кукурузы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Пензенский государственный аграрный университет. Пенза, 2018. 23 с.

4. Евдакова М.В. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах гибридов кукурузы различного срока созревания // Продовольственная безопасность как фактор повышения качества жизни: материалы Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Орел, 29 сентября 2021 года. Орел : Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина. 2021. С. 405-411.

5. Новичихин А.М., Шеглов Н.В. Эффективность применения современных агропрепаратов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Вестник Мичуринского ГАУ. 2015. № 3. С. 40-47.

6. Бирагова В.В. Продуктивность гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции в зависимости от применения удобрений, гербицидов, биопрепаратов, и новых наноудобрений / В.В. Бирагова, М.Х. Хамзатова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. № 2, 51. С. 21-27.

7. Гаврюшина И.В., Семина С.А. Регулирование параметров фотосинтеза кукурузы препаратами с микроэлементами // Сурский вестник. 2018. № 4 (4). С. 25-30.

8. Семина С.А., Гаврюшина И.В. Фотосинтетическая деятельность кукурузы в зависимости от условий минерального питания // Нива Поволжья. № 4 (45), ноябрь 2017.

9. Васильченко С.А., Метлина Г.В. Влияние минеральных удобрений с микроэлементами на продуктивность гибридов кукурузы различных групп спелости // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 4. – С. 8-11.

10. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М. : Изд-во АН СССР. 1965. 170 с.

11. Коломейченко В.В. К методике фотосинтетической деятельности в посевах сельскохозяйственных культур // Труды Тульской государственной сельскохозяйственной опытной станции. Тула : Приокское кн. изд-во. 1972. Т.4. С. 198-210.

12. Карпилов Ю.С. Фотосинтез кукурузы // Особенности структуры и функций фотосинтетического аппарата. Пушкино-на-Оке. 1974. 170 с.

13. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

References

1. Guidelines for accelerated breeding of highly productive maize hybrids: guidelines / N.S. Shpilev, V.E. Torikov, N.M. Belous [and others]; edited by V.E. Torikov. Bryansk : Bryansk State Agrarian University. 2020. 54 p.

2. Evdakova M.V., S.V. Rezvyakov. Photosynthetic activity of corn in connection with foliar feeding with organomineral fertilizers. Bulletin of Agrarian Science. 2021. № 5 (92). pp. 26-34. DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.5.26

3. Paliychuk A.S. Improving the methods of corn cultivation technology in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga // Abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Penza State Agrarian University. Penza, 2018. 23 p.

4. Evdakova M.V. Photosynthetic activity of plants in crops of corn hybrids of different ripening periods // Food security as a factor in improving the quality of life: materials of the National (All-Russian) scientific and practical conference, Orel, September 29, 2021. Orel : Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina. 2021, pp. 405-411.

5. Novichikhin A.M., Shcheglov N.V. The effectiveness of the use of modern agricultural products in the technologies of cultivation of agricultural crops // Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University. 2015. № 3. P. 40-47.

6. Biragova V.V. Productivity of corn hybrids of domestic and foreign selection depending on the use of fertilizers, herbicides, biological products, and new nanofertilizers / V.V. Biragova, M.Kh. Khamzatova // Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2014. № 2, 51. S. 21-27.

7. Gavryushina I.V., Semina S.A. Regulation of parameters of photosynthesis of corn by preparations with microelements // Sursky Vestnik. 2018. № 4 (4). Pp. 25-30.

8. Semina S.A., Gavryushina I.V. Photosynthetic activity of corn depending on the conditions of mineral nutrition // Niva Povolzhya. № 4 (45), November 2017.

9. Vasilchenko S.A., Metlina G.V. Influence of mineral fertilizers with microelements on the productivity of corn hybrids of different ripeness groups // Grain Economy of Russia. – 2015. – № 4. – P. 8-11.

10. Nichiporovich A.A. Photosynthetic activity of plants in crops. M. : Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 1965. 170 p.
11. Kolomeichenko V.V. On the methodology of photosynthetic activity in crops of agricultural crops // Proceedings of the Tula State Agricultural Experimental Station. Tula : Priokskoye Prince publishing house 1972. V. 4. Pp. 198-210.
12. Karpilov Yu.S. Maize photosynthesis // Features of the structure and functions of the photosynthetic apparatus. Pushchino-on-Oka. 1974. 170 p.
13. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

Сведения об авторах

Мария Викторовна Евдакова, ассистент кафедры Защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», e-mail: maria.evdakova@yandex.ru;

Светлана Викторовна Резвякова, доктор с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», e-mail: lana8545@yandex.ru;

Наталья Ивановна Ботуз, кандидат с.-х. наук, доцент, доцент кафедры защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», e-mail: botuzn@mail.ru.

Information about the author

Maria Viktorovna Evdakova, assistant of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, FSBEI HE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina», e-mail: maria.evdakova@yandex.ru;

Svetlana Viktorovna Rezvyakova, Doctor of Agricultural Sciences Sci., Associate Professor, Head of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, FSBEI HE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina», e-mail: lana8545@yandex.ru;

Natalia Ivanovna Botuz, Ph.D. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, FSBEI HE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina», e-mail: botuzn@mail.ru.

УДК 631.526.32:635.656(470.32)

А.С. Кобяков, И.В. Оразаева, А.Н. Воронин

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ЛИНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

Аннотация. Полевые и лабораторные исследования по оценке хозяйственно-биологических признаков и свойств гороха посевного (*Pisum sativum* L.) были проведены на базе Центра селекции в растениеводстве в 2020-2022 годах на полях Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина. Полевые и лабораторные исследования закладывались в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», в почвенно-условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона. В статье приведены результаты многолетнего испытания сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L.). За три года было испытано 72 образца гороха в шестикратной повторности, в число которых вошли сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, сорта местной и инорайонной селекции, не включенные реестр, а также новые перспективные линии, созданные в Белгородском ГАУ. В условиях глобального потепления продолжительность вегетационного периода сортов гороха посевного находилась в пределах от 61 до 72 суток, содержание белка в семенах 22,1-до 31,4%. Потенциал продуктивности зерна сортов и линий гороха посевного Модус, Линия 37/16 и Харбел составил 3,5-4,5 т/га. В результате проведенной работы было выделено 13 образцов, которые превышали стандартный сорт Девиз. При средней урожайности 258,7 г/м² их урожай превышал её от 2,9 до 35,6%. Самой высокой продуктивностью обладали: Харбел – 367,3 г/м²; Интеграл – 348,2 г/м², Модус – 312,5 г/м², Линия 37/16 – 302,1 г/м². Селекционную ценность в качестве источников засухоустойчивости представляют сорта Харбел и Интеграл со стабильно высокими по годам показателями урожайности (367,3-348,2 г/м², CV=0,7...1,5%). Как показали исследования, сорта современной селекции превосходили стандартный сорт как по признаку продуктивности, так и по сбору белка с единицы площади и были значительно более технологичными в период созревания.

Ключевые слова: горох посевной, сортоизучение, урожайность.

ECONOMIC AND BIOLOGICAL ASSESSMENT OF VARIETIES AND LINES OF SEED PEAS

Abstract. Field and laboratory studies to assess the economic and biological characteristics and properties of seed peas (*Pisum sativum* L.) were conducted on the basis of the Plant Breeding Center in 2020-2022 in the fields of the Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. Field and laboratory studies were laid in accordance with the «Methodology of the state variety testing of agricultural crops», in the soil conditions of the southwestern part of the Central Chernozem region. The soil cover of the site is represented by typical medium-sized low-humus chernozem of heavy loamy granulometric composition. The plot area is 1 m². The article presents the results of long-term testing of varieties of seed peas (*Pisum sativum* L.). In three years, 72 samples of peas were tested in six-fold repetition, which included varieties included in the State Register of Breeding Achievements, varieties of local and non-district selection not included in the register, as well as new promising lines created in Belgorod GAU. The breeding material was studied according to a complex of economically valuable characteristics: the length of the growing season, productivity, plant height and protein content in the grain. In conditions of global warming, the duration of the growing season of varieties of seed peas ranged from 61 to 72 days, the protein content in seeds was 22,1% to 31,4%. The productivity potential of grain varieties and lines of seeded peas, Line 37/16 and Harbel was 3,5-4,5 t/ha. As a result of the work carried out, 13 samples were identified that exceeded the standard Motto variety with an average yield of 258,7 g/m², their yield exceeded it from 2,9 to 35,6%. The highest productivity was possessed by: Harbel – 367,3 g/m²; Integral – 348,2 g/m², Modus – 312,5 g/m², Line 37/16 – 302,1 g/m². The breeding value as sources of drought resistance is represented by the varieties Harbel and Integral with consistently high yield rates over the years (367,3-348,2 g/m², CV=0,7...1,5%). Studies have shown that the varieties of modern breeding were superior to the standard variety both in terms of productivity and in terms of protein collection per unit area and were significantly more technologically advanced during the maturation period.

Keywords: seed peas, variety study, yield.

Введение. Горох относится к семейству Бобовых (Род: *Pisum*, подсемейство: *Faboideae*, триба: *Fabeae*), которое обладает важным экологическим преимуществом, поскольку способствует развитию систем земледелия с низкими затратами за счет фиксации атмосферного азота и служит промежуточной культурой, которая дополнительно сводит к минимуму потребность во внешних ресурсах. Горох посевной в настоящее время занимает второе место после сои как наиболее широко выращиваемая зернобобовая культура в мире с основным производством в регионах с умеренным климатом и глобальным производством 10,4 млн тонн в 2009 году. Семена гороха богаты белком (23-25%), медленно усваиваемым крахмалом (50%), растворимые сахара (5%), клетчатка, минералы и витамины [1].

Горох также был модельной системой в биологии растений со времен работы Грегора Менделя [7]. Фундаментальные открытия Менделя и Дарвина заложили научную основу современной селекции растений в начале 20 века. Аналогичным образом, нынешний прогресс в молекулярной биологии, генетике и биотехнологии произвел революцию в селекции растений, позволив перейти к молекулярной селекции растений и усилив ее междисциплинарный характер [2]. Однако, хотя методы доступны уже более десяти лет, все еще существует большой разрыв между биологами растений, занимающимися фундаментальными исследованиями, и селекционерами растений. Горох (*Pisum sativum* L.) – одна из старейших одомашненных культур в мире [5, 6]. Его ареал происхождения и первоначального одомашнивания находится в Средиземноморье, главным образом на Ближнем Востоке. До культивирования горох вместе с викой, вигной и нутом был частью повседневного рациона охотников-собирателей в конце последнего ледникового периода на Ближнем Востоке и в Европе. Остатки этих бобовых встречаются с высокой частотой в местах, датированных 10-м и 9-м тысячелетиями до н.э., что позволяет предположить, что одомашнивание зерновых бобовых могло даже предшествовать одомашниванию злаков [2, 4].

Цель исследований – сравнительная оценка сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) по продуктивности и хозяйственно-биологическим признакам в условиях Центрально-Черноземного региона.

Материалы, условия и методы исследований. Полевые опыты проводились на базе Центре селекции в растениеводстве опытным поле селекционно-семеноводческим севообороте ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им В.Я. Горина» в 2020-

2022 г. Почва опытного участка представлена черноземом типичным тяжелосуглинистым. Предшественник – яровая пшеница. Посев сортов проводили вручную, повторность – 6 кратная с нормой высева 1,2 млн.

Основой любого селекционного процесса является разнообразие исходного материала с широкой генотипической изменчивостью по основным хозяйственно ценным признакам. В связи с этим мобилизация генетического разнообразия исходных форм – первый и очень важный этап на пути создания новых сортов.

По биологическим признакам горох посевной является умеренной культурой по отношению к температуре. Средне-суточная оптимальная температура воздуха в течение формирования органов растений 12-16°C. Температура выше 26°C, а особенно недостаток влаги, негативно сказывается на количестве и качестве урожая. Общая потребность в тепле большинства видов гороха в период вегетации составляет 1350-1480°.

Горох посевной – культура с высокими потенциальными возможностями. Условия формирования высокой продуктивности часто ограничены в период от прорастания до цветения.

Урожайность – сложный признак, на формирование которого сильное влияние, с одной стороны, оказывают погодные условия в период вегетации растений, с другой стороны – генотип сорта. В настоящее время возможности улучшения агрогенотических свойств сортов культуры за счет селекционного совершенствования корневой системы далеко не исчерпаны [3]. При том, что основными лимитирующими факторами являются температура и влагообеспеченность в период роста и развития растений. Кроме того, сорт является интегральным показателем, характеризующим пригодность сортов для их внедрения в производство. Уровень урожайности (табл.1) в период проведения исследований за все годы исследований зависел от погодных условий.

Таблица 1 – Продуктивность лучших образцов гороха, г/м²

№ п/п	Название образца	Урожайность				± к St
		2020	2021	2022	Среднее	
1	Девиз	308,5	256,3	331,4	298,7	–
2	Модус	312,2	282,8	342,5	312,5	+13,8
3	Фокор	319,5	290,2	350,5	320,1	+21,4
4	Аксайский усатый 5	300,1	260,3	334,6	298,3	-0,4
5	Таловский 70	303,5	263,1	333,8	300,1	+1,4
6	КВС Ла Манш	300,2	306,5	337,9	314,9	+16,2
7	Сантана	322,2	280,5	359,7	320,8	+22,1
8	Стабил	306,6	261,3	319,0	295,6	-3,1
9	Эсо	274,3	225,2	308,1	269,2	-29,5
10	Болдор	320,0	298,2	334,2	317,5	+18,8
11	Мадонна	306,2	261,2	336,2	301,2	+2,5
12	Эйфель	296,5	268,2	325,7	296,8	-1,9
13	Харбел	375,0	332,3	394,6	367,3	+68,6*
14	Интеграл	341,1	335,5	368,1	348,2	+49,5*
15	Союз – 2	310,3	266,3	333,7	303,4	+4,7
16	Джекпот	317,0	302,1	341,1	320,1	+21,4
17	Клеопатра	320,2	279,6	332,1	310,6	+11,9
18	Мадрас	320,6	298,9	339,9	319,8	+21,1
19	Спартак	326,5	299,5	342,8	322,9	+24,2
20	Линия 37/16	309,1	267,0	330,2	302,1	+3,4
21	Линия 126/07	305,4	251,3	326,1	294,3	-4,4
22	Линия 340/12	361,9	318,3	376,2	352,1	+53,4*
23	Линия 201/20	300,9	285,3	320,8	302,3	+3,6
24	Линия 314/21	341,0	303,9	359,6	335,8	+37,1*
25	Линия 267/14	368,2	338,4	390,4	365,7	+67,0*
НСР ₀₅						31,2

* - образцы достоверно превысившие стандартный сорт при 95% уровне значимости

Наибольшая урожайность отмечена в 2022 году – это объясняется повышенным количеством осадков в период цветения-образования бобов, так среднесортная урожайность составила 315,6 г/м². Наименьшая же урожайность отмечена в 2019 засушливом году – 245,1 г/м². За весь период проведения исследований самая высокая урожайность сформировалась у перспективного сорта Харбел и Линии 267/14, которые относят к усатому морфотипу, и их урожайность составила 367,3 и 365,7 г/м², что на 68,6 и 67,0 г/м², выше, чем у стандартного сорта Девиз (298,7 г/м²).

Таблица 2 – Характеристика сортов и линий гороха по показателям продуктивности (среднее за 2020-2022 гг.)

№ п/п	Название образца	Длина стебля, см	Число на растение, шт		Масса	
			бобов	семян	семян, г/раст.	1000 семян, г
1	Девиз	66,3	5,1	22,5	5,5	246,4
2	Модус	68,2	4,9	20,1	5,1	262,2
3	Фокор	60,3	5,0	21,8	4,9	244,4
4	Аксайский усатый 5	61,2	4,8	18,2	4,3	229,9
5	Таловский 70	59,4	4,6	19,8	4,9	252,6
6	КВС Ла Манш	62,8	5,0	21,5	5,3	230,8
7	Сантана	61,7	4,8	21,1	4,9	236,2
8	Стабил	69,2	4,5	19,1	4,8	250,8
9	Эсо	64,8	4,3	20,5	4,7	227,7
10	Болдор	65,2	5,0	21,0	4,8	237,8
11	Мадонна	62,9	4,5	19,8	4,7	249,4
12	Эйфель	63,4	5,4	20,4	4,7	252,3
13	Харбел	54,3	5,1	20,7	5,4	291,7
14	Интеграл	52,4	5,0	21,3	5,7	280,4
15	Союз – 2	72,3	5,4	23,2	5,6	233,5
16	Джекпот	65,6	5,2	22,4	5,4	235,4
17	Клеопатра	60,9	4,4	20,3	4,6	237,8
18	Мадрас	59,4	4,7	19,7	5,0	233,5
19	Спартак	59,7	5,1	22,1	5,4	237,1
20	Линия 37/16	60,2	5,6	23,4	5,6	233,5
21	Линия 126/07	76,9	5,4	21,6	5,1	241,2
22	Линия 340/12	54,3	5,7	23,0	5,8	265,4
23	Линия 201/20	64,8	4,2	19,1	4,5	255,6
24	Линия 314/21	66,7	4,8	20,4	5,4	255,1
25	Линия 267/14	54,8	5,7	23,4	5,9	267,5

По результатам проведенных исследований было выявлено значительные различия элементов продуктивности у всех изучаемых сортов и линий. Наибольшая вариация по элементам продуктивности отмечена по таким признакам: масса 1000 семян, масса семян с растения и число семян с растения.

Рост стеблей у гороха продолжается до полного созревания. Исследователями установлено, что длина стебля зависит от генетических особенностей, метеорологических факторов, агротехнических приемов и других причин. Длина стебля наряду с морфотипом является одним из важных показателей, косвенно характеризующих пригодность сортов к механизированной уборке. При анализе изучаемых сортов и линий гороха посевного было выявлено, что сорта усатого морфотипа имели более низкую высоту стебля по сравнению с листочковым морфотипом. Наименьшая длина стебля в среднем за 3 года исследований отмечена у перспективных сортов Интеграл и Харбел – 52,4 и 54,3 см соответственно, что на 13,9 и 12,0 см ниже, чем у стандартного сорта Девиз (66,3 см). Средняя высота растений по опыту за 3 года составила 62,7 см. У селекционных линий значение признака находилось в пределах от 54,3 см (Линия 340/12) до 76,9 см (Линия 126/07).

Масса семян с растения характеризует продуктивность 1 растения и в большей степени является одной из величин, слагающих общую урожайность. При проведении структурного анализа растений гороха было установлено, что масса зерна с растения у разных сортов неодинакова, диапазон вариации составлял от 4,3 до 5,9 г/растение. Наибольшая масса зерна у растений отмечена у селекционной Линии 267/14 – 5,9 г/растение, наименьшая у сорта Аксайский усатый 5 – 4,3 г/растение.

Количество семян с растения – один из важных показателей, вносящий значительный вклад в общую продуктивность агроценоза. Данный признак показывает взаимосвязь между количеством продуктивных узлов на растении, количеством бобов на продуктивном узле и количеством семян в бобе. В наших исследованиях количество семян с растения находилось в пределах от 18,2 шт. у сорта Аксайский усатый 5 до 23,4 шт. у линий Линия 37/16 и Линия 267/14, значение данного показателя у стандартного сорта составило 22,5 шт. с растения.

Крупность или масса 1000 семян является показателем, который в меньшей степени подвержен влиянию условий среды и имеет высокий коэффициент наследуемости и контролируется в большинстве случаев по типу доминирования и сверхдоминирования и поэтому представляет большой интерес в селекции на продуктивность. В наших исследованиях в среднем за 2019-2022 годы высокой массой 1000 семян выделялись сорта Харбел (291,7 г), Интеграл (280,4 г), Линия 340/12 (265,4 г). Минимальной массой 1000 семян характеризовались – Аксайский усатый 5 (229,9 г), Эсо (227,7 г), КВС Ла Манш (230,8 г).

Заключение. В наших исследованиях (2019-2022 гг.) семенная продуктивность образцов коллекции варьировала в пределах от 4,3 до 5,9 г/растение. Высокопродуктивными во все годы исследований были: сорта – КВС Ла Манш, Спартак, Джекпот, Харбел, Девиз, Союз-2, Интеграл и Линии – 37/16, 314/21, 340/12 и 267/14. В результате проведенных трехлетних исследований нами установлено, что наиболее высокая биологическая урожайность семян была отмечена у перспективных сортов Харбел (367,3 г/м²) и Интеграл (348,2 г/м²), а также линии – Линия 340/12 (352,1 г/м²), Линия 314/21 (335,8 г/м²) и Линия 267/14 (365,7 г/м²) – все образцы относятся к усатому морфотипу. Новые сорта гороха посевного (Интеграл и Харбел) превосходили стандартный сорт Девиз по 1000 семян на 13,8-18,3%.

Библиография

1. Амелин, А.В. Селекция на повышение фотозенергетического потенциала растений и эффективности его использования, как стратегическая задача в обеспечении импортозамещения и продовольственной безопасности России / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (57). – С. 9-17.

2. Амелин, А.В. Морфофизиологические достоинства и недостатки современных сортов. Дальнейшие пути их совершенствования у зернобобовых и крупяных культур / А.В. Амелин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3 (36). – С. 10-15.
3. Амелин, А.В. Адаптивные способности растений гороха и их изменения в результате селекции (Обзорная статья) / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 4-14. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11081. – EDN DQPBCM.
4. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации / Г.А. Дебелый // Зернобобовые и крупяные культуры. – Орел : ВНИИЗБК, 2012. – № 2. – С. 31-35.
5. Косолапов, В.М. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных / В.М. Косолапов, А.И. Фицев, А.П. Гаганов, М.В. Мамаев. – М. : РАСХН, 2009. – С. 326-371.
6. Макашева, Р.Х., Хангильдин, В.В. Генетика культурных растений: зернобобовые, овощные, бахчевые // Основные направления и методы селекции гороха. – Л., 1990. – С. 59.
7. Оразаева, И.В. Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от инокуляции семян и азотного удобрения / И.В. Оразаева, А.А. Муравьев // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 4. – С. 34-37. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10407.

References

1. Amelin, A.V. Selection to increase the photoenergetic potential of plants and the efficiency of its use as a strategic task in ensuring import substitution and food security of Russia / A.V. Amelin, E.I. Chekalin // Bulletin of the Orel State Agrarian University. – 2015. – № 6 (57). – Pp. 9-17.
2. Amelin, A.V. Morphophysiological advantages and disadvantages of modern varieties. Further ways of their improvement in leguminous and cereal crops / A.V. Amelin // Bulletin of the Orel State Agrarian University. – 2012. – № 3 (36). – P. 10-15.
3. Amelin, A.V. Adaptive abilities of pea plants and their changes in the result of breeding (Review article) / A.V. Amelin, E.I. Chekalin // Leguminous and cereal crops. – 2019. – № 2 (30). – Pp. 4-14. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11081. – EDN DQPBCM.
4. Debely, G.A. Leguminous crops in the world and the Russian Federation / G.A. Debely // Leguminous and cereal crops. – Orel : VNIIZBK, 2012. – № 2. – Pp. 31-35.
5. Kosolapov, V.M. Peas, lupin, vetch, beans: evaluation and use in feeding farm animals / V.M. Kosolapov, A.I. Fitsev, A.P. Gaganov, M.V. Mamaev. – M. : RASKHN, 2009. – P. 326-371.
6. Makasheva, R.H., Hangildin, V.V. Genetics of cultivated plants: leguminous, vegetable, melon // Main directions and methods of pea breeding. – L., 1990. – P. 59.
7. Orazava, I.V. Indicators of productivity of soybean varieties depending on the inoculation of seeds and nitrogen fertilizer / I.V. Orazava, A.A. Muravyev // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2018. – Vol. 32. – № 4. – Pp. 34-37. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10407.

Сведения об авторах

Кобыakov Александр Сергеевич, преподаватель агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: 8-980-528-70-90, e-mail: kobyakov_as@bsaa.edu.ru;

Оразаева Ирина Владимировна, кандидат с.-х. наук, доцент, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: 8-906-604-88-82, e-mail: i-orazava@yandex.ru;

Воронин Александр Николаевич, доктор с.-х. н., доцент, заместитель директора по науке, «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: Voronin_AN@bsaa.edu.ru.

Information about authors

Kobyakov Alexander Sergeevich, Lecturer of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, contact phone: 8-980-528-70-90, e-mail: kobyakov_as@bsaa.edu.ru;

Orazava Irina Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, contact phone 8-906-604-88-82, e-mail: i-orazava@yandex.ru;

Voronin Alexander Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Science, Belgorod FANC RAS, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: Voronin_AN@bsaa.edu.ru.

УДК 631.559:(633.11"324"+633.34+633.854.78)

Е.Г. Котлярова, О.С. Кузьмина, Е.В. Ковалева

ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, СОИ И ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Аннотация. Цель исследования: оценить влияние агроэкологических условий возделывания озимой пшеницы, сои и подсолнечника на изменчивость их урожайности. Исследования проводились в ЗАО «Краснояржская зерновая компания», отделения которой расположены в 7 районах Белгородской области (юго-запад ЦЧЗ). Выявлена высокая изменчивость влагообеспеченности ($C_v=7,6-22,3\%$), в большей степени в «восточных» районах. Среднегодовая температура воздуха плавно увеличивалась в среднем на $0,4-0,7^\circ\text{C}$, превышение над среднелетними показателями составили в 2010-2014 гг. $1,1-1,3^\circ\text{C}$, в 2016-2020 гг. – $1,6-1,8^\circ\text{C}$. Изменения всех показателей плодородия недостоверны, что свидетельствует об отсутствии их решающего влияния в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур. Несмотря на высокую нестабильность погодных условий и отсутствие значимого улучшения показателей плодородия почв урожайность основных сельскохозяйственных культур в отделениях ЗАО «КЗК» значительно выше в период освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) с 2016 по 2020 гг. по сравнению с предшествующим периодом. Достоверно выше средняя урожайность по озимой пшенице и сое: прибавки составили соответственно 1,1 т/га или 31% и 0,5 т/га или 28%. Значительна прибавка урожайности подсолнечника – 0,4 т/га или 18%. Наибольшее увеличение урожайности отмечается в юго-восточных районах: Старооскольском и Чернянском, где изначально данный показатель был наименьшим. Прирост урожайности озимой пшеницы в Чернянском районе составил 37,8%, в Старооскольском – 74,2%, подсолнечника – 13 и 32%, сои – 41,1 и 27,8% соответственно. Очевидно, что освоение АЛСЗ стабилизирует производство, смягчая экстремальные климатические условия восточных районов. Стабилизацию производства подтвердило уменьшение коэффициентов вариации урожайности между отделениями с течением времени при переходе на адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, соя, подсолнечник, урожайность, плодородие, метеоусловия, экономическая эффективность.

VARIABILITY OF WINTER WHEAT, SOYBEAN AND SUNFLOWER YIELDS DEPENDING ON AGROECOLOGICAL CONDITIONS

Abstract. Objective research: to assess the impact of agroecological conditions of cultivation of winter wheat, soybeans and sunflower on the yield variability. The research was carried out in CJSC Krasnoyarskaya Grain Company, whose branches are located in 7 districts of the Belgorod region (southwest of the Central Chernozem zone). High variability of moisture availability ($C_v=7.6-22.3\%$) was revealed, mostly in the «eastern» areas. The average annual air temperature steadily increased by an average of $0.4-0.7^\circ\text{C}$, the excess over the long-term average was $1.1-1.3^\circ\text{C}$ in 2010-2014, $1.6-1.8^\circ\text{C}$ in 2016-2020. Changes in all fertility indicators are unreliable, which indicates the absence of their decisive influence in increasing crop yields. Despite the high instability of weather conditions and the absence of a significant improvement in soil fertility indicators, the yield of the main crops in the branches of CJSC «KGC» is significantly higher during the development of adaptive landscape farming systems (ALFS) from 2016 to 2020 compared to the previous period. The average yield for winter wheat and soybeans was significantly higher: the increases were 1.1 t/ha or 31% and 0.5 t/ha or 28%, respectively. The increase in sunflower yield was – 0.4 t/ha or 18%. The greatest increase in yield is observed in the south-eastern regions: Starooskolsky and Chernyansky, where initially this indicator was the lowest. The increase in the yield of winter wheat in Chernyansky district was 37.8%, in Starooskolsky – 74.2%, sunflower – 13 and 32%, soybeans – 41.1 and 27.8%, respectively. It is obvious that the development of ALFS stabilizes production, mitigating the impact of extreme climatic conditions in the eastern districts. The production stabilization was confirmed by a decrease in the coefficients of yield variation between branches over time during the transition to adaptive landscape farming systems.

Keywords: winter soft wheat, soybeans, sunflower, yield, fertility, weather conditions, economic efficiency.

Введение. В последнее десятилетие в аграрном секторе Белгородской области произошли значительные изменения. Прежде всего, широкомасштабный переход на современные адаптивно-ландшафтные системы земледелия (АЛСЗ), которые являются результатом комплексного подхода в проектировании агротехнологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от конкретных условий не только хозяйства в целом, но и каждого поля, а также всемерное освоение противоэрозионных мероприятий, целью которых является предотвращение деградации земель и на этой основе рациональное использования и антропогенных, и природных ресурсов [9, 11].

Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур способствовало повышению их урожайности, о чем свидетельствуют статистические данные по результатам деятельности в Белгородской области, которая является лидирующей в России по многим аспектам аграрного производства [12, 18].

Хорошо известно, что уровень урожайности сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется климатическими условиями региона возделывания [1, 2, 4, 8]. Многочисленные исследования показали, что в последнее время происходит существенное изменение климата и крайняя неравномерность метеоусловий в отдельные годы [5, 6, 10, 12, 15-17]. Белгородская область характеризуется значительными колебаниями погодных условий в зависимости от агроклиматического района, что определяет различия в уровне урожайности сельскохозяйственных культур в западных, северо-западных и восточных, юго-восточных районах области [3, 7, 14].

Цель исследований. Цель исследования: оценить влияние агроэкологических условий возделывания основных сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, соя, подсолнечник) на изменчивость их урожайности в ЗАО «Краснояржская зерновая компания».

Материалы и методы. Исследования проводились в ЗАО «Краснояржская зерновая компания», которая имеет 7 отделений, расположенных в различных административных районах Белгородской области. Район землепользования (юго-запад ЦЧЗ) характеризуется умеренно континентальным климатом: с жарким летом и сравнительно холодной зимой. Сред-

негодовая температура воздуха составляет 6,4°C, среднегодовое количество осадков 420-590 мм в год, гидротермический коэффициент (ГТК) находится на уровне 0,9-1,2.

Землепользования отделений ЗАО «КЗК» попадают во все три агроэкологических района Белгородской области (рис. 1). В зависимости от расположения отделения заметно меняется гидротермический режим.

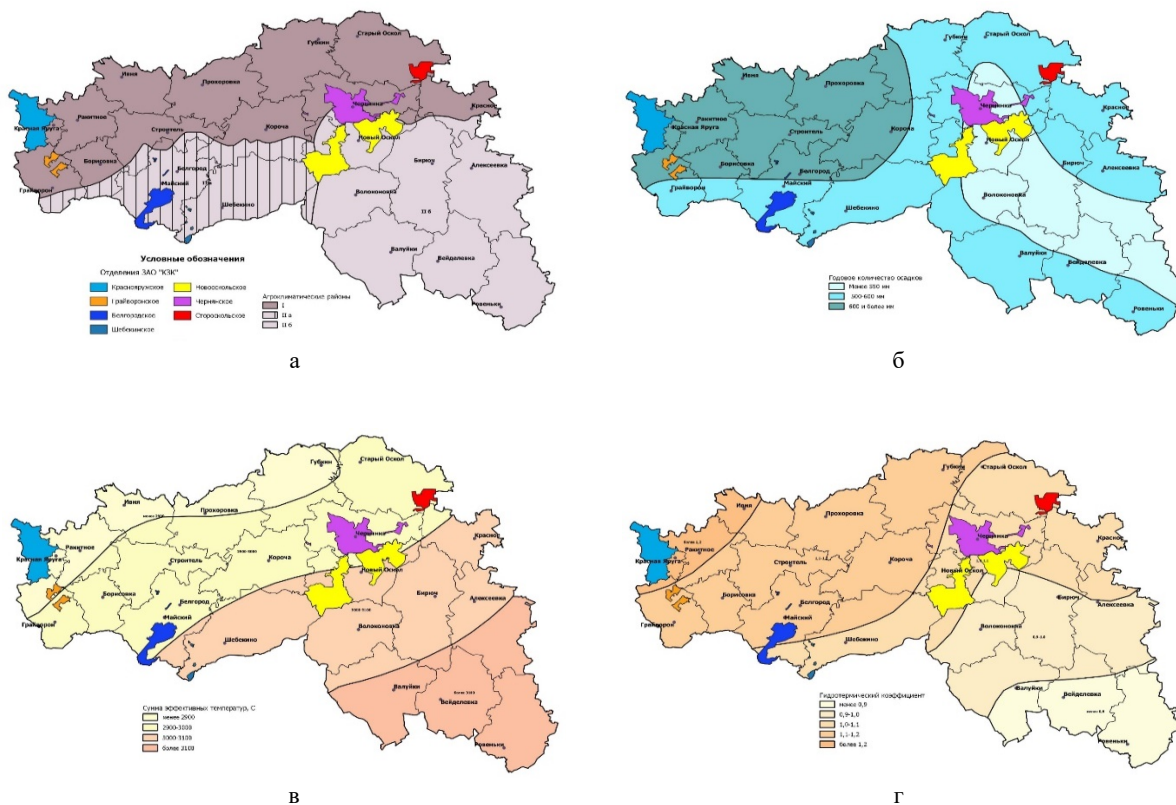


Рис. 1 – Характеристика агроклиматических условий (а – агроэкологические районы, б – влагообеспеченность, в – теплообеспеченность, г – ГТК) отделений ЗАО «Краснояржская зерновая компания»

Пашня отделений располагается преимущественно на склонах до 5° – 93-97%, в Новооскольском – 89%. Доля южных склонов порядка 20-30%, наибольшая в Грайворонском районе – 37%. В почвенном покрове преобладают наиболее плодородные черноземные и темно-серые лесные почвы – 89-99% – тяжелосуглинистого гранулометрического состава; в Чернянском районе 17% супесчаных почв. Доля эродированных почв меняется от 22% в Старооскольском до 58% – в Грайворонском районе.

В исследовании использовались фактические данные по урожайности озимой пшеницы, сои и подсолнечника по всем отделениям ЗАО «Краснояржская зерновая компания» за два временных периода 2010-2014 гг. и 2016-2020 гг., а также результаты двух туров агрохимического обследования – 9 и 11 циклов, приуроченных к вышеуказанным изучаемым периодам. Кроме того, оценивались данные погодных условий метеорологических станций Белгородской области: Готнянской, Белгородской, Новооскольской и Старооскольской, которые находятся в максимальном приближении от территорий землепользований отделений компании.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010. Показатели экономической эффективности рассчитывались с учетом фактических цен на растениеводческую продукцию и фактических затрат компании на ее производство, сложившихся на конец изучаемых временных периодов, т.е. 2014 и 2020 гг.

Результаты и обсуждение. Для оценки изменчивости урожайности по трем основным культурам, возделываемым в ЗАО «Краснояржская зерновая компания» – озимая пшеница, соя и подсолнечник – использовались средние данные по отделениям за два периода. Первый – с 2010 по 2014 гг. – период до начала разработки проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв и второй – с 2016 по 2020 гг. – период его реализации.

Установлено, что в среднем по отделениям в период 2010-2014 гг. урожайность озимой пшеницы составляла 4,2 т/га, изменяясь от 3,1 т/га в отделении Старооскольского района до 5,3 т/га – в Краснояржском (рис. 2).

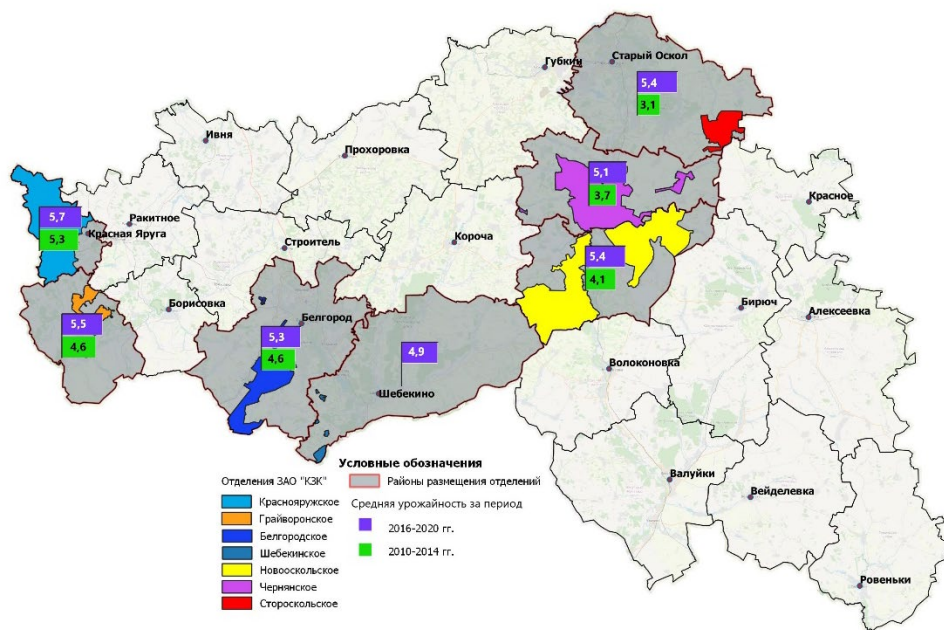


Рис. 2 – Урожайность озимой пшеницы в отделениях ЗАО «КЗК»

При этом коэффициент вариации в тот период был равен 18,3%, что больше 10%, а это, в свою очередь, свидетельствует о высокой неоднородности изучаемой совокупности данных. Причиной высокой изменчивости урожайности могли быть не только различия в природно-климатических факторах, но и в условиях хозяйствования, поскольку ЗАО «Краснояружская зерновая компания» формировалась накануне – в 2007-2009 гг., объединяя земли различных сторонних организаций. В начальный период ведения ее деятельности происходила отработка и в значительной степени унификация технологий возделывания культур, конечно, с учетом погодных и почвенно-ландшафтных условий. Однако естественные процессы имеют значительную инерцию, что и отразилось на уровне урожайности. Природа сельскохозяйственного производства двойная: естественная (зависит от состояния окружающей среды) и искусственная (подчинена воли человека); и тот, и другой фактор реализовался в различных условиях хозяйствования, а, значит, были сильно дифференцированы обстоятельства формирования урожая.

Характерно снижение уровня урожайности озимой пшеницы в этот период по отделениям с запада на восток – в направлении усложнения климатических условий, прежде всего, влагообеспеченности.

В следующий период с 2016 по 2020 гг. отмечалось достоверное на 5%-уровне повышение средней по компании урожайности культуры на 1,1 т/га или 31% ($НСР_{05}=0,68$ т/га). Причем различия между отделениями составили 0,8 т/га, что значительно ниже, чем в первый период (2,3 т/га) и обусловили низкий коэффициент вариации 4,9%. Можно предположить, что снижение изменчивости урожайности по отделениям произошло вследствие совершенствования технологий возделывания, с одной стороны, и, с другой стороны, в результате положительного влияния освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия в целом. При этом в разрезе отделений прибавки урожайности составили от 7,5 до 74,2%, наибольшие отмечены в восточных районах: Новооскольском, Чернянском и Старооскольском, как раз там, где в первый период урожайности была минимальной.

Анализ динамики урожайности сои выявил сходные тенденции: более высокая вариабельность показателя по районам в период 2010-2014 гг. При этом коэффициент вариации 9,7% был чуть ниже 10%, очевидно вследствие того, что условия для формирования урожая сои были более выровненными или, другими словами, соя, как культура, более пластичная по сравнению с озимой пшеницей в условиях Белгородской области. Тем не менее, последующий период характеризуется снижением коэффициента вариации до 4,5%, который обусловлен, очевидно, схожими причинами: одними принципами хозяйствования и положительным влиянием АЛСЗ. Произошло существенное повышение среднего уровня урожайности на 0,5 т/га ($НСР_{05}=0,18$ т/га) или 28% до 2,4 т/га в целом по компании.

Так же, как и в случае озимой пшеницы урожайность сои в восточных районах имела больший прирост (на 28-41%), чем в западных районах, в которых увеличение урожайности составило 18-28%. Тем не менее, максимальная урожайность была получена также в Краснояружском районе (рис. 3).

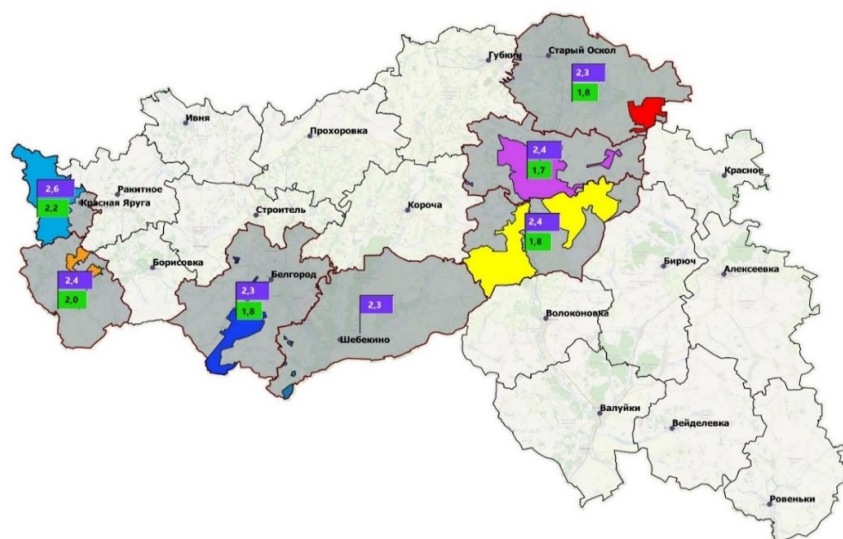


Рис. 3 – Урожайность сои в отделениях ЗАО «КЗК»

Важнейшая конкурентоспособная для нашего региона культура – это подсолнечник. В отличие от двух предыдущих культур подсолнечник имеет ограничения по возделыванию в агроценозах, прежде всего, вследствие его биологических особенностей (длительный период возврата на прежнее место), а также технологии возделывания. Как пропашная культура подсолнечник не может размещаться в севооборотах на склонах крутизной более 3°. Это ограничение законодательно закреплено в Белгородской области, где его доля в структуре посевных площадей не должна превышать 10%.

К сожалению, в отделениях компании западных районов – Краснояружском и Грайворонском – подсолнечник не возделывается. Вследствие чего анализ изменчивости урожайности культуры лимитирован центральными и восточными районами. Тем не менее, показано, что урожайность в среднем за 2016-2020 гг. выше по сравнению с предшествующим пятилетием на 0,4 т/га или 18%, хотя данная разница статистически недостоверна.

Однако в пользу положительного характера выявленной тенденции свидетельствует снижение коэффициента вариации показателя с 12,9 до 10,7%. Максимальная урожайность подсолнечника получена также в более «западном» Белгородском районе и составила 3,1 т/га в период с 2010 по 2014 гг. и 3,5 т/га – с 2016 по 2020 гг. (рис. 4). Минимальная урожайность в оба периода отмечена в Чернянском районе. Это могло быть связано с расположением района в засушливой зоне, ярко выраженной на картограмме влагообеспеченности Белгородской области (рис. 1). Подсолнечник, несмотря на то, что является засухоустойчивой культурой, хорошо отзывается на влагу.

Возможно, что вследствие именно недостатка влаги наименьшая урожайность сои отмечена также в Чернянском районе, а по минимальной урожайности озимой пшеницы Чернянский район (3,7 т/га «кустопал» только Старооскольскому (3,1 т/га) (хотя это справедливо только в период с 2010 по 2014 гг.).

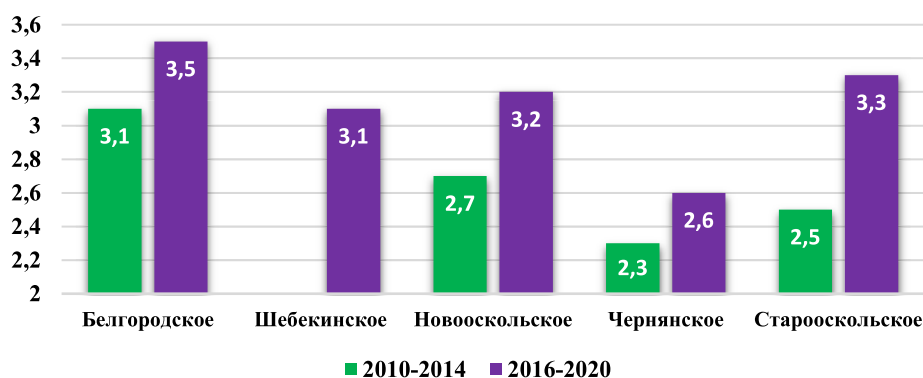


Рис. 4 – Урожайность подсолнечника в отделениях ЗАО «КЗК»

Учитывая, что в компании за прошедшее десятилетие применялись одни и те же агротехнологии, конечно, с необходимыми корректировками в соответствии с оперативной обстановкой в конкретных условиях, можно предположить, что выявленная динамика урожайности по отделениям, расположенным в различных агроэкологических районах области, была следствием вариабельности климатических либо почвенно-ландшафтных условий. Поскольку рельефные условия являются одним из факторов формирования почв, принято решение оценить динамику показателей плодородия почв и тенденции изменения метеоусловий в изучаемые временные периоды.

Динамика показателей плодородия почв в ЗАО «КЗК». В исследовании использовались данные двух – 9 и 11 – туров агрохимического обследования почв землепользования ЗАО «Краснояружская зерновая компания» по всем отделениям, расположенным в семи районах Белгородской области. Оценивались основные показатели плодородия почв такие как содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, pH и Нг.

Установлено некоторое увеличение среднего содержания гумуса с 4,6 до 4,7%. Положительная тенденция подтверждается снижением (хоть и небольшим) коэффициента вариации с 18,6 до 16,3% (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение показателей плодородия почв в отделениях ЗАО «КЗК» за 9 и 11 туры агрохимобследования

Отделение	гумус, %		рН, ед.		P ₂ O ₅ , мг/кг		K ₂ O, мг/кг		Нг, ммоль/ 100 г	
	9 тур	11 тур	9 тур	11 тур	9 тур	11 тур	9 тур	11 тур	9 тур	11 тур
Краснояржское	4,47	4,63	5,60	5,80	136	130	141	116	3,30	2,90
Грайворонское	3,40	3,52	5,50	5,80	103	105	114	114	3,20	2,76
Белгородское	5,20	4,82	5,63	5,85	153	135	146	145	3,38	2,66
Шебекинское	4,60	4,75	5,50	5,32	277	103	244	128	3,85	4,02
Новооскольское	5,40	5,50	5,78	5,88	175	193	190	197	3,00	2,70
Чернянское	3,70	3,84	5,70	5,80	191	212	176	192	3,10	2,80
Старооскольское	5,70	5,51	6,00	6,20	227	182	201	185	2,46	2,10
Среднее	4,60	4,70	5,70	5,80	180	151	173	154	3,20	2,80
C _v , %	18,6	16,3	3,1	4,4	32,2	29,0	25,1	23,8	13,2	20,3
HCP ₀₅	Ff<Ft		Ff<Ft		Ff<Ft		Ff<Ft		Ff<Ft	
Группа по содержанию	среднее		близкое к нейтральным		высокое		высокое		среднее низкое	

Наименьшее содержание гумуса выявлено в Грайворонском (3,4-3,5%) и Чернянском (3,7-3,8%) районах. Снижение показателя зафиксировано в Старооскольском районе – на 0,2%_{абс.} и в Белгородском районе – на 0,4%_{абс.} Содержание подвижных форм фосфора и калия снизилось в среднем на 16 и 11% соответственно. Тем не менее, сохраняя уровень их содержания в области высокой обеспеченности почв этими элементами питания.

Изменение степени кислотности почв имеет положительную тенденцию: рН несколько увеличилось (с 5,7 до 5,8 ед.), характеризуя состояние почвенной среды как «близкое к нейтральным». Стабильность данного показателя высокая – C_v=3,1-4,4%. В пользу улучшения реакции почвенного раствора свидетельствует снижение гидролитической кислотности почв в среднем с 3,2 до 2,8 ммоль/100 г почвы. В почвах только одного района – Шебекинского – отмечено ухудшение показателей степени кислотности и Нг. Это может быть следствием того, что землепользование в этом районе недавно вошло в состав компании и не в полной мере испытало на себе благотворное влияние ее агротехнологий.

Статистическая обработка данных показала, что изменения всех исследуемых показателей недостоверны, т.е. почвенные условия не имели решающего значения в увеличении продуктивности культур, которое в свою очередь по сое и озимой пшенице существенно на 5%-уровне значимости.

В подтверждение этому свидетельствуют рассчитанные коэффициенты корреляции между урожайностью изучаемых культур и показателями плодородия (табл. 2).

Практически все коэффициенты корреляции имеют низкую величину, но что самое главное, они статистически недостоверны. Только три из них свидетельствуют в пользу того, что урожайность озимой пшеницы в период с 2010 по 2014 гг. в определенной степени зависела от реакции почвенной среды и содержания подвижного фосфора.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между урожайностью сельскохозяйственных культур и показателями плодородия почв в течение изучаемых периодов

Показатель	Озимая пшеница		Соя		Подсолнечник	
	2010-2014	2016-2020	2010-2014	2016-2020	2010-2014	2016-2020
Гумус	-0,34	0,05	-0,26	-0,24	0,50	0,74
рН	-0,83*	0,59	-0,51	0,02	-0,44	0,25
P ₂ O ₅	-0,85*	-0,05	-0,66	-0,03	-0,73	-0,49
K ₂ O	-0,79	-0,22	-0,63	-0,31	-0,68	-0,37
Нг	0,86*	-0,60	0,37	-0,04	0,55	-0,23

* – отмечены значения, достоверные на 5%-ном уровне значимости.

Действительно, отмечается снижение урожайности на фоне высокого и очень высокого содержания фосфора в почве и ее повышение при некотором увеличении кислотности почв при переходе в «слабокислую» группу.

Тенденции изменения метеоусловий в агроэкологических районах. В многочисленных исследованиях установлено, что наибольшая доля в изменчивости урожайности культур нашей зоны обусловлена погодными условиями [3, 19, 20]. В связи с этим анализ различий метеоданных в изучаемые периоды по районам расположения отделений ЗАО «КЗК» безусловно представляет интерес.

На рисунке 5 представлены графики изменения годового количества осадков, фиксируемые метеостанциями, приуроченными к районам исследования. Обращает на себя внимание, что линии трендов свидетельствуют об определенной стабильности суммы осадков в среднем по годам периода 2010-2014 гг. и более выраженной тенденции снижения их количества в последующий период – 2016-2020 гг.

Практически не отличаются средние данные по Белгородской и Старооскольской метеостанциям – 465-468 мм в промежутке времени с 2010 по 2014 гг., тогда как в период 2016-2020 различия между ними значительны – 116 мм (табл. 3).

Таблица 3 – Метеоданные в среднем за изучаемые периоды

Метеостанция	Среднегодовая температура воздуха, °С		Годовое количество осадков, мм	
	2010-2014 гг.	2016-2020 гг.	2010-2014 гг.	2016-2020 гг.
Готьянская	7,8 (6,1%*)	8,2 (9,6%)	533 (15,2%)	576 (23,3%)
Белгородская	7,8 (8,8%)	8,5 (10,4%)	465 (7,6%)	575 (20,4%)
Новооскольская	8,1 (4,5%)	8,6 (9,1%)	616 (22,3%)	543 (20,2%)
Старооскольская	7,7 (7,8%)	8,1 (10,1%)	468 (21,0%)	459 (11,6%)

* - Коэффициент вариации показателя по годам периода

По сравнению с районами расположения Белгородской и Старооскольской метеостанциями среднее за первые пять лет количество осадков на Готнянской метеостанции выше на 68 мм, наибольшее превышение отмечено на Новооскольской метеостанции – 151 мм. В этом районе ежегодно выпадало от 415 до 749 мм, т.е. в среднем 616 мм/год.

В период с 2016 по 2020 гг. также наименьшее количество осадков выпадало в Старооскольском районе: от 379 до 512 мм/год, в среднем за пять лет 459 мм/год. Уменьшилось среднегодовое количество осадков и в районе Новооскольской метеостанции – на 73 мм. Тогда как в «западных» районах, наоборот, показатель увеличился до 576 мм/год (рис.5).

В целом анализ влагообеспеченности районов исследования, несмотря на общепризнанное мнение о снижении влагообеспеченности с запада (северо-запада) на восток (юго-восток) области, выявил высокую нестабильность данного показателя во всех районах исследования, о чем свидетельствует коэффициент вариации данного параметра на метеостанциях: Готнянская (15,2-13,3%), Белгородская (7,6-20,4%), Новооскольская (20,3-22,3%), Старооскольская (11,6-21,0%).

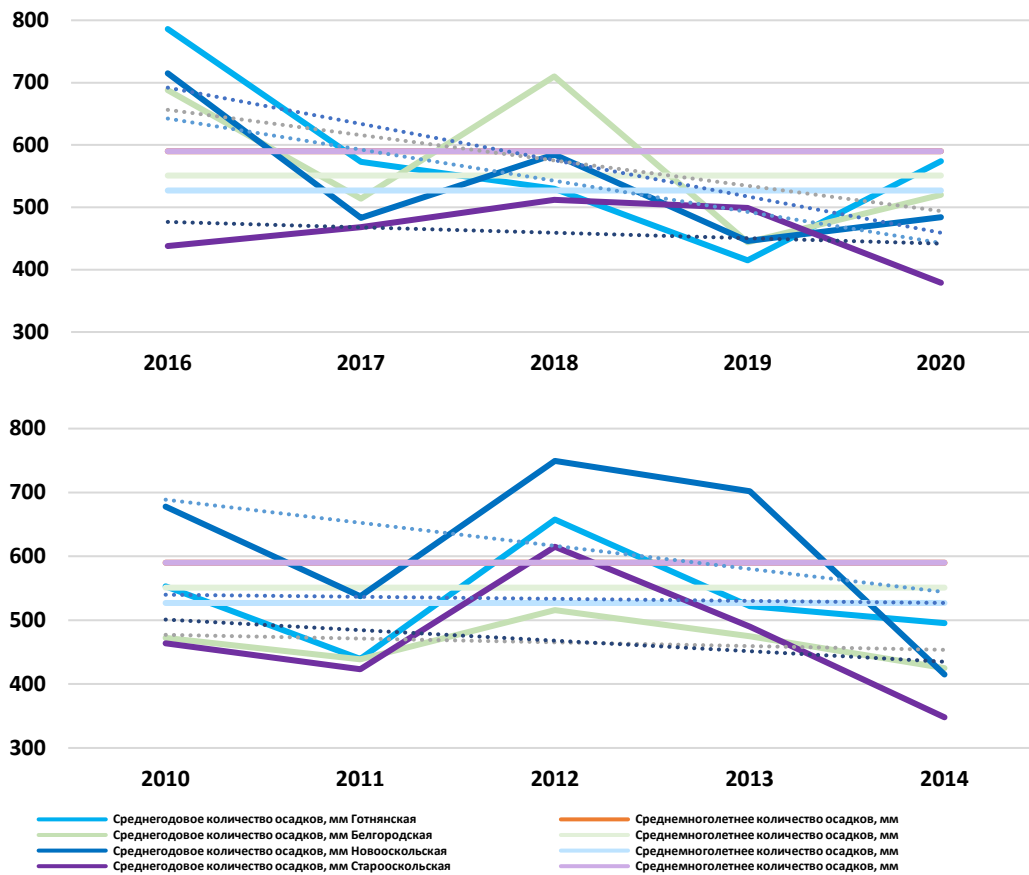
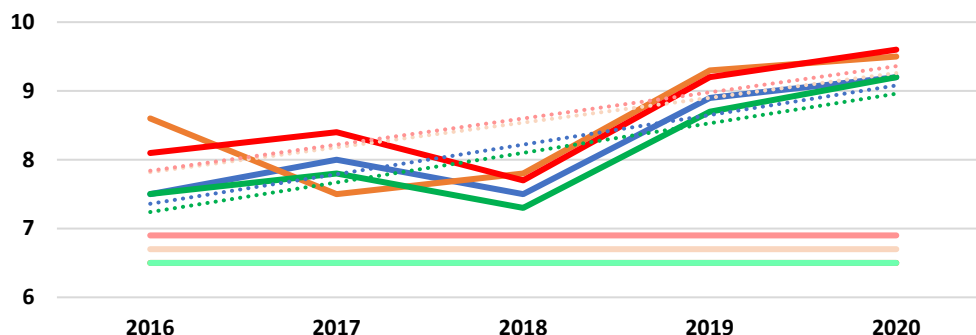


Рис. 5 – Изменение годового количества осадков, мм

В отличие от влагообеспеченности другой показатель, характеризующий температурный режим, среднегодовая температура воздуха намного стабильнее, о чем свидетельствуют данные таблицы 3, в том числе, коэффициенты вариации параметра по различным районам не превышали в большинстве случаев 10%.

В период с 2010 по 2014 гг. среднегодовая температура воздуха колебалась вокруг значений близких независимо от расположения метеостанций – 7,7-7,8°C. Несколько выше данный показатель фиксировался в Новооскольском районе – 8,1°C. Следующий изучаемый пятилетний период характеризуется значительно более высоким показателем, увеличение которого составило от 0,4-0,5 до 0,7°C в Белгородском районе, причем линия тренда указывает на его планомерный рост (рис. 6).

Превышение над среднесезонными данными значительно – в период 2010-2014 – на 1,1-1,3°C, в период с 2016 по 2020 гг. – на 1,6-1,8°C.



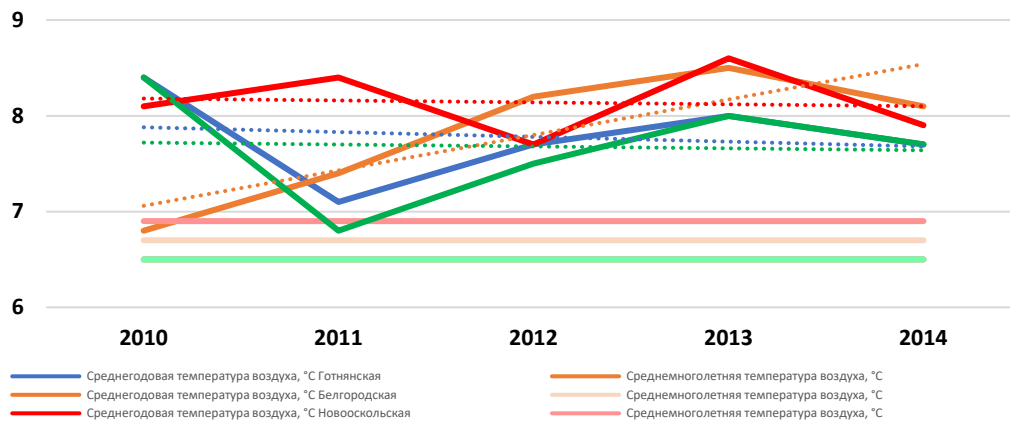


Рис. 6 – Изменение среднегодовой температуры воздуха, °С

Таким образом, обеспеченность влагой нестабильна по годам. В сравнении со среднемноголетними данными отмечается два факта: в «западных» районах наблюдались незначительные отклонения средних в течение изучаемых периодов, тогда как в «восточных» районах выявлены значительные различия.

В Новооскольском районе превышения от 16 до 89 мм, а в Старооскольском за все годы ни разу не были достигнуты среднемноголетние показатели. Этот район обеспечен влагой хуже всего и по данному параметру его надо было бы относить к Пб агроэкологическому району Белгородской области.

Наименьший уровень урожайности, отмечаемый в Чернянском районе, мог быть следствием не только слабой влагообеспеченности, но и низкого содержания в почве гумуса, а также довольно значительным распространением менее плодородных почв легкого механического состава (17%). Сочетание таких почвенных условий и более экстремального гидротермического режима обусловило изначально низкий уровень продуктивности основных сельскохозяйственных культур. Тем не менее, высокая культура земледелия на фоне освоения АЛСЗ в хозяйстве позволила наперекор объективным условиям повысить уровень урожайности в этом районе от 13% (подсолнечник) до 38 (озимая пшеница) и 41% (соя). Это свидетельствует о том, что освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия стабилизирует производство, смягчая экстремальные климатические условия в восточных районах.

Расчёт показателей экономической эффективности проведен для двух изучаемых периодов и 2022 года, который отмечен резким изменением рыночной ситуации. Учитывались затраты на производство и цены реализации растениеводческой продукции (зерно озимой пшеницы, семена сои и маслосемена подсолнечника), сложившиеся на конец 2014 г. для периода с 2010 по 2014 гг. и 2020 года – для периода 2016-2020 гг.

Анализ показателей экономической эффективности по всем культурам свидетельствует, что они зависят не только от уровня урожайности, который существенно возрос, но и от цены на продукцию и общих затрат, которые неуклонно росли со временем. В результате при возделывании озимой пшеницы с 2014 по 2020 гг. прибыль увеличилась на 15 тыс. руб./га, однако при этом рентабельность снизилась на 55% до 81%, а себестоимость возросла в 2,3 раза – до 8,3 тыс. руб./т (табл. 4). Прибыль при выращивании сои и подсолнечника возросла на 46-47 тыс. руб./га., а уровень рентабельности снизился до 179 и 156% соответственно.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания основных сельскохозяйственных культур в ЗАО «КЗК»

Показатель	озимая пшеница			соя			подсолнечник		
	2014	2020	2022	2014	2020	2022	2014	2020	2022
Урожайность, т/га	4,2	5,3	5,3	1,9	2,4	2,4	2,7	3,1	3,1
Цена, тыс. руб./т	8,5	15	13	25	50	28	23	47	27
Стоимость продукции, тыс. руб.	35,7	79,5	68,9	47,5	120,0	67,2	62,1	145,7	83,7
Всего затрат, тыс. руб.	15,1	43,9	43,9	16,1	43,0	43,0	20,9	56,9	56,9
Прибыль, тыс. руб./га	20,6	35,6	25,0	31,4	77,0	24,2	42,0	88,8	26,8
Уровень рентабельности, %	136,3	81,0	56,9	194,8	179,3	56,4	197,0	156,0	47,1
Себестоимость, тыс. руб./т	3,6	8,3	8,3	8,5	17,9	17,9	7,7	18,4	18,4

Показатели 2022 года характеризуются значительно меньшей величиной вследствие резких изменений на рынке, а именно, снижением экспортных возможностей. Для стабилизации экономической эффективности производства необходимо совершенствовать агротехнологии и улучшать условия роста и развития культур с целью дальнейшего повышения их урожайности.

Заключение. Выявлена высокая изменчивость влагообеспеченности ($C_v=7,6-22,3\%$), в большей степени в «восточных» районах: в Новооскольском районе годовое количество осадков выше среднемноголетних данных на 16-89 мм, в Старооскольском районе – ниже на 122-131 мм (I агроэкологический район) или на 59-68 (Пб агроэкологический район). Среднегодовая температура воздуха планомерно увеличивалась в среднем на 0,4-0,7°C, превышение над среднемноголетними показателями составили в 2010-2014 гг. 1,1-1,3°C, в 2016-2020 гг. – 1,6-1,8°C.

Установлены положительные тенденции изменения таких показателей плодородия почв, как содержание гумуса, pH и H_+ , стабилизация содержания подвижных форм фосфора и калия в области высокой обеспеченности. Изменения всех показателей достоверны, что свидетельствует об отсутствии их решающего влияния в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур.

Несмотря на высокую нестабильность погодных условий и отсутствие значимого улучшения показателей плодородия почв урожайность основных сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, соя и подсолнечник) в отделениях ЗАО

«Красноярская зерновая компания» значительно выше в период освоения АЛСЗ с 2016 по 2020 гг. по сравнению с предшествующим периодом 2010-2014 гг. Достоверно выше средняя урожайность по озимой пшенице и сое: прибавки составили соответственно 1,1 т/га (НСР₀₅=0,68 т/га) или 31% и 0,5 т/га (НСР₀₅=0,18 т/га) или 28%. Значительная прибавка урожайности подсолнечника – 0,4 т/га или 18%. Наибольшее увеличение урожайности отмечается в восточных районах: Старооскольском и Чернянском, где изначально данный показатель был наименьшим. Так, прирост урожайности озимой пшеницы в Чернянском районе составил 37,8%, в Старооскольском – 74,2%, подсолнечника – 13 и 32%, сои – 41,1 и 27,8% соответственно.

Очевидно, что существенное увеличение урожайности произошло в результате освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, в том числе совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур, что в свою очередь позволило снизить влияние различий агроэкологических условий ведения земледелия в разных отделениях компании. Стабилизацию производства подтвердило уменьшение коэффициентов вариации урожайности между отделениями с течением времени при переходе на адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

Благодаря росту урожайности культур и положительной динамике цен на продукцию, прибыль при возделывании озимой пшеницы увеличилась на 15 тыс. руб./га, сои и подсолнечника – на 46-47 тыс. руб./га. Вследствие возросших общих затрат производства и, соответственно, себестоимости продукции уровень рентабельности снизился: по озимой пшенице до 81%, сое и подсолнечнику – до 179 и 156% соответственно, тем не менее характеризуя культуры как высокодоходные.

Библиография

1. Бельшклина, М.Е. Влияние агроклиматических условий на жирнокислотный состав сои северного экотипа / М.Е. Бельшклина, Т.П. Кобозева // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 9-12.
2. Буенков, А.Ю. Влияние погодных условий на урожайность подсолнечника в условиях Саратовской области / А.Ю. Буенков, С.П. Кудряшов, А.В. Лекарев, Л.А. Гудова // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 25-29.
3. Воронин А.Н. Плодородие почв и продуктивность культур в зависимости от погодных условий и агроприёмов возделывания / А.Н. Воронин, В.Д. Соловйченко // Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. Материалы между. конференции учреждений – участников Геосети России и стран СНГ / ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова. М., 2010. С. 175-178.
4. Гармашов, В.М. Оценка агроэкологического потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур в Воронежской области / В.М. Гармашов, Н.А. Нужная, И.М. Корнилов // В сборнике: Современные проблемы инновационного развития сельского хозяйства и научные пути технологической модернизации АПК. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию юбилею Дагестанского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени Ф.Г. Кисриева. 2016. С. 85-88.
5. Гармашов, В.М. Приемы повышения качества зерна озимой пшеницы / В.М. Гармашов [и др.] //АгроФорум. – 2019. № 1. С. 42-44.
6. Иванов, Д.А. Влияние ландшафтных и агроклиматических условий на качество зерна ячменя / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалёв, В.А. Тюлин, М.В. Рублюк, О.В. Карасёв // Вестник российской академии наук. 2016. Т. 86. № 5. С. 450-454.
7. Котлярова, Е.Г. Производство и сортовой подбор озимой пшеницы в Белгородской области / Е.Г. Котлярова, С.В. Андреев, О.С. Кузьмина, Е.В. Ковалева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 3 (35). С. 162-174.
8. Мамыкин, Е.В. Влияние агроклиматических условий вегетационного периода на урожайность яровой мягкой пшеницы и вынос элементов питания / Е.В. Мамыкин, Я.П. Наздрачёв, П.Е. Назарова // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 3. С. 46-59.
9. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в сфере мелиорации и восстановления земельных ресурсов, эффективного и безопасного использования удобрений и агрохимикатов: монография / Е.Г. Котлярова, С.Д. Лицуков, А.И. Титовская др. Белгород : Константа, 2017. 204 с.
10. Муравьев А.А. Структура продуктивности сортов сои в зависимости от условий вегетации // Инновации в АПК проблемы и перспективы. 2021. № 1 (29). С. 122-128.
11. Рязанов, М.Н. Адаптивный потенциал подсолнечника в ландшафтах Черноземья. Монография / М.Н. Рязанов, Е.Г. Котлярова. Белгород : изд-во Белгородского ГАУ, 2022. 194 с.
12. Сельское хозяйство в России. 2021 : Стат.сб. / Росстат, 2021. 100 с.
13. Сергеева В.А. Влагообеспеченность и урожайность сортов кормового люпина в лесостепной части Центрального Черноземья / В.А. Сергеева, А.А. Муравьев // Кормопроизводство. – 2016. – № 10. – С. 43-47.
14. Соловьев, А.Б. Влияние агроклиматических ресурсов на урожайность сельскохозяйственных культур Белгородской области / А.Б. Соловьев, И.Ю. Вагурин, Л.В. Марциневская, О.В. Биньковская // Евразийское научное объединение. 2016. Т. 1. № 2 (14). С. 75-78.
15. Солодовников, А.П. Долевое влияние водно-физических свойств почвы и погодных условий на урожайность нута в Саратовском Заволжье / А.П. Солодовников, Д.А. Уполовников, А.Ю. Лёвкина, Л.А. Гудова // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 43-47.
16. Солодовников, А.П. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья / А.П. Солодовников, А.С. Линьков, С.А. Преймак, Н.В. Фисунов // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 29-32.
17. Солодовников, А.П. Обоснование влияния агрофизических факторов и климатических условий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Нижнем Поволжье / А.П. Солодовников, Д.А. Уполовников, А.С. Линьков, И.С. Полетаев, Л.А. Гудова // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 48-52.
18. Статистический ежегодник. Белгородская область. 2021: Стат. сб. / Белгородстат. Белгород, 2021. 508 с.
19. Черкасов Г.Н. Влияние погодных условий на плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений в Центральном Черноземье / Г.Н. Черкасов, Н.С. Соколов, А.Н. Воронин, С.В. Трапезников // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 5. С. 25-27.
20. Черкасов Г.Н. Управление продуктивным процессом основных полевых культур Центрального Черноземья / Г.Н. Черкасов, М.Н. Понедельченко, Н.С. Соколов. Белгород : изд-во «Отчий край», 2004. 100 с.

References

1. Belyshkina, M.E. The influence of agro-climatic conditions on the fatty acid composition of soybeans of the northern ecotype / M.E. Belyshkina, T.P. Kobozeva // Agrarian Scientific Journal. 2021. № 8. S. 9-12.

2. Buenkov, A.Yu. Influence of weather conditions on sunflower yield in the conditions of the Saratov region / A.Yu. Buenkov, S.P. Kudryashov, A.V. Lekarev, L.A. Gudova // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 10. S. 25-29.
3. Voronin A.N. Soil fertility and crop productivity depending on weather conditions and agricultural methods of cultivation / A.N. Voronin, V.D. Solovichenko // The state and prospects of agrochemical research in the Geographical network of experiments with fertilizers. Materials of the international conference of institutions participating in the Geonet of Russia and CIS countries / D.N. Pryanishnikov VNIIA. M., 2010. S. 175-178.
4. Garmashov, V.M. Ocenka agroecologicheskogo potenciala productivnosti selskohozyaystvennykh kultur v Voronezhskoy oblasti [Evaluation of agri-environmental productivity potential of agricultural crops in the Voronezh Region] / V.M. Garmashov, N.A. Nuzhnaya, I.M. Kornilov // In the collection: Modern problems of innovative development of agriculture and scientific ways of technological modernization of agriculture. Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Dagestan Research Institute of Agriculture named after F.G. Kisriev. 2016. S. 85-88.
5. Garmashov, V.M. Priemy povysheniya kachestva zerna ozimoy pshenitsy [Methods of improving the quality of winter wheat grain] / V.M. Garmashov [et al.] // *AgroForum*. 2019. № 1. S. 42-44.
6. Ivanov, D.A. The influence of landscape and agro-climatic conditions on the quality of barley grain / D.A. Ivanov, N.G. Kovalev, V.A. Tyulin, M.V. Rublyuk, O.V. Karasev // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2016. Vol. 86. № 5. S. 450-454.
7. Kotlyarova, E.G. Production and varietal recruitment of winter wheat in the Belgorod region / O.S. Kuzmina, E.V. Kovalyova, E.G. Kotlyarova // *Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives*. 2022. № 3 (35). S. 162-174.
8. Mamykin, E.V. Influence of agroclimate conditions of the vegetation period on yield of spring soft wheat and removal of nutrition elements / E.V. Mamykin, Ya.P. Nazdrachev, P.E. Nazarova // *Soil science and agrochemistry*. 2022. № 3. S. 46-59.
9. Monitoring and forecasting of scientific and technological development of agro-industrial complex in the field of land reclamation and restoration, effective and safe use of fertilizers and agrochemicals: monograph / E.G. Kotlyarova, S.D. Litsukov, A.I. Titovskaya, etc. – Belgorod : Constant, 2017. 204 s.
10. Muravev, A.A. Structure of productivity of soybean varieties depending on vegetation conditions / A.A. Muravev // *Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives*. 2021. № 1 (29). S. 122-128.
11. Ryazanov, M.N. Adaptive potential of sunflower in the landscapes of the Chernozem region. Monograph / M.N. Ryazanov, E.G. Kotlyarova. Belgorod, 2022. 194 s.
12. *Agriculture in Russia*. 2021 : Stat.sat. / Rosstat, 2021. 100 s.
13. Sergeeva, V.A. Water availability and productivity for lupin in the forest steppe of the Central Black Earth region / V.A. Sergeeva, A.A. Muravev // *Kormoproizvodstvo*. 2016. № 10. S. 43-47.
14. Solovyov, A.B. The influence of agro-climatic resources on the yield of agricultural crops of the Belgorod region / A.B. Solovyov, I.Y. Vagurin, L.V. Marcinevskaya, O.V. Binkovskaya // *Eurasian Scientific Association*. 2016. V. 1. № 2 (14). S. 75-78.
15. Solodovnikov A.P., Share influence of water-physical properties of soil and weather conditions on the yield of chickpea in the Saratov Trans-Volga region / A.P. Solodovnikov, D.A. Upolovnikov, A.Yu. Lyovkina, L.A. Gudova // *Agrarian Scientific Journal*. 2021. № 1. S. 43-47.
16. Solodovnikov, A.P. Agrophysical, water and physical factors and weather conditions determining the yield of barley grain on dark chestnut soil of the Trans-Volga region / A. Solodovnikov, A.S. Linkov, S.A. Preymak, N.V. Fisunov // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 8. S. 29-32.
17. Solodovnikov, A.P. Substantiation of the influence of agrophysical factors and climatic conditions on the yield and quality of winter wheat in the Lower Volga region / A.P. Solodovnikov, D.A. Upolovnikov, A.S. Linkov, I.S. Poletaev, A.Yu. Lyovkina // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 4. S. 48-52.
18. *Belgorod region*. 2021 : Stat. sat. / Belgorodstat. Belgorod, 2021. 508 s.
19. Cherkasov G.N. Influence of weather conditions on soil fertility, crop yield and fertilizer efficiency in the Central Chernozem region / G.N. Cherkasov, N.S. Sokorev, A.N. Voronin, S.V. Trapeznikov // *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2010. № 5. S. 25-27.
20. Cherkasov G.N. Management of the productive process of the main field crops of the Central Chernozem region / G.N. Cherkasov, M.N. Monedchenko, N.S. Sokorev. – Belgorod : publishing house «Fatherland», 2004. – 100 s.

Сведения об авторах

Котлярова Екатерина Геннадьевна, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru;

Кузьмина Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +7(4722)39-23-96, e-mail: osk9592@mail.ru;

Ковалёва Елена Владимировна, кандидат географических наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +79045324673, e-mail: eleserikova@yandex.ru.

Information about authors

Kotlyarova Ekaterina Gennadyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Agronomy Faculty, FSBEI HE Belgorod SAU, st. Vavilova, d. 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. + 79065674459, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru;

Kuzmina Olga Sergeevna, candidate of technical sciences, senior lecturer of Agronomy Faculty, FSBEI HE Belgorod SAU, st. Vavilova, d. 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7(4722)39-23-96, e-mail: osk9592@mail.ru;

Kovalyova Elena Vladimirovna, candidate of geographical sciences, associate professor of Agronomy Faculty, FSBEI HE Belgorod SAU, st. Vavilova, d. 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +79045324673, e-mail: eleserikova@yandex.ru.

УДК 631.81.095.337

С.С. Кульков, В.Б. Азаров, С.Н. Зюба, В.В. Лоткова

ВЛИЯНИЕ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ МОЛЕБДЕНСОДЕРЖАЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОИ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЛАГОЙ

Аннотация. В статье представлены результаты опытов с протравочными составами на основе флудиоксонила, дифеноконазола + тебуконазола, молибдата аммония и их сочетаний. Оценено влияние препаратов на посевные качества семян сои сорта Ланцетная.

В лабораторных опытах найдены следующие эффекты. Водный раствор молибдена достоверно угнетает развитие всходов при недостатке влаги, но при достаточной влажности субстрата эффект становится незначимым.

Фунгицидный протравитель на основе флудиоксонила не показал отклонений от контроля ни по одной градации влажности. Однако был обнаружен стимулирующий энергию прорастания эффект от его сочетания с молибденом, но только в условиях недостатка влаги (40% от НВ).

Триазольный фунгицидный протравитель показал значимый ретардантный эффект, который усиливается как при добавлении соли молибдена в состав смеси, так и при недостатке влаги. При достаточной обеспеченности влагой ретардантный эффект несколько слабее, но остается значимым.

Установлено, что обработка водным раствором молибдена оказывает угнетающее действие на прорастание семян сои в условиях недостатка влаги. Использование фунгицидных протравителей триазольной группы снижает всхожесть и длину ростков, при этом добавление в смесь молибдена усиливает угнетение. Однако ретардантные эффекты сильнее проявляются при слабой обеспеченности влагой, и слабее при повышенной влажности субстрата.

Отмечена слабая тенденция к повышению энергии прорастания групп семян, полученных от бедных и обогащенных молибденом материнских растений при обработке протравителем на основе флудиоксонила им у обеих, однако при имеющейся чувствительности статистического анализа она не доказуема.

Комбинация флудиоксонила и молибдата аммония способствует повышению энергии прорастания, длины ростков по сравнению с контролем в условиях слабой обеспеченности влагой. Так в группе «богатых» молибденом семян эти эффекты были значительнее, чем в группе «бедных» молибденом семян сои.

Ключевые слова: молибден, протравливание семян, соя, всходы, полевая всхожесть сои, фунгицидные протравители.

THE EFFECT OF PROTECTANTS WITH MOLEBDEN-CONTAINING PREPARATIONS ON THE SOWING QUALITIES OF SOYBEAN SEEDS IN CONDITIONS OF DIFFERENT MOISTURE AVAILABILITY

Abstract. The article presents the results of experiments with etching compositions based on fludioxonil, diphenconazole+tebuconazole, ammonium molybdate and their combinations. The effect of the preparations on the sowing qualities of soybean seeds of the Lancet variety was evaluated.

The following effects were found in laboratory experiments. An aqueous solution of molybdenum significantly inhibits the development of seedlings with a lack of moisture, but with sufficient moisture of the substrate, the effect becomes insignificant.

The fungicidal mordant based on fludioxonil showed no deviations from the control for any gradation of humidity. However, the effect of its combination with molybdenum stimulating germination energy was found, but only under conditions of lack of moisture (40% of HB).

Triazole fungicidal mordant showed a significant retardant effect, which is enhanced both by adding molybdenum salt to the mixture and with a lack of moisture. With sufficient moisture supply, the retardant effect weakens somewhat, but remains significant.

It has been established that treatment with an aqueous solution of molybdenum has a depressing effect on the germination of soybean seeds in conditions of lack of moisture. The use of fungicidal protectants of the triazole group reduces germination and the length of sprouts, while the addition of molybdenum to the mixture increases oppression. However, the retardant effects are more pronounced with weak moisture supply, and weaker with increased substrate humidity.

There is a weak tendency to increase the germination energy of groups of seeds obtained from poor and molybdenum-enriched parent plants when treated with a fludioxonil-based protectant in both, however, with the sensitivity of statistical analysis, it is not provable.

The combination of fludioxonil and ammonium molybdate contributes to an increase in germination energy, the length of sprouts compared to the control in conditions of poor moisture supply. Thus, in the group of «molybdenum-rich» seeds, these effects were more significant than in the group of «molybdenum-poor» soybean seeds.

Keywords: molybdenum, seed treatment, soybeans, seedlings, soybean field germination, fungicidal protectants.

Введение. Белгородская область славится довольно развитой отраслью животноводства. В целях обеспечения большого поголовья скота достаточным количеством корма, планирование структуры посевных площадей региона направлено на решение этой задачи. Довольно распространен зернопропашной трехпольный севооборот, включающий в себя такие культуры, как пшеница, ячмень, кукуруза, соя, однолетние и многолетние травы. При научно-обоснованной системе удобрения, такой севооборот способствует расширенному воспроизводству плодородия почвы, что особенно актуально в условиях перевода земледелия на биологическую основу [1, 10].

Особую ценность в плане питательности представляют бобовые культуры. Имея в своем содержании до 45% белка, они являются незаменимым компонентом в рационе животных. Биологические технологии возделывания позволяют получать стабильные высокие урожаи при высоком качестве зерна [4, 5]. Соя занимает в Белгородской области лидирующую позицию по вышеупомянутому показателю среди прочих бобовых культур. Поэтому для повышения урожайности данной культуры предпринимаются всевозможные технологические решения. Одним из таковых является прием предпосевной обработки семян.

Протравливание семян – это простой, технологичный прием борьбы с инфекциями и вредителями семян и всходов культур. Применение его при выращивании зернобобовых вообще, и сои в частности, рекомендуется как производителями СЗР, так и представителями агрономической науки [6, 7].

Этот прием обработки посевного материала сои может формировать тенденции к снижению полевой всхожести на величину от 3...15% в зависимости от действующего вещества фунгицида. В то же время применение этой операции является одним из наиболее результативных среди прочих элементов агротехнологий. Исследование этой темы продолжает быть актуальным.

Известно также, что использование молибденового микроудобрения широко рекомендуется как способ восполнения его дефицита для бобовых культур классическими изданиями [3, 6, 9] При этом обработка семян является самым дешевым приёмом восполнения дефицита, а неорганические соли молибдена, как молибдат аммония, самым доступным источником этого микроэлемента.

Для изучения влияния вышеуказанных факторов на посевные качества сои были проведены лабораторные исследования в модельных условиях.

Цели и задачи. Ведущей целью исследований являлось определение и оценка возможных эффектов протравочных средств на основе неорганической соли молибдена, фунгицидных протравителей на основе флудиоксонила, дифеноконазола с тебуконазолом, а также их комбинации на посевные качества семян сои на фоне неодинаковых условий влагообеспеченности.

Материалы и методы. Для лабораторного опыта с обогащённым молибденом семенами сои материнские растения были обработаны с помощью протравливания семян. Хотя эти данные ещё не были опубликованы, в процессе постановки опытов выяснилось, что обработка семян материнских растений даёт семенной материал с гораздо более высоким (в несколько раз) содержанием элемента, чем листовая подкормка. Именно этим был обусловлен выбор метода насыщения молибденом материнских растений.

Для протравливания семян в поставленных опытах использовались протравители № 1 и № 2 крупного отечественного производителя СЗР. Протравитель № 1 содержит флудиоксонил, 25 г/л, в форме СК; протравитель № 2 содержит смесь дифеноконазола, 90 г/л+тебуконазола, 45 г/л, в форме ВСК. Оба препарата зарегистрированы для использования на сое, и применялись в максимальной разрешенной производителем дозировке.

Закладка семян на проращивание выполнялась по ГОСТ 12038-84 «Определение всхожести семян» в части используемых материалов. Однако водопроводная питьевая вода была заменена дистиллированной для того, чтобы избежать потенциального взаимодействия соли молибдена с растворенными в воде солями жёсткости.

Методика посева была изменена под нужды опыта. Соя выращивалась в песке, с заделкой на глубину 4 см, а не на песке. При этом песок насыпался на 2/3 от плана, до закладки семян смачивался, а затем, после их закладки, недостающая часть досыпалась в сухом виде слоем толщиной 4 см. Цель модификации: создать механическое сопротивление выталкиваемым семядолям, как при определении силы роста семян в тесте Хилтнера (недействующий ГОСТ 12040-66).

Подсчет числа всхожих семян проводился через 72 часа после закладки на всхожесть, а в остальном согласно методике, представленной в ГОСТ 12038-84, с разделением на категории: всхожие семена (нормальные + с небольшими аномалиями развития), невсхожие семена с дефектами, перечисленными в п. 4.16, а также непроросшие семена по п. 4.15.

Энергия прорастания определялась по методике ГОСТ 12038-84, но в три временных промежутка: через 45 часов, 55 часов, 65 часов после закладки семян.

Измерение длины ростков производилось металлической линейкой, и включало в себя вместе сумму длин надземной и подземной части: измерялся росток от подсемядольного колена до кончика главного корня. Данные измерений сразу разносились по категориям: всхожие и дефектные ростки.

Опыт № 1. Двухфакторный опыт, фоном служили различные уровни влагообеспеченности субстрата (песка), испытывались обработки семян различными составами для протравливания. Опыт поставлен для статистической обработки по схеме 4*6, в двух повторениях.

Градациями фактора А служили четыре уровня обеспеченности влагой:

1. 80% от наименьшей влагоёмкости песка (согласно ГОСТ) – контроль;
2. 60% от НВ песка;
3. 40% от НВ песка;
4. 0% от НВ песка.

Градациями фактора В служили обработки семян 6-ю различными составами:

1. Вода – контроль (из расхода 10 л/т воды, такой же расход во всех вариантах);
2. Водный раствор молибдата аммония из расчёта 50 г/га д.в. (концентрация 7,5% ф.в.);
3. Протравитель № 1 (флудиоксонил) – максимальная рекомендованная доза;
4. Смесь протравителя № 1 и молибдата аммония (50 г/га д.в.);
5. Протравитель № 2 (дифеноконазол+тебуконазол) – максимальная рекомендованная доза;
6. Смесь протравителя № 2 и молибдата аммония (50 г/га д.в.).

Опыт № 2. Двухфакторный опыт. У 2 вариантов происхождения семян, полученных с материнских растений, обогащённых и не обогащённых молибденом, было по 3 варианта обработки. Опыт проводился в трёх повторениях по 50 семян, по 2 варианта закладывались в 1 растительно рендомизированно внутри повторений; во времени было сделано 2 повторения опыта (2 итерации опыта). Влагообеспеченность субстрата (песка) составляла 40%.

Фактор А – происхождение семян:

1. Семена, полученные с не обогащённых молибденом материнских растений – Контроль;
2. Семена с обогащённых молибденом растений.

Фактор В – обработка семян:

1. Без протравливания семян, обработка только водой – Контроль;
2. Протравливание семян протравителем № 1;
3. Обработка семян смесью протравителя № 1 и молибдата аммония (50 г/га д.в.).

Результаты и обсуждение. *Лабораторный опыт № 1* был поставлен с различной влагообеспеченностью субстрата (песка) и различными протравителями. Целью этого опыта было в измеримых градациях водообеспеченности субстрата изучить изменения в посевных качествах семян, обработанных протравителями с различными действующими веществами в комбинации с молибденом и без него. При этом использование чистого кварцевого песка позволило исключить из взаимодействия потенциальное влияние почвенного раствора.

Так как статистические критерии рассчитаны, в основном, для данных таблицы 2, то из таблицы 1 мы только обозначим наблюдаемые тенденции для облегчения понимания процессов.

Таблица 1 – Посевные качества семян и линейные параметры ростков сои в зависимости от состава протравочного раствора и условий влагообеспеченности субстрата (песка)

Влаго-обеспеченность субстрата	Вариант опыта	Средняя длина ± 1 ст. откл. всех ростков, мм.	Средняя длина ± 1 ст. откл. нормально развитых ростков, мм	Средняя всхожесть, %	Проросших семян, %
80% от НВ	Контроль	45±22	57±16	63	90
	Мо	43±24	55±13	64	86
	Протр.1	40±25	55±15	62	93
	Протр.1+Мо	40±23	49±17	69	92
	Протр.2	38±21	48±15	67	92
	Протр.2 + Мо	37±20	46±15	66	91
60% от НВ	Контроль	32±16	37±11	79	93
	Мо	32±17	40±12	74	92
	Протр.1	27±14	33±9	76	96
	Протр.1+Мо	30±15	36±11	75	97
	Протр.2	30±17	38±12	71	92
	Протр.2 + Мо	25±15	32±11	66	90
40% от НВ	Контроль	29±13	33±10	83	97
	Мо	21±13	26±10	72	90
	Протр.1	26±14	32±11	76	95
	Протр.1+Мо	35±16	42±11	80	97
	Протр.2	23±12	28±9	72	93
	Протр.2 + Мо	21±10	24±7	73	95
20% от НВ	<i>Данные исключены из анализа. Семена не взошли ни по одному из вариантов.</i>				
В среднем по фактору А по сравнению с контролем					
80% от НВ (контроль)		40,5	51,6	65,2	90,7
60% от НВ		29,3	36,0	73,5*	93,3
40% от НВ		25,8	30,8	76,0*	94,5
В среднем по фактору В по сравнению с контролем					
Контроль		35,3	42,3	75,0	93,3
Мо		32,0	40,3	70,0	89,3
Протр.1		31,0	40,0	71,3	94,7
Протр.1+Мо		35,0	42,3	74,7	95,3
Протр.2		30,3	38,0	70,0	92,3
Протр.2 + Мо		27,7	34,0	68,3*	92,0
<i>*Значимо отличается от контрольной средней при уровне $\alpha=0,05$</i>					

Представленные в таблице 1 данные показывают, что по мере снижения обеспеченности влагой с величины 80% от НВ до 40% от НВ, линейные размеры ростков по всем вариантам становятся меньше. В случае с острой нехваткой влаги, как случилось при 20% от НВ, семена просто набухают, но не прорастают. Упомянутые результаты кажутся интуитивно понятными.

Влияние простого водного раствора молибдата аммония неясно при уровнях 80% и 60% от НВ, что легко может быть объяснено простым снижением его концентрации в условиях достаточного объема воды. Однако уже при 40% от НВ прослеживается тенденция к угнетению ростков, что выражается сразу во всех показателях: средней длине всех ростков и нормально развитых, а также в количестве всхожих и проросших семян.

Следует отметить, что рекомендованная ГОСТом норма влажности 80% от НВ для зернобобовых культур показывает в среднем самую низкую всхожесть, 65%, и она при $\alpha=0,05$ достоверно ниже, чем при 60% и 40% от НВ. Но при рекомендованной норме влажности число дефектных ростков больше, чем по сниженной, без значимого изменения числа проросших семян.

Можно полагать, что лучше обеспеченные водой семена стартуют раньше, чем остальные, и потому ростки длиннее. То, что при этом дефектных ростков больше всего именно в этой градации фактора, может объясняться, например, тем, что на более развитых ростках ярче проявляются дефекты. Напротив, при меньшей обеспеченности влагой разница между нормальными и дефектными ростками не столь контрастна. Второй возможный вариант подразумевает угнетающее действие избытка воды, связанное, скорее всего, с недостатком кислорода для дыхания. В пользу этого варианта говорит тенденция к повышению числа проросших семян от 90,7% до 94,5% по мере снижения запаса влаги. Если это так, то для проращивания семян не столь важна влажность субстрата, сколько достаточность абсолютного объема воды по отношению к весу семян и её доступность.

Также из средних значений по фактору обработки семян заметно небольшое снижение всхожести при любой обработке семян как протравителями, так и молибденом на фоне снижения числа проросших семян. Однако из ряда снижающихся посевных показателей выбивается обработка семян смесью протравителя № 1 и молибдата аммония, которые не

уступают контролю. Тем не менее, чувствительность анализа при значимости 0,05 позволяет считать доказанным только снижение всхожести на 6,7% относительно контроля при обработке семян смесью протравителя № 2 и молибдата аммония.

Таблица 2 – Распределение нормально развитых ростков сои по группам различной длины, в зависимости от состава протравочного раствора в условиях различной обеспеченности влагой субстрата (песка), в % от числа проросших семян.

Варианты опыта		Длина ростков						Разность рангов вариантов						
Влагообеспеченность 80% от НВ субстрата														
Обработка семян	1-15 мм	16-30 мм	31-45 мм	46-60 мм	61-75 мм	76-105 мм	Сумма рангов	Варианты	4	7	10	19	22	
1	Контроль	0	3	24	25	13	3	239	1-	20	18	55	69	78
4	Mo	0	2	16	27	20	2	219	4-	0	-2	35	49	58
7	Протр.1	0	4	13	29	20	6	221	7-	2	0	37	51	60
10	Протр.1+Mo	1	10	22	24	20	4	184	10-	-35	-37	0	14	23
19	Протр.2	2	3	28	27	12	3	170	19-	-49	-51	-14	0	9
22	Протр.2 + Mo	0	13	19	29	11	0	161	Наименьшая значимая разность рангов: при $\alpha=0,01$ 67,0; при $\alpha=0,05$ 57,1; при $\alpha=0,10$ 55,4					
Влагообеспеченность 60% от НВ субстрата														
Обработка семян	1-15 мм	16-30 мм	31-45 мм	46-60 мм	61-75 мм	76-105 мм	Сумма рангов	Варианты	5	8	11	20	23	
2	Контроль	2	18	45	19	1	2	233	2-	-24	54	14	-7	67
5	Mo	2	19	29	31	1	2	257	5-	0	78	38	17	91
8	Протр.1	2	29	47	7	0	2	179	8-	-78	0	-40	-61	13
11	Протр.1+Mo	4	20	39	17	1	4	219	11-	-38	40	0	-21	53
20	Протр.2	3	15	40	16	3	3	240	20-	-17	61	21	0	74
23	Протр.2 + Mo	7	29	27	9	1	7	166	Наименьшая значимая разность рангов: при $\alpha=0,01$ 69,6; при $\alpha=0,05$ 59,8; при $\alpha=0,10$ 55,5					
Влагообеспеченность 40% от НВ субстрата														
Обработка семян	1-15 мм	16-30 мм	31-45 мм	46-60 мм	61-75 мм	76-105 мм	Сумма рангов	Варианты	6	9	12	21	24	
3	Контроль	1	35	42	7	0	1	250	3-	73	15	-78	60	135
6	Mo	12	37	28	1	0	0	177	6-	0	-58	-151	-13	62
9	Протр.1	4	34	31	8	0	0	235	9-	58	0	-93	45	120
12	Протр.1+Mo	1	13	39	28	2	0	328	12-	151	93	0	138	213
21	Протр.2	9	38	31	1	0	0	190	21-	13	-45	-138	0	75
24	Протр.2 + Mo	20	52	8	1	0	0	115	Наименьшая значимая разность рангов: при $\alpha=0,01$ 68,9; при $\alpha=0,05$ 59,1; при $\alpha=0,10$ 54,9					

Цветовая группировка по частотам, %				
0-5	6-15	16-25	26-35	36 и более

Анализируя представленные в таблице 2 данные, можно отметить следующие закономерности и тенденции.

Видно, что по мере снижения обеспеченности влагой смещение центра распределения частот в группу с меньшей длиной ростка. Так, при 80% от НВ частоты встречаемости ростков довольно равномерно «размазаны» по группам от 31-45 мм до 61-75 мм.

Снижение влагообеспеченности до 60% НВ «сдвигает» и «уплотняет» частоты в группу 31-45 мм, а дальнейшее снижение до 40% в группы 16-30 мм и 31-45 мм, а в случае по варианту «протравитель 2+ Mo» даже в группу 1-15 мм. Нами был выполнен непараметрический анализ внутри групп по фактору влагообеспеченности, поэтому напрямую сравнивать суммы рангов мы можем только внутри группы. Для сравнения по фактору влажности субстрата мы делали дисперсионный анализ выше, для средних в таблице 1.

Обработка семян водным раствором молибдата аммония не оказывает значимого угнетающего действия при хорошей влагообеспеченности (80% и 60% от НВ) субстрата. Но при снижении влажности до 40% от НВ достоверно на уровне значимости 0,01 укорачивает длину ростка («сдвигает» в сторону групп с меньшей длиной ростка).

Протравитель 1 (флудиоксонил) не оказывает достаточно сильного влияния на всходы по сравнению с контролем, чтобы их можно было доказать тестом К-У. даже при уровне $\alpha=0,10$. Однако смешивание Протравителя 1 с молибдатом аммония даёт, по мере снижения влажности субстрата, все более контрастное увеличение длины ростков. Оно отмечается как по сравнению с контролем, так и относительно чистого препарата флудиоксонила. Уже с 40% от НВ разница статистически достоверна при $\alpha=0,01$.

Протравитель 2 (смесь триазолов) показывает снижение относительно контроля длины ростков, значимое при $\alpha=0,01$ в условиях 80% от НВ. Для 40% от НВ снижение относительно контроля значимо при $\alpha=0,05$. При этом, по какой-то причине, разница с контролем на уровне влажности 60% НВ песка, является не доказуемой даже при $\alpha=0,10$ и выглядит, как повышение. В данном случае можно предполагать влияние неучтенных случайных факторов, чем отклонение от закономерности, т.к. ретардантный эффект триазольной группы фунгицидов широко известен [8]. Ретардантное действие Протравителя 2 усиливается при добавлении к нему молибдата аммония, причем относительно контроля линейные размеры ростков снижаются при любом уровне обеспеченности влагой. Однако если при влажности 80% НВ в сравнении с действием чистого Протравителя 2 смесь с молибденом не показывает значимого влияния, то уже при 60% и 40% видно значимые на уровне $\alpha=0,01$ различия.

Статистически значимо снижение влагообеспеченности песка с 80% от НВ до 40% от НВ повышает показатель всхожести семян, либо затрудняет их различение по категориям всхожих и дефектных. Влажность 20% от НВ песка не обеспечивает прорастание семян, а только их набухание. Отмечено, но не проверено статистически снижение средней длины ростка по мере снижения влажности субстрата. Отмечены тенденции к различной направленности эффектов обработки семян протравителями и смесями с молибдатом аммония при разной влажности субстрата.

Протравитель 1 (флудиоксонил) не показал заметных даже для уровня $\alpha=0,10$ отклонений от контроля на всех уровнях влажности посевного субстрата. При этом его смесь с молибдатом аммония по слабой обеспеченности влагой (40% от НВ) показала значимое на уровне $\alpha=0,01$ повышение длины ростков как по сравнению с контролем, так и с чистым раствором флудиоксонила.

Протравитель 2 (смесь триазолов) показал почти во всех случаях значимое на уровне 0,01 снижение длины ростков, которое усиливается при добавлении к нему молибдата аммония.

Лабораторный опыт № 2 был выполнен с целью проверить, зависит ли от внутреннего состава семян, особенно содержания в них молибдена, характер взаимодействия с протравителем № 1 (флудиоксонил) и его смеси с молибдатом аммония при влажности субстрата 40% от НВ. Иначе говоря, этот опыт является уточняющим для лабораторного опыта № 1.

Химическая характеристика семян представлена в таблице 3, из которой видно, что полученные с растений, подвергавшихся обогащению молибденом, повышенная масса тысячи семян, больше содержание белка, но меньше масла. В почти 4 раза отличается среднее содержание молибдена, и у обогащенных молибденом материнских растений семена содержат 4,7 мг/кг, что почти соответствует нормативу 5,4 мг/кг для сои, измеренному бразильскими исследователями [11].

Таблица 3 – Показатели качества семян сои, полученных с материнских растений с обогащением молибденом и без него

Происхождение семян	Показатели качества				
	МТС ± 1 ст. откл., г	Насыпная плотность (натура), г/л	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Содержание молибдена ± 1 ст. откл, мг/кг сух. вещ-ва
Не обогащенные молибденом	109,0 \pm 1,4	744	38,08	20,22	1,20 \pm 0,51
Обогащенные молибденом	112,3 \pm 1,8	748	41,61	19,59	4,70 \pm 2,0

Посеянные в песок семена сои различного происхождения и с различными обработками начали появляться на поверхности растений примерно через 40-45 часов после сева. Поэтому в обе итерации опыта были проведены три подсчета всходов: в 45 часов, в 55 часов и в 65 часов после посева.

Полученные результаты по энергии прорастания были обработаны с помощью дисперсионного анализа по однофакторной схеме и представлены в таблице 4.

Обогащенные молибденом семена сои без обработки имели повышенную энергию прорастания по сравнению с не обогащенными. Это отмечено в виде тенденции через 45 и 55 часов, а через 65 часов разница между ними составила 15,6%, что значимо при уровне $\alpha=0,05$. Также по сравнению с бедными молибденом семенами у обогащенных была отмечена повышенная на 7% всхожесть, однако при мощности выполненного анализа она не является доказуемой.

Обработка семян флудиоксонилом не показала статистически доказуемых различий к контролю по энергии ни у бедных молибденом семян, ни у обогащенных. Однако по обеим группам во все учеты, через 45, 55 и 65 часов после сева, можно видеть небольшую тенденцию к повышению энергии прорастания в сравнении с контролем.

При этом, смешивание флудиоксонила с солью молибдена контрастно повлияло на две группы испытанных семян. Так, энергия прорастания у бедных молибденом семян при использовании смеси Протравитель 1 + Мо была незначимо ниже, чем при использовании чистого протравителя. Семена от обогащенных молибденом растений, в результате обработки смесью, напротив, значимо на уровне $\alpha=0,05$, демонстрировали повышенную энергию прорастания в 45 и 55 часов после сева, в сравнении с чистым флудиоксонилом. Следует отметить, что через 65 часов после посева энергия прорастания для этого варианта обработки все ещё была несколько выше, но уже не преодолевала вычисленный порог НСР₀₅.

Всхожесть по бедной молибденом группе не менялась в результате протравливания, а вот по группе обогащенных семян было отмечено значимое ($p=0,017$) снижение на 10% к контролю у варианта с протравливанием флудиоксонилом.

Таблица 4 – Влияние обработки Протравителем 1 (флудиоксонил) и молибденом семян сои, полученных с материнских растений, подвергнутых обогащению молибденом и без него в условиях ограниченной влагообеспеченности 40% от НВ субстрата (песка)

Обработка семян	Энергия прорастания, %									Всхожесть лабораторная, %		
	Через 45 часов			Через 55 часов			Через 65 часов					
	1 ит.	2 ит.	Среднее	1 ит.	2 ит.	Среднее	1 ит.	2 ит.	Среднее	1 ит.	2 ит.	Среднее
НЕОБОГАЩЕННЫЕ МОЛИБДЕНОМ СЕМЕНА СОИ												
Контроль (вода)	4,6	8,0	6,3	13,4	19,3	16,3	22,6	44,7	33,7	75,3	76,0	76
Протр.1	17,4	9,3	13,3	25,4	22,7	24,0	42,6	40,0	41,3	76,0	74,7	75
Протр.1 + Мо	6,0	12,7	9,3	11,4	26,0	18,7	33,4	55,3	44,3	70,3	78,0	74
ОБОГАЩЕННЫЕ МОЛИБДЕНОМ СЕМЕНА СОИ												
Контроль (вода)	10,0	8,7	9,3	20,6	27,3	24,0	44,0	54,7	49,3	80,7	85,3	83
Протр.1	16,0	10,0	13,0	22,6	22,7	22,7	43,4	54,7	49,0	68,0	77,3	73
Протр.1 + Мо	22,6	24,7	23,7	32,0	40,7	36,3	54,6	60,7	57,7	82,0	83,3	83
Для сравнения вариантов НСР ₀₅ =	7,9			10,6			12,9			7,1		

Средние и медианные длины ростков, как видно из данных таблицы 5, отличаются между собой. Из-за большого разброса размеров применение параметрических методов анализа не позволяет обнаружить значимые различия, поэтому мы применили непараметрический тест К.-У. с соответствующими апостериорными критериями и поправками ко всей совокупности обеих групп семян. Это даёт возможность попарно сравнивать между собой в любом порядке суммы рангов в таблице 5.

В целом, прослеживается небольшая тенденция к увеличению средней и медианной длины ростков в результате применения Протравителя 1 и его смеси с молибдатом аммония по сравнению с контролем. В группе богатых молибденом семян абсолютный прирост к контролю средней длины ростков в результате протравливания смесью «Протравитель 1+ Мо» кажется более заметным, чем у бедных молибденом, относительный прирост составляет соответственно 13,0% и 10,2%.

Анализ распределения частот ростков различной длины показывает следующие тенденции и закономерности.

Так, контрольные варианты в обеих группах семян имеют широкий диапазон размеров и имеют близкое к нормальному распределение по всем группировкам размеров. При этом «плотный» центр распределения у бедных молибденом контрольных семян располагается примерно на величине 55 мм, а у богатых молибденом примерно на 60 мм. Однако разницу сумм рангов по этим вариантам чувствительность примененного метода не позволяет доказать. Это относит наблюдаемое различие в разряд тенденций.

Использование флудиоксонила для протравливания бедных молибденом семян «смещает» центр частот вправо на 1 группу по сравнению с контролем, то есть чаще встречаются более длинные ростки. Однако это проявляется только в виде тенденции. Статистически значимо этот процесс виден для группы богатых молибденом семян, где разница суммы рангов к контролю составляет 108 ед.

Добавление к флудиоксонилу молибдата аммония при протравливании семян в целом увеличивает длину ростков, «уплотняя» частоту в группе 61-70 мм. При этом сумма рангов значимо отличается от контроля. У бедных молибденом семян эта разность значима при уровне $\alpha=0,05$, а у богатых при уровне $\alpha=0,01$. Также по группе обогащённых молибденом семян заметно, что смесь флудиоксонила с молибдатом аммония показала значимое увеличение ростков относительно обработанных одним только флудиоксонилом.

Таблица 5 – Лабораторный опыт № 2. Линейные параметры ростков сои из семян, полученных от растений с обогащением молибденом и без него, при протравливании флудиоксонилом и его смесью с молибденом в условиях ограниченной влагообеспеченности 40% от НВ субстрата (песка)

Обработка семян	Нормальные ростки		Группировка частоты встречаемости нормально развитых ростков по длине, % от числа <i>заложенных</i> семян									Сумма рангов
	Медианная длина ± 1 ст. откл., мм	Средняя длина ± 1 ст. откл., мм	0-30 мм	31-40 мм	41-50 мм	51-60 мм	61-70 мм	71-80 мм	81-90 мм	91-120 мм		
НЕОБОГАЩЕННЫЕ МОЛИБДЕНОМ СЕМЕНА СОИ												
Контроль (вода)	58±12,2	57,8±12,5	9,3	5,0	12,3	19,7	12,0	13,7	5,3	4,7	588	
Протр.1	62±5,3	62,1±5,5	2,0	6,0	8,3	17,0	18,3	10,3	7,7	2,0	666	
Протр.1 + Мо	65±7,8	63,7±6,9	1,3	5,3	7,7	13,7	23,0	14,0	6,3	2,7	710	
ОБОГАЩЕННЫЕ МОЛИБДЕНОМ СЕМЕНА СОИ												
Контроль (вода)	62±9,8	61,4±8,6	2,3	8,0	10,3	18,7	19,0	15,0	7,3	2,0	648	
Протр.1	65±10,7	66,1±9,6	2,3	5,3	7,0	10,3	19,3	13,0	7,7	7,7	756	
Протр.1 + Мо	70±10,8	69,4±10,4	1,0	2,3	7,7	15,0	20,7	13,7	15,3	6,7	829	
Статистические критерии												
Дисперсионный анализ при уровне значимости $\alpha=0,05$ не выявляет достоверной разницы средних из-за большой внутригрупповой дисперсии.			Тест Краскелла-Уоллиса с поправкой Бонферрони post hoc Данна. Наименьшая значимая разность рангов =								160; $\alpha=0,01$	
											108; $\alpha=0,05$	
											95; $\alpha=0,10$	

Цветовая группировка по частотам, %				
0-5	6-10	11-15	16-20	21 и более

Заключение. По итогу лабораторных опытов было обнаружено, что обработка водным раствором молибдена имеет угнетающее действие на прорастание семян сои в песке в условиях недостатка влаги. Использование фунгицидных протравителей триазольной группы снижает всхожесть, и длину ростков, при этом добавление в смесь молибдена усиливает угнетение. Однако ретардантные эффекты сильнее проявляются при слабой обеспеченности влагой, и слабее при повышенной влажности субстрата.

Протравитель на основе флудиоксонила не показал каких-либо значимых эффектов при обработке семян в различных условиях влажности субстрата на всхожесть, длину ростков, энергию прорастания. Была отмечена при обработке им слабая тенденция к повышению энергии прорастания у обеих групп семян, полученных от бедных и обогащенных молибденом материнских растений, однако при имеющейся чувствительности статистического анализа она не доказуема. Однако смесь флудиоксонила с молибдатом аммония показала контрастные, значимые эффекты повышения энергии прорастания, длины ростков по сравнению с контролем в условиях слабой обеспеченности влагой. В группе «богатых» молибденом семян эти эффекты наблюдались ярче, чем в группе «бедных» молибденом семян сои.

Библиография

1. Азаров В.Б. Мониторинг плодородия почв Центрального Черноземья / В.Б. Азаров. – Белгород, 2004. – 204 с.
2. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – Л. : Агропромиздат, Ленинградское отд., 1990. – 272 с.
3. Битюцкий, Н.П. Микроэлементы и растение / Н.П. Битюцкий. – СПб. : Изд-во С.- Петербургского университета, 1999. – 232 с.
4. Клостер, Н.И. Возделывание сои по биологической технологии в Белгородской области / Н.И. Клостер, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия : Сборник докладов XVII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», Курск, 27–29 апреля 2022 года. – Курск : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр», 2022. – С. 125-128.
5. Клостер, Н.И. Органические удобрения / Н.И. Клостер, В.Б. Азаров, В.В. Лоткова. – Белгород : Отчий край, 2022. – 216 с. – ISBN 978-5-85153-172-9.
6. Решетников А.А. Из опыта возделывания скороспелой сои / А.А. Решетников, С.М. Соколов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 35-39.
7. Сырцева Т.М. Хороший сорт и качественные семена – основа урожая / Т.М. Сырцева, Р.А. Куткова // Защита и карантин растений. – 2014. – № 11. – С. 10-11.
8. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы / Побежимова Т.П., Корсукова А.В., Дорофеев Н.В., Грабельных О.И. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – № 3 (30). – С. 461-476.
9. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений: монография. / М.Я. Школьник. – Ленинград : Изд-во «Наука», 1974. – 324 с.
10. Lotkova, V. Prospects for the introduction of biologization techniques in agriculture of the Belgorod region / V. Lotkova, V. Azarov // Innovative technologies in agriculture : International scientific and practical conference, Orel, 23–24 марта 2022 года. – Orel : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2022. – P. 51.
11. Prado, R. Mineral nutrition of tropical plants / R. de Mello Prado. – Springer Nature, Switzerland, 2021. – 338 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71262-4>.

References

1. Azarov V.B. Monitoring of soil fertility in the Central Chernozem region / V.B. Azarov. – Belgorod, 2004. – 204 p.
2. Anspok, P.I. Micronutrients: handbook / P.I. Anspok. – L. : Agropromizdat, Leningrad Publishing House, 1990. – 272 p.
3. Bitutsky, N.P. Trace elements and plant / N.P. Bitutsky. – St. Petersburg : Publishing House of St. Petersburg University, 1999. – 232 p.
4. Kloster, N.I. Soybean cultivation by biological technology in the Belgorod region / N.I. Kloster, V.V. Lotkova, V.B. Azarov // Actual problems of soil science, ecology and agriculture : Collection of reports of the XVII International scientific and practical conference of the Kursk branch of the NGO «Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev», Kursk, April 27-29, 2022. – Kursk : Federal State Budgetary Scientific Institution «Kursk Federal Agrarian Scientific Center», 2022. – Pp. 125-128.
5. Kloster, N.I. Organic fertilizers / N.I. Kloster, V.B. Azarov, V.V. Lotkova. – Belgorod : Fatherland, 2022. – 216 p. – ISBN 978-5-85153-172-9.
6. Reshetnikov A.A. From the experience of cultivating precocious soybeans / A.A. Reshetnikov, S.M. Sokolov // Legumes and cereals. – 2014. – № 2 (10). – Pp. 35-39.
7. Syrtseva T.M. A good variety and high-quality seeds are the basis of the harvest / T.M. Syrtseva, R.A. Kutkova // Protection and quarantine of plants. – 2014. – № 11. – Pp. 10-11.
8. Physiological effects of action on plants of fungicides of triazole nature / Begimova T.P., Korsukova A.V., Dorofeev N.V., Grabelnykh O.I. // Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology. – 2019. – № 3 (30). – С. 461-476.
9. Shkolnik, M.Ya. Trace elements in plant life: monograph / M.Ya. Shkolnik. – Leningrad : Publishing house «Science», 1974. – 324 p.
10. Lotkova, V. Prospects for the introduction of biologization techniques in agriculture of the Belgorod region / V. Lotkova, V. Azarov // Innovative technologies in agriculture : International scientific and practical conference, Orel, March 23-24, 2022. – Orel : All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding, 2022. – P. 51.
11. Prado, R. Mineral nutrition of tropical plants / R. de Mello Prado. – Springer Nature, Switzerland, 2021. – 338 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71262-4>.

Сведения об авторах

Станислав Сергеевич Кульков, аспирант агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: kulkov.agronom@yandex.ru;

Владимир Борисович Азаров, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: azarov.v.b@mail.ru;

Светлана Николаевна Зюба, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: Zyuba_SN@bsaa.edu.ru;

Виктория Викторовна Лоткова, студентка агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: lotkova200@mail.ru.

Information about authors

Stanislav Sergeevich Kulkov, Post-graduate student of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: kulkov.aggronom@yandex.ru;

Vladimir Borisovich Azarov, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, d. 1, Maisky settlement, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: azarov.v.b@mail.ru;

Svetlana Nikolaevna Zyuba, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, d. 1, Maisky settlement, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: Zyuba_SN@bsaa.edu.ru;

Victoria Viktorovna Lotkova, student of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: lotkova200@mail.ru.

УРОЖАЙНОСТЬ НУТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ

Аннотация. В условиях вегетационных периодов 2019-2021 гг. проведены полевые опыты по влиянию листовых подкормок Полидон РК, Полидон биобобовый, Полидон NPK и регулятора роста ЭкоЛарикс на особенности формирования высоты растений, фотосинтетической и симбиотической активности и урожайность нута сорта Привол.

Выявлена лучшая сохранность растений нута при применении листовых подкормок и регулятора роста, которая в сравнении с контролем была выше, особенно на вариантах Полидон биобобовый – 96,0% и Полидон NPK – 98,6%. В среднем по вариантам, где не применяли регулятор роста, сохранность составила 91,8%, на фоне его применения была больше на 5,5% и составила 97,3%.

Установлено положительное влияние некорневых подкормок на формирование высоты растений нута и прикрепление нижнего боба. Так, на фоне применения регулятора роста ЭкоЛарикс растения нута формировали большую высоту на всех вариантах, включая контроль, в среднем по вариантам она составила 75,2 см, что на 7,1 см больше, чем в среднем по вариантам без применения регулятора роста. Наибольшая высота растений на этом фоне установлена при применении Полидон NPK – 76,7 см, на этом же варианте отмечено максимально высокое прикрепление нижнего боба на растениях – 36,3 см.

На варианте листовой подкормки Полидон NPK на фоне использования регулятора роста ЭкоЛарикс установлены: максимальная площадь листьев 24,8 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал 883,4 тыс. м² сутки/га и чистая продуктивность фотосинтеза 5,98 г/м² сутки, число клубеньков на корнях 9,84 млн. шт./га и масса клубеньков 732,8 кг/га.

Наибольшая урожайность с максимальной прибавкой к контролю (без регулятора роста) была получена на варианте опыта Полидон NPK – 1,96 т/га (0,43 т/га или 27,1%), а на фоне применения регулятора роста на этом же варианте урожайность была максимальной по опыту 2,23 т/га с прибавкой 0,7 т/га или 45,8%.

Ключевые слова: нут, листовые подкормки, регулятор роста, агротехника, вегетация, линейный рост, площадь листового аппарата, урожайность, экономическая эффективность.

CHICKPEA YIELD DEPENDING ON AGRICULTURAL PRACTICES

Abstract. In the conditions of the growing seasons of 2019-2021 field experiments were carried out on the effect of foliar feeding Polidon PK, Polydon biobean, Polidon NPK and growth regulator EcoLarix on the formation of plant height, photosynthetic and symbiotic activity and yield of chickpea variety Privol. The best preservation of chickpea plants was revealed when using foliar dressings and a growth regulator, which, in comparison with the control, was higher, especially in the options Polydon biobean – 96,0% and Polydon NPK – 98,6%. On average, for the options where the growth regulator was not used, the safety was 91,8%, against the background of its use it was 5,5% more and amounted to 97,3%. A positive effect of foliar feeding on the formation of the height of chickpea plants and the attachment of the lower bean was established. So, against the background of the use of the EcoLarix growth regulator, chickpea plants formed a greater height in all variants, including the control, on average for the variants it was 75,2 cm, which is 7,1 cm more than the average for the variants without the use of the growth regulator. The highest height of plants against this background was established when using Polydon NPK – 76,7 cm, in the same variant, the highest attachment of the lower bean on plants was noted – 36,3 cm. On the variant of Polidon NPK foliar feeding against the background of the use of EcoLarix growth regulator, the following were established: the maximum leaf area is 24,8 thousand m²/ha, the photosynthetic potential is 883,4 thousand m² day/ha and the net productivity of photosynthesis is 5,98 g/m² day, the number root nodules 9,84 million pieces/ha and nodule weight 732,8 kg/ha. The highest yield with the maximum addition to the control (without growth regulator) was obtained on the variant of the experiment Polydon NPK – 1,96 t/ha (0,43 t/ha or 27,1%), and against the background of the use of the growth regulator on the same variant the maximum yield was 2,23 t/ha with an increase of 0,7 t/ha or 45,8%.

Keywords: chickpeas, foliar feeding, growth regulator, agricultural technology, vegetation, linear growth, leaf area, productivity, economic efficiency.

Введение. В условиях сельскохозяйственного производства зерновые бобовые культуры были и остаются главным резервом улучшения продовольственного обеспечения населения, кормового обеспечения животноводства и значительным резервом биологического азота в растениеводстве [1, 5].

Являясь отличным предшественником для большинства сельскохозяйственных культур, зерновые бобовые позволяют повысить урожайность и рентабельность возделывания последующих культур без существенных дополнительных затрат. А повсеместное увеличение их посевных площадей будет способствовать решению проблемы дефицита растительного белка [6, 7, 8, 15].

Одним только увеличением площади посева зерновых бобовых культур невозможно в достаточной степени повысить валовые сборы белка, причиной тому является предельно допустимое научно-обоснованное насыщение севооборота бобовыми, по некоторым данным не превышающее 18-22%. Более перспективным путем повышения валового сбора и увеличения рентабельности производства зернобобовых является всестороннее совершенствование технологии их возделывания. Разрабатывая и апробируя новые и улучшая существующие агротехнические приемы, стало возможным увеличить степень реализации генетического потенциала растений, в том числе и за счет повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды [2, 3, 4, 9].

В последние годы во всех регионах, и частности в лесостепной зоне Центрального Черноземья, значительно увеличилась регулярность повторения засушливых условий, что отрицательно сказалось на урожайности всех зерновых бобовых высеваемых в регионе. В этой связи ряд сельскохозяйственных предприятий проявили большой интерес к одной из самых засухоустойчивых культур – нуту. Данная малораспространенная культура по своей хозяйственной ценности не уступает традиционному в регионе гороху, а по аминокислотному составу превосходит его. Отсутствие перспективных агротехнологий, адаптированных к определенным условиям, сдерживает распространение этой ценной культуры [10, 11, 12].

В ряде исследований было проведено изучение перспективных агротехнических приемов основанных на применении регуляторов роста и микроэлементов, позволяющих увеличить урожайность нута за счет повышения устойчивости к неблагоприятным условиям вегетации. Своевременная компенсация микроэлементов позволяет стимулировать важнейшие биохимические процессы: дыхание, синтез белков и углеводный, белковый и липидный обмены веществ, тем самым повышает продуктивность растений [6, 7, 14, 16].

Технология возделывания нута в юго-западной части Центрально-Черноземного региона разработана недостаточно. Поэтому разработка технологии и изучение влияния отдельных её элементов – регуляторов роста и микроудобрений – на урожайность нута в условиях региона является актуальным направлением для исследований.

Цель и задачи исследования. Провести оценку продукционного процесса растений нута в зависимости от изучаемых агротехнических приемов. Определить влияние регулятора роста и микроудобрений на показатели вегетационного периода, выживаемость растений, линейный рост, фотосинтетическую активность, количество и массу клубеньков, структуру продуктивности и урожайность нута.

Материалы и методы исследования. Экспериментальную работу проводили в 2019-2021 гг. в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона на базе Белгородского ГАУ в различающихся условиях вегетационных периодов.

Тип почвы опытного участка – чернозем типичный, среднесиловый, среднегумусовый, легкосуглинистого гранулометрического состава, гумуса 4,7%, рН 5,4 со средним содержанием основных элементов питания.

Объектом исследований был сорт нута Приво 1, который выведен в Волгоградском филиале ВНИИ селекции и семеноводства сорговых культур методом индивидуального отбора из популяции, полученной от скрещивания сорта Юбилейный с отбором коллекции ВИР к 249 из Афганистана. Включен в Госреестр в 1995 году для всех регионов возделывания культуры в РФ. Приво 1 относится к группе среднеранних сортов, созревает за 68-91 дней, отличается дружным цветением и созреванием. Куст у данного сорта прямостоячий, средней высоты (35-69 см). Листочки овально-удлиненные, среднего размера. Цветки белые. Семена светло-желтые, средней величины, округлой формы.

Характеризуется довольно большим числом бобов на растении 20-30 (максимум 80), число семян в бобе 1-2 шт. (максимум 3). Масса 1000 семян 246-295 г. Сорт устойчив к полеганию и осыпанию, также обладает высоким качеством: содержание белка 30,9%. Обладает высокими товарными и кулинарными качествами, относится к группе ценных сортов [13].

Площадь опытной делянки 45 м² учетная 35 м² повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. Заблаговременно за 3 недели до посева семена нута обрабатывали фунгицидным протравителем Максим XL, КС – 1,5 л/т., а непосредственно перед посевом проводили инокуляцию Planteco нут МС285 – 2 кг/т. Данный препарат содержит живые клетки культуры азотфиксирующих клубеньковых бактерий *Mesorhizobium ciceri* с титром не менее 2х10⁹ КОЕ/г и продукты их метаболизма.

Схема опыта представлена следующими вариантами: без применения регулятора роста, контроль – (только листовые подкормки), Полидон РК – 1 л/га; Полидон биобобовый – 1 л/га; Полидон NPK – 1,0 л/га трехкратно в фазу 2-х настоящих листьев, бутонизации и образования бобов. И эти же листовые подкормки на фоне применения регулятора роста ЭкоЛарикс, ВРП – 8г/га + Агропол, Ж – 0,06 л/га двукратно в фазу начала цветения и спустя 14 суток после первой обработки.

Предшественником в опыте была яровая пшеница, обработка почвы после уборки которой включала следующие операции: дискование двукратно на 6-8 см и 10-15 см МТЗ-82,1 + БДМ-2,5, внесение 2 ц диаммофоски МТЗ-82,1 + РУМ 1500 с последующей вспашкой МТЗ-82,1 + ПСКУ-3 на 25-27 см. Весенние агротехнические мероприятия включали: закрытие влаги в период физической спелости почвы МТЗ-82,1 + СГ-10 на 5-7 см. Предпосевную культивацию проводили двукратно на глубину 4-5 см МТЗ-82,1 + Ekiw 3,6.

Посев проводили в оптимальные сроки сеялкой СЗ-3,6, на глубину 3-4 см, норма высева 750 тыс. шт. всхожих семян на 1 га с последующим прикатыванием.

Через 2-3 дня после посева вносили смесь почвенный гербицид Мерлин флекс, КС – 0,2-0,3 л/га МТЗ-82,1 + ОРГ 800 расход рабочего раствора 250 л/га.

По мере появления злаковых сорняков применяли гербицид Форвард, МКЭ – 1,2 л/га. С целью профилактики болезней в фазу бутонизации растения нута опрыскивали фунгицидом Оптим, КЭ – 0,5 л/га, до цветения с целью борьбы с вредителями посевы опрыскивали однократно инсектицидом Эфория, КС – 0,3 л/га.

Учеты и наблюдения в опыте проводили согласно общепринятым методикам. Уборку урожая проводили комбайном Samro SR 2010 поделаячно со взвешиванием семян со всей делянки, с последующим пересчетом на 100% чистоту и 14% влажность, достоверность результатов исследований – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты исследований. Агротемпературологические условия вегетационных периодов в годы опытов были вполне типичными для нашего региона отличаясь за период исследований незначительными изменениями температуры и количества выпавших осадков. На фоне без применения регулятора роста (лишь листовые подкормки) более благоприятным для вегетации нута оказался 2019 г., а с его использованием 2020 и 2021 годы.

Учитывая климатические условия, которые различались по годам исследований, следует отметить исключительную зависимость в формировании растениями нута линейного роста, высоты прикрепления нижнего боба, площади листьев, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза, числа и массы клубеньков и уровня урожайности от изучаемых листовых подкормок и регулятора роста.

Сохранность растений нута в опыте зависела как от условий вегетационных периодов, так и от применяемых листовых подкормок и, особенно на фоне применения регулятора роста ЭкоЛарикс (табл. 1).

Таблица 1 – Густота и выживаемость растений нута в зависимости от листовых подкормок и регулятора роста, шт./м² 2019-2021 гг.

Вариант опыта (Фактор А)	I	II	III	IV	Среднее	Осталось к уборке	
						шт./м ²	%
Контроль (без регулятора роста)							
Контроль	70	72	72	72	72	66	91,6
Полидон РК	74	72	75	76	74	68	91,9
Полидон биобобовый	76	74	76	72	75	69	92,0

Продолжение таблицы 1

Полидон NPK	74	76	76	76	75	69	92,0
Регулятор роста (ЭкоЛарикс Фактор В)							
Контроль	72	71	71	73	72	70	97,2
Полидон РК	73	73	75	74	74	72	97,3
Полидон биобобовый	76	76	75	73	75	72	96,0
Полидон NPK	75	73	74	75	74	73	98,6

В годы проведения полевых опытов изучаемые агротехнические приемы оказывали положительное влияние на сохранность растений нута к моменту уборки. Лучшую сохранность растений отмечали в 2019 году, меньшей сохранностью характеризовались условия 2020 года.

В среднем за 2019-2021 гг. на контроле (без регулятора роста) густота растений нута была практически одинаковой, что говорит о хорошей полевой всхожести, но изменялась от 72 шт./м² до 75 шт./м², при этом практически не было различий в выживаемости растений на момент уборки, растений оставалось от 66 шт./м² до 69 шт./м², что на 5-6 шт./м² меньше, чем при вегетации. В среднем по вариантам, где не применяли регулятор роста, сохранность составила 91,8%.

Лучшей сохранностью к уборке характеризовались варианты опыта, где применяли регулятор роста ЭкоЛарикс. По сравнению с исходной густотой на этом фоне выпадение растений варьировало от 1 до 3 шт./м². Минимальной была сохранность растений нута на варианте с применением листовой подкормки Полидон биобобовый 96%, максимальной на варианте с применением Полидон NPK – 98,6%, в среднем по данному фону сохранность растений на момент уборки была выше, чем на в среднем по вариантам без регулятора роста на 5,5% и составила – 97,3%. Полученные данные позволяют сделать предварительный вывод о положительном влиянии листовых подкормок на фоне применения регулятора роста на высокий процент выживаемости растений нута.

Важным морфологическим признаком, который определяет процессы роста растений, является их высота, она в определенной степени отражает реакцию растения на условия произрастания, агротехники и элементов технологии возделывания. В наших опытах, проведенных в 2019-2021 гг., высота растений нута изменялась в зависимости от почвенных и метеорологических условий, а также от применяемого регулятора роста и листовых подкормок. Во все годы исследований и во все фазы развития растения нута формировали большую высоту на вариантах с применением листовых подкормок Полидон РК, Полидон биобобовый, Полидон NPK (без регулятора роста). Еще большей высота растений нута была на фоне применения регулятора роста ЭкоЛарикс.

В среднем за 2019-2021 гг. высота растений нута в фазу образования бобов на вариантах опыта без применения регулятора роста изменялась от 63,5 см на контроле (без листовых подкормок) до 72,3 см на варианте Полидон NPK. В среднем по вариантам (без применения регулятора роста) высота растений составила 68,1 см. Применение листовых подкормок оказывало положительное влияние на формирование высоты по сравнению с контролем, достоверно большая высота получена на всех вариантах, где применяли некорневые подкормки (табл. 2).

Таблица 2 – Линейный рост растений и высота прикрепления нижнего боба у сорта нута Приво 1 в зависимости от листовых подкормок и регулятора роста, 2019-2021 гг.

Вариант опыта (Фактор А)	Контроль (без регулятора роста)		Регулятор роста (ЭкоЛарикс Фактор В)	
	среднее на одно растение, см			
	высота растений	высота прикрепления нижнего боба	высота растений	высота прикрепления нижнего боба
Контроль	63,5	23,2	73,4	32,1
Полидон РК	67,2	25,9	74,6	34,9
Полидон биобобовый	69,4	26,4	75,9	35,9
Полидон NPK	72,3	27,5	76,7	36,3
В среднем по вариантам	68,1	25,8	75,2	34,8
НСР ₀₅ для фактора А	2,61	0,92		
НСР ₀₅ для фактора В и АВ			1,12	0,86

Так достоверные различия в формировании высоты составили по вариантам: Полидон РК – 4,0 см, Полидон биобобовый – 5,9 см и Полидон NPK – 8,8 см (НСР₀₅ 2,61). Межвариантные различия при этом были несущественными между вариантами Полидон РК и Полидон биобобовый и составили 2,2 см, существенными различия были между вариантами Полидон биобобовый и Полидон NPK – 2,9 см и Полидон NPK и Полидон РК – 5,1 см. Максимальную высоту растений сформировали растения нута на варианте с использованием Полидон NPK – 72,3 см.

На фоне применения регулятора роста ЭкоЛарикс растения нута формировали большую высоту на всех вариантах включая контроль в среднем по вариантам она составила 75,2 см, что на 7,1 см больше, чем в среднем по вариантам без применения регулятора роста. На этом фоне высота растений нута на всех вариантах была достоверно выше по сравнению с контролем, так на варианте Полидон РК различия составили 1,2 см, Полидон биобобовый – 2,5 см, Полидон NPK – 3,3 см (НСР₀₅ 1,12). Межвариантные различия на данном фоне были несущественными лишь в сравнении Полидон биобобовый и Полидон NPK составили 0,8 см при НСР₀₅ 1,12. Наибольшая высота растений на этом фоне установлена при применении Полидон NPK – 76,7 см.

Высота прикрепления нижнего боба имеет особенно важное значение, так как определяет эффективность уборки. В наших опытах ее значение зависело как от применения некорневых подкормок, так и от использования регулятора роста. Установлено, что при некорневых подкормках (без регулятора роста) в сравнении с контролем высота прикрепления нижнего боба была достоверно выше на всех вариантах, различия варьировали от 2,7 см (Полидон РК) до 4,3 см (Полидон NPK) при НСР₀₅ 0,92. Еще выше высота прикрепления нижнего боба была на вариантах, где применяли регулятор роста ЭкоЛарикс различия изменялись от 2,8 см (Полидон РК) до 4,2 см (Полидон NPK) и была практически одинаковой на этом варианте в сравнении с фоном без регулятора роста.

Важное значение в продуктивности зерновых бобовых культур, в том числе и нута, имеют особенности формирования ассимилирующего аппарата. В наших опытах площадь листьев в среднем по вариантам (без регулятора роста) составила – 22,8 тыс.м²/га, минимальной она была на контроле – 21,2 тыс.м²/га, максимальной на варианте Полидон NPK – 23,9 тыс.м²/га. На фоне внесения регулятора роста ЭкоЛарикс растения нута формировали большую площадь листьев, различия по сравнению с контролем варьировали от 1,5 тыс.м²/га. до 2,9 тыс.м²/га. По фону значение площади листьев изменялось от 21,9 тыс.м²/га до 24,8 тыс.м²/га, а в среднем по вариантам составило 23,5 тыс.м²/га. Наибольшую площадь листьев сформировали растения нута при обработке Полидон NPK в сочетании с регулятором роста ЭкоЛарикс – 24,8 тыс.м²/га (табл. 3).

Таблица 3 – Фотосинтетическая деятельность растений нута в зависимости от листовых подкормок и регулятора роста, 2019-2021 гг.

Вариант опыта (Фактор А)	Площадь листьев тыс. м ² /га	ФП, тыс. м ² сутки/га	ЧПФ, г/м ² сутки
Контроль (без регулятора роста)			
Контроль	21,2	624,3	5,62
Полидон РК	22,6	657,2	5,73
Полидон биобобовый	23,4	675,7	5,78
Полидон NPK	23,9	724,3	5,81
В среднем по вариантам	22,8	670,4	5,70
Регулятор роста (ЭкоЛарикс Фактор В)			
Контроль	21,9	634,8	5,72
Полидон РК	23,4	685,3	5,82
Полидон биобобовый	23,7	692,5	5,92
Полидон NPK	24,8	883,4	5,98
В среднем по вариантам	23,5	724,0	5,86

Фотосинтетический потенциал также изменялся в зависимости от регулятора роста и листовых подкормок. В среднем за 2019-2021 гг. показатель ФП в среднем по вариантам, где не применяли регулятор роста, составил 670,4 тыс. м² сутки/га, различия по вариантам составили от 32,9 тыс. м² сутки/га до 100,0 тыс. м² сутки/га. На фоне, где использовали регулятор роста, в сочетании с листовыми подкормками величина ФП в среднем по вариантам подкормок составила 724 тыс. м² сутки/га и была на 53,6 тыс. м² сутки/га больше, чем в среднем по вариантам, где не применяли регулятор роста. Наибольший ФП установлен при совместном использовании Полидон NPK и регулятора ЭкоЛарикс – 883,4 тыс. м² сутки/га. Чистая продуктивность фотосинтеза за анализируемый период на фоне применения лишь листовых подкормок (без регулятора роста) составила 5,70 г/м² сутки, а на фоне регулятора роста была несколько большей 5,86 г/м² сутки. Лучшая чистая продуктивность фотосинтеза получена на варианте Полидон NPK на фоне регулятора роста составила 5,98 г/м² сутки.

Симбиотическая активность нута имеет важное значение в формировании урожайности. В наших опытах в среднем за 2019-2021 гг. число клубеньков и их масса зависели от некорневых подкормок и регулятора роста и варьировали от 5,92 млн. шт./га. до 9,84 млн. шт./га, от 415,4 кг/га до 732,8 кг/га.

На вариантах опыта, где не применяли регулятор роста в среднем за три года число клубеньков на контроле составило 5,92 млн. шт./га, на варианте Полидон РК было большим на 1,93 млн. шт./га и составило – 7,85 млн. шт./га, при этом масса клубеньков по сравнению с контролем также была большей на 122,4 кг/га и составила – 537,8 кг/га. На варианте Полидон биобобовый число и масса клубеньков была еще большей 8,42 млн. шт./га и 623,1 кг/га различия с контролем составили 2,5 млн. шт./га и 207,7 кг/га соответственно. Максимальное количество клубеньков на этом фоне установлено при некорневой подкормке Полидон NPK – 9,23 млн. шт./га, что на 3,31 млн. шт./га больше, чем на контроле, масса клубеньков составила 689,8 кг/га и была больше на 273 кг/га.

Еще большим было число клубеньков и их масса на корнях растений нута на фоне применения регулятора роста. В среднем по вариантам за 2019-2021 гг. изменялось от 6,69 млн. шт./га до 9,84 млн. шт./га. При некорневой подкормке Полидон РК число клубеньков было больше контроля на 2,83 млн. шт./га. и составило 9,52 млн. шт./га., такая же тенденция отмечена и по формированию массы клубеньков на этом варианте, которая также была больше контроля на 186,7 кг/га и составила 643,9 кг/га.

На варианте Полидон биобобовый в сочетании с регулятором роста число и масса клубеньков были больше, чем на варианте Полидон РК и на контроле. В сравнении с контролем количество клубеньков было большим на 2,98 млн. шт./га и составило 9,67 млн. шт./га при этом масса была также больше на 226,5 кг/га и составила 683,7 кг/га (табл. 4).

Таблица 4 – Число и масса клубеньков на корнях растений нута в зависимости от листовых подкормок и регулятора роста, 2019-2021 гг.

Вариант опыта (Фактор А)	Число клубеньков, млн. шт./га				Масса клубеньков, кг/га			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	в среднем	2019 г.	2020 г.	2021 г.	в среднем
Контроль (без регулятора роста)								
Контроль	5,84	6,02	5,91	5,92	421,3	406,8	418,2	415,4
Полидон РК	7,92	7,65	7,97	7,85	546,2	534,2	532,9	537,8
Полидон биобобовый	9,02	8,52	7,72	8,42	616,1	631,2	622,1	623,1
Полидон NPK	8,95	9,37	9,37	9,23	692,5	679,4	697,3	689,7
В среднем по вариантам	7,93	7,89	7,74	-	569,0	562,9	567,6	-
Регулятор роста (ЭкоЛарикс Фактор В)								
Контроль	7,02	6,34	6,72	6,69	452,2	462,4	457,1	457,2
Полидон РК	9,54	9,89	9,13	9,52	642,8	641,2	647,8	643,9
Полидон биобобовый	9,87	9,42	9,73	9,67	683,7	673,4	694,1	683,7
Полидон NPK	9,64	9,85	10,02	9,84	743,6	721,5	733,4	732,8
В среднем по вариантам	9,02	8,88	8,90	-	630,6	624,6	633,1	-

Наибольшее число и масса клубеньков получены на фоне применения регулятора роста на варианте Полидон NPK 9,84 млн. шт./га и 732,8 кг/га, что на 3,15 млн. шт./га и 275,6 кг/га больше контроля, и на 0,61 млн. шт./га и 43,1 кг/га больше чем на этом же варианте, но без применения регулятора роста.

Проведенный анализ урожайности нута в зависимости от изучаемых агротехнических приемов позволил установить закономерности её формирования, как на вариантах листовых подкормок, так и в сочетании с регулятором роста (табл. 5)

Таблица 5 – Урожайность нута в зависимости нута в зависимости от листовых подкормок и регулятора роста, 2019-2021 гг.

Вариант опыта (Фактор А)	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя	± к контролю	
					т/га	%
Контроль (без регулятора роста)						
Контроль	1,55	1,42	1,63	1,53	—	—
Полидон РК	1,65	1,72	1,58	1,65	0,12	7,8
Полидон биобобовый	1,79	1,82	1,92	1,84	0,31	20,3
Полидон NPK	2,10	1,95	1,82	1,96	0,43	28,1
В среднем по вариантам	1,77	1,73	1,74	-	0,29	18,7
Регулятор роста (ЭкоЛарикс Фактор В)						
Контроль	1,65	1,75	1,60	1,67	-	-
Полидон РК	1,95	1,78	1,89	1,87	0,34	22,2
Полидон биобобовый	1,84	1,91	2,01	1,92	0,39	25,5
Полидон NPK	2,11	2,34	2,25	2,23	0,70	45,8
В среднем по вариантам	1,89	1,95	1,94	-	0,48	31,2
НСР05 для фактора А	0,26	0,34	0,21			
НСР05 для фактора В и АВ	0,20	0,19	0,30			

Влияние листовых подкормок, как с применением регулятора роста, так и без него не во все годы исследований показывали достоверно большую прибавку урожая. В 2019 году в среднем по вариантам, где не применяли регулятор роста (лишь некорневые подкормки) средний по вариантам уровень урожайности составил 1,77 т/га, но достоверную прибавку выше контроля 0,55 т/га (при НСР₀₅ 0,26) получили на варианте Полидон NPK, урожайность на котором составила – 2,10 т/га, тогда как на контроле лишь – 1,55 т/га. На фоне применения регулятора роста на этом же варианте получена и достоверно большая прибавка урожая 0,46 т/га (при НСР₀₅ 0,20), урожайность составила – 2,11 т/га, на остальных вариантах прибавка была незначительной и находилась в пределах ошибки опыта. Межфоновые различия в этом году также были незначительными. В 2020 году достоверная прибавка по сравнению с контролем была получена при применении Полидон биобобовый – 0,4 т/га и Полидон NPK – 0,53 т/га (при НСР₀₅ 0,34), между вариантами, кроме контроля, различия в этом году были недостоверные. На фоне применения регулятора роста достоверная прибавка получена на варианте Полидон NPK – 0,59 т/га (при НСР₀₅ 0,19), величина урожая составила 2,34 т/га. При сравнении вариантов на этом фоне кроме контроля достоверные различия получены на варианте Полидон биобобовый и Полидон NPK – 0,43 т/га, Полидон РК и Полидон NPK – 0,56 т/га. В 2021 году без применения регулятора роста достоверная прибавка получена лишь на варианте Полидон биобобовый – 0,29 т/га (при НСР₀₅ 0,34) урожайность составила 1,92 т/га. На фоне использования регулятора роста достоверные прибавки урожая были получены на двух вариантах опыта Полидон биобобовый – 0,41 т/га при уровне урожайности 2,01 т/га и Полидон NPK – 0,65 т/га при урожайности 2,25 т/га (при НСР₀₅ 0,30). В 2021 году межфоновые различия в урожайности были достоверными также на варианте опыта Полидон NPK в сочетании с регулятором роста и составили 0,43 т/га.

В среднем за 2019-2021 гг. наибольшая урожайность с максимальной прибавкой к контролю (без регулятора роста) была получена на варианте опыта Полидон NPK – 1,96 т/га прибавка (0,43 т/га или 27,1%). Этот же вариант обеспечил максимальную урожайность и на фоне применения регулятора роста – урожайность 2,23 т/га с прибавкой 0,7 т/га или 45,8%. За счет применения регулятора роста прибавка на варианте Полидон NPK в среднем за 3 года была максимальной и составила 0,27 т/га, что свидетельствует об эффективном его сочетании листовыми подкормками.

Заключение. Таким образом, проведенные нами опыты по влиянию агротехнических приемов на особенности роста, развития и формирования урожайности нута в условиях региона позволили выявить лучший вариант листовой подкормки Полидон NPK на фоне применения регулятора роста, обеспечивающий максимальный уровень урожайности.

Библиография

- Аленин, П.Г. Применение биорегуляторов в технологии возделывания нута [Текст] / П.Г. Аленин, А.Н. Кшникаткина, И.А. Зеленцов // Нива Поволжья. – 2014. – № 3 (32). – С. 2-7.
- Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.
- Германцева Н.И., Калинина Г.В., Селезнева Т.В. Испытание гербицида «пивот» в посевах нута [Текст] / Адаптивные технологии производства качественного зерна в засушливом Поволжье. – Саратов, 2004. – С. 136-140.
- Демченко, М.М. Влияние бактериальных и органических удобрений на симбиотическую азотфиксацию и продуктивность нута в подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья // Автореф. дис. канд. с.х. наук: 06.01.09 / Демченко М.М. – Волгоград, 2003. – 24 с.
- Джафарова, Р.И. Структура урожая, урожайность и химический состав семян нута при использовании регуляторов роста и микроэлементов в технологии его возделывания [Текст] / Р.И. Джафарова, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (70). – С. 66-69.
- Столяров, О.В. Нут (*Cicer arietinus*) [Текст] / О.В. Столяров, В.А. Федотов, Н.И. Демченко. – Воронежский ГАУ, 2004. – 256 с.

7. Столяр О.В., Калашникова С.В. Изучение качества различных сортов продовольственного нута, выращенных в условиях ЦЧР [Текст] // *Зерновое хозяйство*. 2003. № 5. С. 22.
8. Муравьева, И.С. Резервы повышения урожайности нута в условиях Белгородской области [Текст] / И.С. Муравьева, В.А. Сергеева // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 24–25 февраля 2021 года. Том 1. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 53.
9. Мырмыр, М.Н. Урожайность нута в зависимости от листовых подкормок [Текст] / М.Н. Мырмыр, В.А. Сергеева // *Наука и молодёжь: новые идеи и решения : материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей*, Волгоград, 24–26 марта 2021 года. Том Часть II. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. – С. 373-375.
10. Клышников, В.И. Агротехника нута посевного в условиях Белгородской области [Текст] / В.И. Клышников, А.А. Муравьев // Горинские чтения. Наука молодых – инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции «Горинские чтения, Майский, 28–29 марта 2019 года. Том 1. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2019. – С. 11-12.
11. Урожайность и качественные показатели нута в зависимости от применения регуляторов роста [Текст] / И.М. Ханиева, З.З. Тарашева, А.Р. Саболиров, И.В. Хакулов // Лучшая исследовательская статья 2020 : сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 25 октября 2020 года. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2020. – С. 94-98.
12. Продуктивность посевов нута при использовании в технологии его возделывания регуляторов роста, микроэлементов и Ризоторфина [Текст] / В.Б. Щукин, Н.В. Ледовский, Р.И. Джафарова, Н.В. Ильясова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 6 (62). – С. 28-30.
13. Сорты растений включенные в Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию на 16.08.2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9051972/>. (Дата обращения 15.02.2023).
14. Ханиева, И.М. Применение регуляторов роста в технологии выращивания нута в предгорной зоне Кабардино-Балкарии [Текст] / И.М. Ханиева, З.З. Тарашева // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2016. – № 1. – С. 40-41.
15. Щукин, В.Б. Совершенствование технологии возделывания нута в условиях Оренбургского Предуралья [Текст] / В.Б. Щукин, Р.И. Джафарова, Н.В. Ильясова // *Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : Сборник статей XII Международной научно-практической конференции*, Пенза, 23–24 января 2017 года / Под общей редакцией А.В. Носова. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – С. 77-81.
16. Щукин, В.Б. Влияние Ризоторфина, регуляторов роста и микроэлементов на урожайность нута [Текст] / В.Б. Щукин, В.В. Каракулев, А.Н. Бибикина // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 2 (34). – С. 40-42.

References

1. Alenin, P.G. Application of bioregulators in chickpea cultivation technology [Text] / P.G. Alenin, A.N. Kshnikatkina, I.A. Zelentsov // *Niva Povolzhya*. – 2014. – № 3 (32). – P. 2-7.
2. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.
3. Germantseva N.I., Kalinia G.V., Selezneva T.V. Testing the herbicide «pivot» in chickpea crops [Text] / *Adaptive technologies for the production of high-quality grain in the arid Povolzhye*. – Saratov, 2004. – S. 136-140.
4. Demchenko, M.M. Influence of bacterial and organic fertilizers on symbiotic nitrogen fixation and productivity of chickpeas in the subzone of light chestnut soils of the Lower Volga region // *Abstract of the thesis. Dis. Cand. s.kh. Sciences: 06.01.09 / Demchenko M.M.* – Volgograd, 2003. – 24 p.
5. Jafarova, R.I. Yield structure, yield and chemical composition of chickpea seeds when using growth regulators and microelements in the technology of its cultivation [Text] / R.I. Jafarova, N.V. Ilyasova, V.B. Shchukin // *News of the Orenburg State Agrarian University*. – 2018. – № 2 (70). – P. 66-69.
6. Stolyarov, O.V. Chickpea (*Cicer arietinus*) [Text] / O.V. Stolyarov, V.A. Fedotov, N.I. Demchenko. – Voronezh State Agrarian University, 2004. – 256 p.
7. Stolyarov O.V., Kalashnikova S.V. Studying the quality of various varieties of food chickpeas grown in the conditions of the Central Chernobyl Region [Text] // *Grain Economy*. 2003. № 5. P. 22.
8. Muravyova, I.S. Reserves for increasing the yield of chickpeas in the conditions of the Belgorod region [Text] / I.S. Muravyova, V.A. Sergeeva // *Gorinsky Readings. Innovative solutions for the agro-industrial complex: Proceedings of the International Student Scientific Conference, Maisky, February 24–25, 2021. Volume 1. – May : Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, 2021. – P. 53.*
9. Мырмыр, М.Н. Chickpea yield depending on foliar application [Text] / М.Н. Мырмыр, В.А. Сергеева // *Science and youth: new ideas and solutions: materials of the XV International Scientific and Practical Conference of Young Researchers, Volgograd, March 24–26, 2021. Volume Part II. – Volgograd : Volgograd State Agrarian University, 2021. – P. 373-375.*
10. Klyshnikov, V.I. Agrotechnics of chickpeas in the conditions of the Belgorod region [Text] / V.I. Klyshnikov, A.A. Muravyov // *Gorinsky Readings. The science of the young – to the innovative development of the agro-industrial complex: Materials of the International Student Scientific Conference «Gorin Readings», Maisky, March 28–29, 2019. Volume 1. – May : Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, 2019. – P. 11-12.*
11. Yield and quality indicators of chickpeas depending on the use of growth regulators [Text] / I.M. Khanieva, Z.Z. Tarasheva, A.R. Sabolirov, I.V. Khakulov // *Best research article 2020: collection of articles II International Research Competition, Petrozavodsk, October 25, 2020. – Petrozavodsk : International Center for Scientific Partnership «New Science» (IP Ivanovskaya Irina Igorevna), 2020. – P. 94-98.*
12. The productivity of chickpea crops when using growth regulators, microelements and Rizotorfin in the technology of its cultivation [Text] / V.B. Shchukin, N.V. Ledovsky, R.I. Dzhafarova, N.V. Ilyasova // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian university*. – 2016. – № 6 (62). – P. 28-30.

13. Plant varieties included in the State Register of Breeding Achievements approved for use as of August 16, 2020 [Electronic resource]. – Access mode: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9051972/>. (accessed 15.02.2023).

14. Khanieva, I.M. The use of growth regulators in the technology of growing chickpeas in the foothill zone of Kabardino-Balkaria [Text] / I.M. Khanieva, Z.Z. Tarasheva // Bulletin of Russian Agricultural Science. – 2016. – № 1. – P. 40-41.

15. Schukin, V.B. Improving the technology of chickpea cultivation in the conditions of the Orenburg Cis-Urals [Text] / V.B. Schukin, R.I. Dzhafarova, N.V. Ilyasova // Agro-industrial complex: state, problems, prospects: Collection of articles XII International Scientific and Practical Conference, Penza, January 23–24, 2017 / Under the general editorship of A.V. Nosov. – Penza : Penza State Agrarian University, 2017. – P. 77-81.

16. Schukin, V.B. Influence of Rizotorfin, growth regulators and microelements on chickpea yield [Text] / V.B. Schukin, V.V. Karakulev, A.N. Bibikova // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2012. – № 2 (34). – P. 40-42.

Сведения об авторах

Муравьев Александр Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 30850, тел.: 8-951-142-75-77, e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru;

Муравьева Ирина Сергеевна, аспирант агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: 8-951-136-60-26, e-mail: ir.don4encko2016@yandex.ru.

Information about authors

Muravyov Alexander Alexandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, d. 1, Maisky settlement, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 30850, tel.: 8-951-142-75-77, e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru;

Muravyova Irina Sergeevna, post-graduate student of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: 8-951-136-60-26, e-mail: ir.don4encko2016@yandex.ru.

УДК 631.11 «324»:575.167

В.П. Нецветаев, О.В. Акиншина, А.В. Петренко, Я.О. Козелец, А.П. Ащеулова, Ю.М. Филиппова, А.И. Литвинов

МАССА ЗЕРНА И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ТЕПЛОВОМ СТРЕССЕ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Изменения погодно-климатических условий приводит к увеличению встречаемости аномальных факторов внешней среды в период вегетации. Их анализ и оценка реакции создаваемых генотипов на экстремальные факторы окружающей среды, являются важными составляющими при создании новых, перспективных сортов озимой мягкой пшеницы.

Показана разница во влиянии теплового стресса на зерновую продуктивность и формированию массы зерновки различных сортов и их семей. Анализ реакции 7 сортов озимой мягкой пшеницы Белгородской и Курской селекции на тепловой стресс показал снижение массы зерна в 2021 г. по сравнению с предшествующим годом в среднем на 16,0%. В целом сложившиеся условия внешней среды привели к снижению урожайности этих сортов на в 60-61%. 11 сортов южного происхождения (Ростовской селекции) снизили массу зерна на 11,1%. Характерно, что озимая твердая пшеница наиболее сильно реагировала на данный стресс. Так, 4 сорта ростовской селекции (Зерноград) снизили массу зерновки в 2021 г. в среднем на 21,2%.

Установлено, что генотипы с сочетанием наследственных факторов *Gld 1D5* β-AMY-A и *Gld 1D5* β-AMY-B в условиях запала зерна выделялись по зерновой продуктивности. При благоприятных для формирования урожая условиях среды преимущества по урожайности зерна имели генотипы со следующим сочетанием наследственных факторов: *Gld 1D2* β-AMY-B. Носители сочетаний факторов *Gld 1D2* β-AMY-D по сравнению с генотипами, несущими *Gld 1D2* β-AMY-A, существенно снижали урожайность и проявили тенденцию к уменьшению массы зерновки в условиях теплового стресса. Сорта Богданка, Синтетик и Ольшанка озимой мягкой пшеницы Белгородской селекции оказались гетерогенными по реакции на данный стресс. Анализ семей сорта Ольшанка показал, что этот сорт несет два доминантных наследственных фактора, обуславливающих толерантность к тепловому стрессу. Характерно, что сорта Синтетик и Богданка несут по два рецессивных гена устойчивости к данному неблагоприятному фактору среды.

Гетерогенные по глиадин-кодирующим и бета-амилазным локусам сорта имеют более широкую адаптивную реакцию к вариации внешней среды.

Ключевые слова: тепловой стресс, сорта озимой пшеницы, аллели *Gld 1D* локуса, изоферменты бета-амилазы, урожайность, масса зерна.

GRAIN WEIGHT AND YIELD OF WINTER WHEAT UNDER THERMAL STRESS IN THE FIELD

Abstract. Changes in weather and climate conditions lead to an increase in the occurrence of abnormal environmental factors during the growing season. Their analysis and assessment of the created genotypes for extreme environmental factors are important components in the creation of new, promising varieties of winter common wheat.

The study of the variety responses and their families to heat stress showed that they differ in yield and grain mass formation. An analysis on the response of 7 winter common wheat varieties of Belgorod and Kursk breeding to heat stress showed a decrease in grain weight in 2021 compared to the previous year by an average of 16.0%. In general, the prevailing environmental conditions led to a decrease in the yield of these varieties by 60-61%. 11 varieties of southern origin (Rostov breeding) reduced grain weight by 11.1%. Characteristically, winter durum wheat reacted most strongly to this stress. So, 4 varieties of Rostov breeding (Zernograd) reduced the weight of the grain in 2021 by an average of 21.2%.

It was found that genotypes with a combination of hereditary factors *Gld 1D5* β-AMY-A and *Gld 1D5* β-AMY-B under heat stress conditions were distinguished by grain productivity. Under favorable environmental conditions for crop formation, genotypes with the following combination of hereditary factors had advantages in terms of grain yield: *Gld 1D2* β-AMY-B. *Gld 1D2* β-AMY-D coupled factors significantly reduced yield and showed a tendency to decrease in grain weight under heat stress compared with genotypes carrying *Gld 1D2* β-AMY-A.

Varieties Bogdanka, Sintetik and Olshanka of winter common wheat of Belgorod breeding turned out to be heterogeneous in response to this stress. An analysis of the families of the Olshanka variety showed that this variety carries two dominant hereditary factors that determine tolerance to heat stress. Characteristically, the Sintetik and Bogdanka varieties carry two recessive resistance genes to this unfavorable environmental factor.

Varieties heterogeneous for gliadin-coding and beta-amylase loci have a wider adaptive response to environmental variations.

Keywords: heat stress, winter wheat varieties, *Gld 1D* locus alleles, beta-amylase isoenzymes, yield, grain weight.

Введение. В связи с изменением климата одним из ведущих факторов внешней среды, влияющих на рост и развитие растений, является изменение температуры. Пшеница сильно страдает от высоких температур в период завязывания и налива зерна, что сказывается на величине урожая зерна [1]. Этот стрессовый фактор влияет на размер и массу зерновки. Пшеница особенно чувствительна к температуре выше диапазона 20-30°C, а средние температуры в течение стадии налива зерна пшеницы часто превышают оптимум в большинстве районов выращивания пшеницы, который считается одним из наиболее важных факторов, ограничивающих урожайность зерна пшеницы [2]. Некоторые сорта пшеницы могут снижать урожай на 10-15% на каждое повышение температуры на 5°C [3]. В Российской Федерации наиболее сильная засуха наблюдалась в 2010 году. Она поразила большую часть европейской территории России, юг Урала и ряд южных районов Забайкалья. Средняя температура воздуха за май превысила норму на 2,6-5,0°, а количество осадков на преобладающей территории данных регионов составляла в среднем по субъектам от 40 до 60% нормы [4].

Стресс от засухи ускоряет рост зерна, уменьшает выполненность и общее накопление крахмала, что напрямую коррелирует с продуктивностью пшеницы [5]. Крахмал, состоящий из амилозы и амилопектина, является основным компонентом эндосперма пшеницы. На его долю приходится 65-75% массы зерна. Он является основным фактором, определяющим урожайность зерна. Накопление крахмала происходит синхронно с развитием зерна пшеницы [6]. Пик накопления крахмала в зерне приходится на период от 12 до 35 дней после цветения [7-10]. Учитывая значимость углеводного комплекса в формировании урожая зерна Hongfang Lu с соавторами [11] исследовали относительную транскрипцию 23 изоферментных генов,

кодирующих энзимы, участвующие в биосинтезе крахмала зерна у пшеницы с использованием количественной ПЦР в реальном времени. Установлено, что под действием высокой температуры снижалась экспрессия 22 из них. В случае стресса от засухи снижалась экспрессия только 6 генов. Следовательно, снижение зерновой продуктивности под действием температурного шока носит полигенный характер. Talukder et al. [12] для картирования локусов, ответственных за количественные признаки (QTL), использовали 972 молекулярных маркера. В качестве количественных признаков реакции на тепловой стресс оценивали повреждение тилакоидной и плазматической мембран, содержание хлорофилла у растений популяции пшеницы в F₉ и F₁₀ Ventnor x Karl 92. Они идентифицировали пять областей QTL, которые значительно повлияли на изменение этих трех тестируемых признаков, реагирующих на температурный стресс после цветения. Места положения этих областей были обнаружены на хромосомах 6A, 7A, 1B, 2B и 1D.

Цель исследований. Настоящая работа посвящена выявлению наследственных факторов, обуславливающих разную реакцию озимой пшеницы на тепловой стресс в полевых условиях внешней среды.

Материалы и методы. Исследования проводили в селекционном севообороте опытного поля отделения №2 ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», расположенного в западном агроклиматическом районе Белгородской области (п. Гонки). Площадь делянки составляла 18 м², в КСИ (конкурсном сортоиспытании) повторность четырехкратная, в семенном питомнике (СП) каждая семья высевалась без повторностей на делянке в 18 м². Норму высева семян по всем сортам определяли из расчета 4,5 млн./га. Посев проводили в течение 10-14 сентября 2020 г. Осень отличалась сухой погодой. Дождь выпал только 17 октября 2020 г. в количестве 28,5 мм. Предшественником для озимой пшеницы служил черный пар, поэтому всходы появились на 8-9 день после посева. Весной в начале мая (фаза кушения) проводили прикорневую подкормку посевов озимой пшеницы аммиачной селитрой с помощью рядовой сеялки при норме расхода удобрения 2 ц/га (в туках). Основное удобрение не применяли. Для борьбы с сорной растительностью использовали средства защиты Балерина + Магnum Колосаль про + Борей. Аналогичные агротехнические мероприятия проводили и в предыдущие годы.

Начало колошения озимых в 2021 году наступило позже обычного и пришлось на первую декаду июня. Особенностью этого вегетационного периода также явилось резкое повышение температуры после 16 июня (табл. 1). Оно пришлось на период цветения и начало налива зерна, что неблагоприятно сказалось на его формировании.

Таблица 1 – Метеоданные в течение июня 2021 года (п. Гонки, Белгородский р-н)

Дата	Ср. температура воздуха	Ср. температура почвы	Осадки, мм
1	9,9	11	
2	13,5	16	1,2
3	14,3	19	
4	15,5	22	
5	14,1	17	2
6	16,0	17	13
7	15,6	19	2,5
8	15,8	20	0,5
9	16,0	19	8
10	18,2	23	3,8
11	18,5	25	
12	16,7	22	6,5
13	18,0	25	2
14	20,2	26	11,3
15	20,6	26	
16	20,8	28	2,6
17	21,2	32	
18	21,7	36	
19	21,7	35	
20	23,4	37	
21	26,0	35	
22	26,7	36	
23	27,7	35	
24	28,0	39	
25	28,8	40	
26	28,3	37	
27	26,5	35	
28	22,5	33	13,8
29	23,4	30	10,5
30	22,8	31	
Среднее за месяц	20,4	11	
Σ	611,6	-	77,7
Среднемноголетние данные за июнь			
Показатели	17,9	-	63

В результате произошел запал зерна, выразившийся в значительном снижении его массы (табл. 2).

Для статистической обработки полученных данных использовали дисперсионный анализ (программа СтатНов). Корреляционный анализ проводили в программе Nirsmain.

Результаты и их обсуждение. Уровень снижения массы 1000 зерен в 2021 году по сравнению с благоприятным для его формирования 2020 годом по сортам, созданным в Белгородской и Курской областях, представлен в табл. 2. Как видно, наибольшей реакцией на повышенные температуры в период налива зерна отличались сорта Альмера и Синтетик. Слабая

реакция на этот фактор среды отмечена у сортов Корочанка и Льговская 4. Характерно, что сорт Корочанка наиболее засухоустойчив и выделяется по продуктивности на склоновых землях [13]. В среднем снижение массы 1000 зерен среди сортов нашего региона в 2021 году составило 6,8 г. Сложившиеся условия прошедшего вегетационного периода определили более 55% изменчивости по данному признаку. Сортные различия обуславливали лишь около 25% вариации по массе зерновки.

Один из новых сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» Ольшанка в 2020 году дал урожай в 75,6 ц/га, а в 2021 – 34,7 ц/га, разница составила 40,9 ц/га. Следовательно, по реакции на тепловой стресс он был близок к Льговской 4, но отличался от него большей продуктивностью в благоприятный по погодным условиям 2020 год. В целом, условия года имеют доминирующее влияние на формирование урожайности, а генотип в данном наборе сортов слабое. Это свидетельствует о необходимости усиления работы в области создания новых форм пшеницы более адаптированных к стрессовым условиям среды.

Таблица 2 – Масса зерна и урожайности у сортов селекции Белгород-Курск по годам

Название сорта	Масса 1000 зерен в г по годам		Различия, г	Урожайность, ц/га		Различия, ц/га
	2020	2021		2020	2021	
Альмера	44	32	-12	86,0	24,4	-59,6
Синтетик	46	33,7	-12,3	84,9	33,7	-51,2
Ариадна	44	39	-5	78,4	30,6	-47,8
Богданка	39	31	-8	75,4	28,9	-46,5
Корочанка	38	37	-1	74,7	28,9	-45,8
Везелка	44	38	-6	77,9	21,6	-56,3
Льговская 4	43	40	-3	70,6	30,2	-40,4
Среднее	42,6	35,8	-6,8±1,6	78,3	28,3	-49,7±2,5
НСР _{0,95}			3,9	НСР _{0,95}		6,6
Доля влияния в %: Генотипа – 25,2; Условий года – 55,6; Случайные – 19,2				Доля влияния в %: Генотипа – 1,5; Условий года – 96,8; Случайные – 1,7		

В то же время, интерес вызывает вопрос о том, какая реакция на неблагоприятные условия этого периода у сортов южного происхождения. Данные оценки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Масса 1000 зерен у сортов озимой пшеницы южной селекции по годам

Название сорта	Культура	Масса 1000 зерен в г., по годам		Различия, г
		2020	2021	
Лилит	мягкая пшеница	42	35	-7
Аксинья		46	39	-7
Бонус		46	44	-2
Станичная		44	39	-5
Казачка		40	39	-1
Танаис		41	39	-2
Донская степь		45	37	-8
Жаворонок		46	40	-6
Донстар		41	34	-7
Донэра		41	41	0
Дон 105		41	35	-6
Среднее			43,0	38,4
НСР _{0,95}		1,9		
Доля влияния в %: Генотипа – 39,7; Условий года – 45,0; Случайные – 15,3				
Яхонт	твердая пшеница	43	33	-10
Янтарина		50	38	-12
Лазурит		47	39	-8
Юбилярка		47	39	-8
Среднее		46,3	37,3	-9,8±0,85
НСР _{0,95}		3,0		
Доля влияния в %: Генотипа – 19,1; Условий года – 78,5; Случайные – 2,4				

Как видно из таблицы, в среднем масса 1000 зерен у сортов южного региона на 3 г была выше, чем у сортов из Белгорода и Курска. Соответственно, и снижение массы 1000 зерен, в среднем, у этих сортов было меньше (4,6 г). Следовательно, проявилась тенденция у сортов с юга к меньшей реакции на данный неблагоприятный фактор по сравнению с сортами, созданными в нашем регионе. В результате, условия года в этом случае определяли лишь 45% изменчивости в вариации массы 1000 зерен, а роль сорта возросла почти до 40% в дифференциации этого показателя.

Беря во внимание то, что колошение озимых в 2021 году наступило в начале июня, оценили зависимость времени колошения на степень снижения массы зерновки под действием запала. В анализ включили 70 номеров озимой мягкой пшеницы конкурсного испытания. Колошение проходило в период с 4 по 10 июня. Корреляционный анализ показал положительную связь между временем колошения и уровнем снижения массы зерновки в 2021 году по сравнению с предшествующим годом и выразился величиной 0,294±0,116 (t=2,539; p<0.05). Следовательно, формы с более поздним колошением более подвержены действию запала зерна. В то же время, не выявлено связи между временем колошения и урожайностью (r=0,0305±0,121; n=70; t=0,252; p>0,1). Урожайность также не показала связи с редуцией массы зерновки (r=0,0035±0,121; n=70; t=0,029; p>0,1).

Учитывая, что сорта озимой мягкой пшеницы различались по остистости, провели оценку уровня снижения массы зерновки у сортов разновидности эритроспермум с сортами разновидности лютеценс. Реакция на условия года среди остистых выразилась снижением массы 1000 зерен на $4,1 \pm 1,2$ г, а безостые формы снизили этот показатель на $5,5 \pm 1,2$ г. Различия были несущественны ($t=0,81$). Следовательно, локус *В1*, обуславливающий безостость, не влиял на проявление реакции к запалу зерна у мягкой пшеницы.

Среди изученного растительного материала были сорта озимой твердой пшеницы (табл. 3). Анализ уровня снижения массы зерновки между группами сортов озимой мягкой и озимой твердой пшениц показал, что если у мягкой пшеницы он выражается величиной в $-4,63 \pm 0,86$ г, то у твердых сортов этот показатель был равен $-9,75 \pm 0,85$. Различия в $5,12$ г массы 1000 зерен между данными культурами значимы на уровне 99% ($t=4,23$). Следовательно, озимая твердая пшеница более чувствительна к запалу по сравнению с озимой мягкой пшеницей. Соответственно, условия года в этом случае у твердой пшеницы определили более 78% изменчивости в массе зерновки, а роль сорта снизилась до 19%.

На фоне снижения массы зерновки под действием высоких температур было интересно оценить гетерогенность сортов нашей селекции по реакции на данный фактор внешней среды. Для этого исследовали каждую семью на уровень снижения массы зерновки в 2021 году по сравнению с 2020 годом. Результаты демонстрирует таблица 4.

Таблица 4 – Масса 1000 зерен СП-20 – 21 у семей сортов Синтетик, Богданка и Ольшанка

Снижение массы 1000 зерен(г) семей Синтетика, Богданки и Ольшанки в 2021 г. по сравнению с 2020 г., количество семей (n)				
Уровень снижения, г	≤5	6	7	≥8
Синтетик, n	11	6	10	21
Богданка, n	2	0	2	11
Ольшанка, n	14	5	3	1

Как видно, представленные в таблице 4 семьи по уровню снижения массы 1000 зерен формируют две группы. Если допустить, что граница раздела в изменении массы 1000 зерен находится между 6 и 7 г, то численные отношения выделенных групп семей у сорта Синтетик составят 17 : 31. В $F \rightarrow \infty$ ожидаемые соотношения различий по одному гену будут 1 : 1, по двум генам 1 : 3. Результаты оценки числа локусов, ответственных за наблюдаемые различия в реакции на температурный стресс у трех сортов селекции Белгородского ФАНЦ РАН представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Оценка числа локусов, ответственных за различия в реакции на запал зерна, у сортов Синтетик, Богданка, Ольшанка

Показатели	Количество семей по оценке снижения массы зерен, г		n	$\chi^2_{1:1}$	P	$\chi^2_{1:3}$	P
	≤6	≥7					
Синтетик	17	31	48	4,08	<0,05	2,77	>0,05
Богданка	2	13	15	8,06	<0,01	1,09	>0,25
Ольшанка	19	4	20	9,78	<0,01	0,71	>0,25

Судя по степени снижения массы зерновки, данное отношение показывает, что семьи сортов Синтетик и Богданка, имеющие большую реакцию на температуру (≥ 7), контролируются действием двух доминантных локусов. Наоборот, аналогичная группа семей сорта Ольшанка обусловлена рецессивным состоянием по двум локусам. Наличие доминанта по одному или обоим генам у этого сорта приводит к большей устойчивости к тепловому стрессу. По встречаемости групп гомозиготных семей с разной реакцией на тепловой стресс в виде разного уровня снижения массы зерна, данные сорта демонстрируют, что приведенные различия на стресс обусловлены двумя локусами. Соответственно, у Синтетика и Богданки группа семей со слабой реакцией на запал (17+2) является гомозиготным рецессивом по генам *a* и *b* (генотип *aabb*), а группы с более сильной реакцией на стресс (31+13) несут доминантные аллели этих генов (генотипы *AAbb+aaBB+AABB*). Соотношение данных генотипов в гомозиготной популяции, какими являются эти сорта близко к 1 : 3 ($\chi^2=0,89$; $P>0,25$). Напротив, судя по соотношению гомозиготных семей сорта Ольшанка на запал зерна, слабая реакция на тепловой стресс обусловлена двумя доминантными генами *C* и *D*. Следовательно, семьи с такой реакцией (19) обусловлены генотипами *CCdd+ccDD+CCDD*, а семьи с сильной реакцией на стресс (4) будут иметь генотип *ccdd*. Соотношение данных генотипов в гомозиготной популяции, какой является Ольшанка близко к 3 : 1 (таблица 4). Обобщая наследственность, связанную с реакцией на тепловой стресс всех трех сортов, можно охарактеризовать выделенные группы семей этих сортов по всем четырем генам. Так, семьи со слабой реакцией на запал у сортов Синтетик и Богданка должны иметь генотип *aabbccdd*, а семьи этих сортов с сильной реакцией на стресс *AAbbccdd+aaBBccdd+AABbccdd*. У Ольшанки сильная реакция на запал могла быть обусловлена одним или несколькими генотипами, как и группа семей со слабой реакцией на этот фактор среды. Учитывая разную генетику устойчивости к тепловому стрессу Ольшанки по отношению к сортам Синтетик и Богданка, целесообразно вводить в гибридизацию слабо реагирующие на тепловой стресс семьи Синтетика и(или) Богданки (генотип *aabbccdd*) с семьями с аналогичной реакцией на запал сорта Ольшанка, несущих доминантные гены *CCDD*, для получения трансгрессии к стрессу в виде генотипа – *aabbCCDD*.

Таким образом, генетика реакции на температурный стресс у Ольшанки отличается от сортов Синтетик и Богданка. Это различие подтверждается также данными по сравнению величин снижения массы зерновки рассматриваемых сортов, представленных в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение реакции на запал зерна сортов Синтетик, Богданка и Ольшанка (масса зерновки урожая 2021 г. по сравнению с 2020 г.)

Название сорта	Число семей	Процент снижения массы зерновки	Различие	t _{факт.}	t _{0,001} табл.
Ольшанка	23	9,66±1,13	-	-	-
Синтетик	56	16,1±0,7	+6,44	4,845	3,29
Богданка	15	23,7±1,5	+7,6	4,432	3,29
НСР _{0,95}			3,7	-	-

Оценка влияния снижения массы 1000 зерен у 50 семей сорта Синтетик на урожайность зерна показала их статистическую связь. Так, коэффициент корреляции между процентом снижения массы зерновки у семей этого сорта в 2021 году в сравнении с этими показателями 2020 года и урожайностью 2021 года составил 0,367±0,134 (t_{факт.}=2,733; t_{0,05}=2,000). Таким образом, судя по величине детерминации, доля вклада изменения массы зерновки в формирование урожайности 2021 года, составила 13,5%. Анализ семей сорта Ольшанка подтвердил приведенную сопряженность. В данном случае, коэффициент корреляции между процентом снижения массы зерновки у семей этого сорта в 2021 году в сравнении с этими показателями 2020 года и урожайностью 2021 года составил: 0,466±0,193 (t_{факт.}=2,414, t_{0,05}= 2,080).

Сорта Синтетик и Ольшанка являются гомозиготными популяциями по аллелям локуса *Gld 1D*, контролирующим синтез глиадинов эндосперма пшеницы [14, 15]. Данный локус расположен в коротком плече хромосомы 1D [16]. Они также гетерогенны по изоферментам бета-амилазы, которые контролируются локусами β-*Amy-A1*, β-*Amy-B1*, β-*Amy-D1*. Эти локусы расположены, соответственно, в хромосомах 5A1, 4B1, 4D1 [17-19].

Учитывая, что ряд авторов [12, 20] установили связь хромосомы 1D с реакцией на тепловой стресс и его полигенный контроль у пшеницы, провели дифференциацию семей сортов Синтетик и Ольшанка по вариантам глиадина и изоферментам бета-амилазы. Результаты оценки реакции на запал зерна соответствующих носителей наследственных факторов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Оценка реакции на запал носителей изоферментов А и В бета-амилазы зерна и вариантов глиадина 1D2 и 1D5 семей сортов Синтетик и Ольшанка

Символы наследственных факторов	Выборка	Показатели			
		Процент снижения массы зерновки	Различия/t	Урожайность, ц/га	Различия/ t
Варианты глиадина Синтетик					
1D2	14	14,54±1,26	-	43,99±2,24	-
1D5	30	16,06±0,77	+1,52/1,02	45,95±1,53	+1,96/0,72
Изоферменты бета-амилазы					
А	24	15,51±0,81	-	44,04±1,65	-
В	20	15,66±1,11	+0,15/1,02	46,87±1,93	+2,83/0,72
Сочетание наследственных факторов					
1D2 А	5	17,58±2,39	-	39,14±2,22	-
1D2 В	9	12,86±1,20	-4,72/1,83	46,46±2,91	+7,32/2,00
1D5 А	19	14,96±0,80	-2,63/1,04	45,53±1,91	+6,39/2,18*
1D5 В	11	17,95±1,46	+0,37/0,130	47,02±2,68	+7,88/2,27*
Варианты глиадина Ольшанка					
1D2	17	10,81±1,34	-	40,66±1,78	-
1D5	6	7,43±2,16	-3,38/1,33	43,47±2,28	+2,81/0,96
Изоферменты бета-амилазы					
А	12	9,26±1,37	-	43,67±1,39	-
D ₁	11	10,65±2,01	+1,39/0,57	38,91±2,46	-4,76/1,68
Сочетание наследственных факторов					
1D2 А	11	9,24±1,50	-	44,14±1,44	-
1D2D ₁	6	14,28±2,20	+5,04/1,89	34,28±2,93	-9,86/3,02*
1D5 D ₁	5	7,02±2,59	-2,22/0,74	44,46±2,52	+0,32/0,11

* – различия существенны при P<0,05; D₁ – изоферментный состав бета-амилазы, ряда семей сорта Ольшанка.

Как показывает анализ таблицы различия по массе зерновки на реакцию запала зерна между семьями сортов Синтетик и Ольшанка, несущими варианты глиадина 1D2 и 1D5 были незначительны. То же касается урожайности выделенных групп семей. Аналогичная ситуация наблюдалась и между семьями сгруппированными по изоферментам бета-амилазы.

Анализ семей сорта Ольшанка дал следующие результаты. Носители аллелей *Gld 1D2* и *Gld 1D5* не отличались по уровню снижения массы 1000 зерен и урожайности. То же касается различий по этим показателям семей, отличающихся изоферментами А и D бета-амилазы. Различия между изоферментами А и D обусловлены аллелями локуса β-*Amy-D* [15, 21]. В то же время, сочетание наследственных факторов *Gld 1D2* с β-*AMY-D* привело к существенному снижению урожайности по сравнению с генотипами, несущими факторы *Gld 1D2* β-*AMY-A*. Характерно, что данный генотип проявил тенденцию к снижению массы зерновки по отношению к формам, имеющим сочетания факторов *Gld 1D 2*β-*AMY-A* и (или) *Gld1D5*β-*AMY-D*.

Анализ 80 образцов из КСИ-20 на сопряженность массы 1000 зерен с урожайностью в год благоприятный для формирования урожая показал отсутствие такой статистической связи. Так, коэффициент корреляции (r) между данными количественными признаками в 2020 г. составил 0,187±0,111 (t=1,683). Следовательно, масса зерновки была малозначима при

формировании урожайности озимой пшеницы в 2020 году. Аналогичная ситуация наблюдалась в 2021 году в условиях температурного стресса. В этом случае коэффициент корреляции (r) был равен 0,026±0,113 (t=0,233).

Анализ семей, сгруппированных по двум наследственным факторам, выявил следующую зависимость. Так, аллель *Gld 1D5* на фоне изофермента, по сравнению с аллелем *Gld 1D2*, у сорта Синтетик привел к значительно большему снижению массы зерна (на 5,09%. t=2,69; t_{таб. 0,95}=2,10). Характерно, что различия по урожайности между этими группами генотипов были незначительны. Это может свидетельствовать о том, что зерновая продуктивность рассматриваемых генотипов зависела не только от крупности зерна, а также от дополнительных не идентифицированных факторов. По урожайности существенно уступали генотипы, несущие сочетание вариантов глиадина 1D2 на фоне изофермента А, генотипам с сочетанием факторов *Gld1D5β-AMY-A* и *Gld1D5β-AMY-B*. Для сравнения различий в более благоприятных для формирования урожайности этих генотипов оценили урожайность их за 2016-2019 гг. Результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Урожайность семей сорта Синтетик, имеющих разное сочетание наследственных факторов, по годам при отсутствии температурного стресса

Символы наследственных факторов	Урожайность по годам, ц/га				
	2016	2017	2018	2019	среднее
<i>Gld1D2+β-AMY-A</i>	49,6±2,7	39,6±2,3	57,8±1,5	59,2±1,3	51,6
Число семей	4	4	7	6	-
<i>Gld1D2+β-AMY-B</i>	57,2±2,1	52,1±3,6	58,1±1,1	59,3±1,5	56,7
Число семей	6	7	9	9	-
<i>Gld 1D5+β-AMY-A</i>	56,1±3,9	51,9±1,9	56,4±1,2	57,8±1,1	55,5
Число семей	11	12	21	19	-
<i>Gld 1D5+β-AMY-B</i>	53,3±5,2	43,6±6,8	56,1±1,5	57,7±0,9	52,7
Число семей	4	3	12	13	-
НСР _{0,95}					5,0
Доля влияния: генотипа, %: – 14,2; год – 67,4; случайные отклонения – 18,4.					

Как видно из таблицы, в данном случае лишь генотип *Gld 1D2 β-AMY-B* существенно превысил по урожайности семьи, имевшие сочетание *Gld 1D2 β-AMY-A*. Следовательно, в экстремальных по температурам условиях среды семьи, имеющие сочетания *Gld 1D5 β-AMY-A* и *Gld 1D5 β-AMY-B*, способны лучше использовать свой потенциал продуктивности по сравнению с типичными условиями внешней среды [12].

Подобный температурный стресс для растений в нашем регионе наблюдался в 2010 году [4]. Он привел к запалу зерна. В связи с этим приводим результаты по реакции некоторых сортов озимой пшеницы на данные экстремальные условия внешней среды (табл. 9).

Таблица 9 – Масса зерна и урожайность четырех сортов озимой пшеницы по годам (2009-2011), п. Гонки (Белгородский р-н)

Название сорта	Масса 1000 зерен, по годам, г			Урожайность по годам, ц/га		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Козачья	44,2	35,5	43,6	53,3	15,7	24,4
Одесская 267	43,0	35,0	40,1	44,6	8,7	16,4
Везелка	43,5	34,4	46,5	49,0	15,0	23,7
Белгородская 16	46,0	39,7	45,0	57,2	17,2	29,8
среднее	44,2	35,9	43,8	51,0	14,2	23,6
НСР _{0,95}	2,9			2,6		
Доля влияния, %:	года 81,0; сорта 11,2; случайные отклонения 7,8			года 93,0; сорта 6,6; случайные отклонения 0,4		

Как видно, под действием теплового стресса снижение массы 1000 зерен у представленных четырех сортов озимой пшеницы в 2010 году по сравнению со средними показателями 2009 и 2010 года было значимо и составило 18,4%. Недобор урожая в 2010 году по сравнению с 2009 годом был равен 72,2%, а по сравнению с 2011 годом – 39,8%. К обоим годам это было существенное снижение зерновой продуктивности озимой пшеницы.

Заключение. В связи с наблюдаемыми изменениями климатических условий в последние десятилетия, можно ожидать увеличения встречаемости аномальных погодных условий в период вегетации. Это требует дополнительного внимания при создании новых сортов озимой пшеницы, получению генотипов, более слабо реагирующих на приведенные стрессовые факторы.

Среди новых сортов озимой мягкой пшеницы такой способностью обладает Олышанка, который несет два доминантных наследственных фактора, обуславливающих толерантность к тепловому стрессу.

Генотипы озимой мягкой пшеницы с сочетанием наследственных факторов *Gld 1D5β-AMY-A* и *Gld 1D5β-AMY-B* в условиях запала зерна выделялись по зерновой продуктивности. При благоприятных для формирования урожая условиях среды преимущества по урожайности зерна имели генотипы со следующим сочетанием наследственных факторов: *Gld 1D2β-AMY-B*.

Носители сочетаний факторов *Gld 1D2β-AMY-D* по сравнению с генотипами, несущими *Gld 1D2β-AMY-A*, существенно снижали урожайность и проявили тенденцию к уменьшению массы зерновки в условиях теплового стресса.

Таким образом, гетерогенные по глиадинкодирующим и бета-амилазным локусам сорта имеют более широкую адаптивную реакцию к вариации внешней среды.

Библиография

1. Mondal, S., Singh, R., Mason, E., Huerta-Espino, J., Autrique, E. and Joshi, A. (2016). Grain yield, adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *FieldCropsResearch* 192:78–85.

2. Skylas, D.J., Cordwell, S.J., Hains, P.G., Larsen, M.R., Basseal, D.J., Walsh, B.J., et al. (2002). Heat shock of wheat during grain filling: proteins associated with heat-tolerance. *J. CerealSci.* 35, 175–188. doi: 10.1006/jcrs.2001.0410.
3. Burrell, M.M. (2003). Starch: the need for improved quality or quantity – an overview. *J. Exp. Bot.* 54, 451–456. doi: 10.1093/jxb/erg049.
4. Фролов А.В., Страшная А.И. О засухе 2010 года и ее влиянии на урожайность. 2010. [Электронный ресурс]. <http://method.meteorf.ru/publ/frolov> (22.03.2021).
5. He, J.F., Ravinder, G., Laroche, A., Zhao, M. L., and Lu, Z. X. (2012). Water stress during grain development affects starch synthesis, composition and physicochemical properties in triticale. *J. CerealSci.* 56, 552–560. doi: 10.1016/j.jcs.2012.07.011.
6. Altenbach, S.B., DuPont, F.M., Kothari, K.M., Chan, R., Johnson, E.L., and Lieu, D. (2003). Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *J. CerealSci.* 37, 9–20. doi: 10.1006/jcrs.2002.0483.
7. Olsen, O.A., Linnestad, C., and Nichols, S.E. (1999). Dwwdevelopmental biology of the cereal endosperm. *TrendsPlantSci.* 4, 253–257. doi: 10.1016/S1360-1385(99)01431-4.
8. Olsen, O.A. (2001). Endosperm development: cellularization and cell fate specification. *Annu. Rev. PlantPhysiol. Mol. Biol.* 52, 233–267. doi: 10.1146/annurev.arplant.52.1.233.
9. Sabelli, P.A., and Larkins, B.A. (2009). The development of endosperm in grasses. *PlantPhysiol.* 149, 14–26. doi: 10.1104/pp.108.129437.
10. Sreenivasulu, N., Borisjuk, L., Junker, B.H., Mock, H.P., Rolletschek, H., Seiffert, U., et al. (2010). Barley grain development: toward an integrative view. *Int. Rev. Cell Mol. Biol.* 281, 49–89. doi: 10.1016/S1937-6448(10)81002-0.
11. Lu H, Hu Y, Wang C, Liu W, Ma G, Han Q and Ma D (2019) Effects of High Temperature and Drought Stress on the Expression of Gene Encoding Enzymes and the Activity of Key Enzymes Involved in Starch Biosynthesis in Wheat Grains. *Front. Plant Sci.* 10:1414. doi: 10.3389/fpls.2019.01414.
12. Talukder S.K., Babar M.A., Vijayalakshmi K., Poland J., Prasad P.V.V., Bowden R., and Fritz A. Mapping QTL for the traits associated with heat tolerance in wheat (*Triticumaestivum* L.). *BMC Genetics* 2014 15:97. P. 3-13 doi:10.1186/s12863-014-0097-4.
13. Смирнова Л.Г., Нецветаев В.П., Михайленко И.И. Урожайность сортов озимой пшеницы в условиях склоновой микрозональности. *Агрохимия.* – 2014. – № 7. – С. 38-44.
14. Нецветаев В.П., Нерубенко О.Е., Бондаренко Л.С., Акиншина О.В., Рыжкова Т.А., Моторина И.П., Петренко А.В. Гетерогенность сорта пшеницы как основа улучшения его в процессе первичного семеноводства. *Достижения науки и техники АПК.* – 2017. – Т. 31. – № 6. – С. 43-46.
15. Нецветаев В.П., Петренко А.В. К особенностям нового сорта озимой пшеницы Ольшанка. *Матер. Всеросс. научно-практ. конф. 24-25.6.2021. «Инновац. направления научн. иссл. в земледелии и животн. как основа разв. с.-х. произв.»*, Белгород, 2021, с. 287-290.
16. Созинов А.А., Стельмах А.Ф., Рибалка А.И. Гибридологический и моносомный анализ глиадинов у сортов пшеницы // *Генетика.* – 1978. – Т.14. – №11. – С. 1955-1967.
17. Ainsworth, C.C., Gale, M.D., and Baird, S., Thegenetics of beta-amylase isozymes in wheat: allelic variation among hexaploid varieties and intrachromosomal gene locations, *Theor. Appl. Genet.*, 1983, vol. 66, pp. 39–49.
18. Sharp, P.J., Desai, S., and Gale, M.D., Isozyme variation and RFLPs at the beta-amylase loci in wheat, *Theor. Appl. Genet.*, 1988, vol. 76, pp. 691–699.
19. McIntosh, R.A., Hart, G.E., Devos, K.M., et al., Catalogue of gene symbols for wheat, *Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium, Saskatchewan*, 1998, vol. 5, pp. 88, 155–156.
20. Yang J, Sears R, Gill B, Paulsen G: Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat-alien amphiploids to high temperature under controlled conditions. *Euphytica* 2002, 126(2):185–193.
21. Нецветаев В.П., Акиншина О.В., Козелец Я.О., Ащеулова А.П. Хромосомная локализация генов, контролирующих изоферменты бета-амилазы мягкой пшеницы. *Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. Матер. Всеросс. научно-практ. конф. с междунар. участием, 15-17 сентября 2020 г. Белгород*, с. 284-293.

References

1. Mondal, S., Singh, R., Mason, E., Huerta-Espino, J., Autrique, E. and Joshi, A. (2016). Grain yield, adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *FieldCropsResearch* 192:78–85.
2. Skylas, D.J., Cordwell, S.J., Hains, P.G., Larsen, M.R., Basseal, D.J., Walsh, B.J., et al. (2002). Heat shock of wheat during grain filling: proteins associated with heat-tolerance. *J. CerealSci.* 35, 175–188. doi: 10.1006/jcrs.2001.0410.
3. Burrell, M.M. (2003). Starch: the need for improved quality or quantity – an overview. *J. Exp. Bot.* 54, 451–456. doi: 10.1093/jxb/erg049.
4. Frolov A.V., Strashnaya A.I. O zasukhe 2010 goda i eye vliyaniy na urozhaynost. 2010. [Electronic resource]. <http://method.meteorf.ru/publ/frolov> (22.03.2021).
5. He, J.F., Ravinder, G., Laroche, A., Zhao, M.L., and Lu, Z.X. (2012). Water stress during grain development affects starch synthesis, composition and physicochemical properties in triticale. *J. CerealSci.* 56, 552–560. doi: 10.1016/j.jcs.2012.07.011.
6. Altenbach, S.B., DuPont, F.M., Kothari, K.M., Chan, R., Johnson, E.L., and Lieu, D. (2003). Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *J. CerealSci.* 37, 9–20. doi: 10.1006/jcrs.2002.0483.
7. Olsen, O.A., Linnestad, C., and Nichols, S.E. (1999). Dwwdevelopmental biology of the cereal endosperm. *TrendsPlantSci.* 4, 253–257. doi: 10.1016/S1360-1385(99)01431-4.
8. Olsen, O.A. (2001). Endosperm development: cellularization and cell fate specification. *Annu. Rev. PlantPhysiol. Mol. Biol.* 52, 233–267. doi: 10.1146/annurev.arplant.52.1.233.
9. Sabelli, P. A., and Larkins, B. A. (2009). The development of endosperm in grasses. *PlantPhysiol.* 149, 14–26. doi: 10.1104/pp.108.129437.
10. Sreenivasulu, N., Borisjuk, L., Junker, B.H., Mock, H.P., Rolletschek, H., Seiffert, U., et al. (2010). Barley grain development: toward an integrative view. *Int. Rev. Cell Mol. Biol.* 281, 49–89. doi: 10.1016/S1937-6448(10)81002-0.

11. Lu H, Hu Y, Wang C, Liu W, Ma G, Han Q and Ma D (2019) Effects of High Temperature and Drought Stress on the Expression of Gene Encoding Enzymes and the Activity of Key Enzymes Involved in Starch Biosynthesis in Wheat Grains. *Front. Plant Sci.* 10:1414. doi:10.3389/fpls.2019.01414.
12. Talukder S.K., Babar M.A., Vijayalakshmi K., Poland J., Prasad P.V.V., Bowden R., and Fritz A. Mapping QTL for the traits associated with heat tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Genetics* 2014 15:97. P. 3-13 doi:10.1186/s12863-014-0097-4.
13. Smirnova L.G., Netsvetaev V.P., Mikhaylenko I.I. Productivity of winter wheat varieties in conditions of slope microzon- ing. *Agrochemistry*. – 2014. – №7. – P. 38-44 (In Russian).
14. Netsvetaev V.P., Nerubenko O.E., Bondarenko L.S., Akinshina O.V., Pyzhkova T.A., Motorina I. P., Petrenko A.V. Het- erogeneity of the Wheat Varieties as the Basis for Its Improvement in the Primary Seed Production. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. – 2017. – V. 31. – № 6. – P. 43-46 (In Russian).
15. Netsvetaev V.P., Petrenko A.V. To the features of the new variety Olshanka in winter wheat. *Mater. vseross. scientific and practical. confer.* 24-25.6.2021. «Innovation directions of scientific research in agriculture and life. as a basis for development agricultural prod.», Belgorod, 2021, p. 287-290 (In Russian).
16. Sozinov A.A., Stelmakh A.F., Rybalka A.I. Hybridological and monosomic analysis of gliadins in wheat varieties // *Ge- netika* (=Russian Journal of Genetics). – 1978. – V.14. – № 11. – P. 1955-1967 (In Russian).
17. Ainsworth, C.C., Gale, M.D., and Baird, S., The genetics of beta-amylase isozymes in wheat: allelic variation among hex- aploid varieties and intrachromosomal gene locations, *Theor. Appl. Genet.*, 1983, vol. 66, pp. 39–49.
18. Sharp, P.J., Desai, S., and Gale, M.D., Isozyme variation and RFLPs at the beta-amylase loci in wheat, *Theor. Appl. Genet.*, 1988, vol. 76, pp. 691–699.
19. McIntosh, R.A., Hart, G.E., Devos, K.M., et al., Catalogue of gene symbols for wheat, *Proceedings of the 9th Internation- al Wheat Genetics Symposium, Saskatchewan*, 1998, vol. 5, pp. 88, 155–156.
20. Yang J, Sears R, Gill B, Paulsen G: Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat-alien am- phiploids to high temperature under controlled conditions. *Euphytica* 2002, 126(2):185–193.
21. Netsvetaev V.P., Akinshina O.V., Kozelets Ya.O., Akinshina O.V. Chromosomal location of genes that control beta- amylase isoenzymes in common wheat. «Aktual. probl. funktsion. ustoych. agrotsenoz. v system. adapt.-landshaft. zemledel.» Ma- ter. vseross. scientific and practical. conf. with international participation, September 15-17, 2020. Belgorod, p. 284-293 (In Russian).

Сведения об авторах

Нецветаев Владимир Павлович, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник отдела селек- ции и семеноводства, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, г. Белгород, Россия, 308001, профессор кафедры биологии, НИУ «БелГУ», ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015; тел. 8-909-201-05-79, e-mail: v.netsvetaev@yandex.ru;

Акиншина Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела селекции и семеновод- ства, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, г. Белгород, Россия, 308001, e-mail: akinshinaolga@bk.ru;

Петренко Александр Владимирович, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел.: 8904-533-57-00;

Козелец Яна Олеговна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, г. Белгород, Россия, 308001, аспирантка, НИУ «БелГУ», ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015, e-mail: ya.o.kozelets@mail.ru;

Ащеуова Анна Павловна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, г. Белгород, Россия, 308001, аспирантка, НИУ «БелГУ», ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015, e-mail: ashcheylova.anna@bk.ru;

Филиппова Юлия Михайловна, аспирантка, НИУ «БелГУ», ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015, e-mail: j- 1506@yandex.ru;

Литвинов Андрей Игоревич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, 58, г. Белгород, Россия, 308001, e-mail: zemledel-it@yandex.ru.

Information about authors

Netsvetaev Vladimir P., Senior Researcher of the Breeding and Seed Production Department, Doctor of Biological Sciences, Professor, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Science», Oktyabrskaya Str., 58, Belgorod, 308000, Russian Federation; Professor of the Biology Department, tel. 8-909-201-05-79, e-mail: v.netsvetaev@yandex.ru;

Akinshina Olga V., candidate of biological sciences, Breeding and Seed Production Department, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Science», Oktyabrskaya Str., 58, Belgorod, 308000, Russian Federation, e-mail: akinshinaolga@bk.ru;

Petrenko Alexandr V., Researcher of the Breeding and Seed Production Department, Federal State Budgetary Scientific Insti- tution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Science», Oktyabrskaya Str., 58, Belgorod, 308000, Russian Federation, tel.: 8 904-533-57-00;

Kozelets Yana O., Junior Researcher of the Wheat Breeding and Seed Production Laboratory, Federal State Budgetary Scien- tific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Science», Oktyabrskaya Str., 58, Belgo- rod, 308000, Russian Federation; graduate student of the Belgorod State University, Belgorod, 308015, Russia, e-mail: ya.o.kozelets@mail.ru;

Ascheulova Anna P., Junior Researcher of the Wheat Breeding and Seed Production Laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Science», Oktyabrskaya Str., 58, Belgorod, 308000, Russian Federation; graduate student of the Belgorod State University, Belgorod, 308015, Russia;

Filippova Yuliya M., graduate student of the Biology Department, the Belgorod State University, Belgorod, 308015, Russia, e-mail: rsc31@mail.ru;

Litvinov Andrey I., Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Re- search Centre of the Russian Academy of Science», Oktyabrskaya Str., 58, Belgorod, 308000, e-mail: zemledel-it@yandex.ru.

УДК 631.524.7:633.11"321":631.5

В.А. Сергеева, И.С. Муравьёва

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Аннотация. В данной статье приводятся анализы данных полевых опытов 2020-2022 гг., касающихся важной составляющей агротехнологии яровой пшеницы – использования листовых подкормок.

Полученные данные позволили сделать выводы о влиянии листовых подкормок и аммиачной селитры на изменение длины вегетационного периода, сокращение которого наблюдалось на фоне с применением аммиачной селитры N₃₀ в период всходы-созревание на вариантах с применением листовых подкормок на 5-15 суток в сравнении с контролем (без листовых подкормок), в период посев-созревание на 4-13 суток.

Максимальная урожайность была получена на варианте опыта Текнокель Амино Микс, которая была на уровне 4,11 т/га без селитры и 5,04 т/га с внесением минерального удобрения. Прибавка урожая на этом варианте в сравнении с контролем была также максимальной и в среднем за анализируемый период составила при применении лишь листовых подкормок 0,9 т/га или 28,1%, а при внесении аммиачной селитры в сочетании с листовой подкормкой 1,55 т/га или 44,5% по сравнению с контролем.

Изучаемые агротехнические приемы оказывали положительное влияние на содержание белка в зерне яровой пшеницы, которое изменялось в среднем по фонам от 12,5% до 14,8%. На фоне опрыскивания вегетирующих растений лишь листовыми подкормками содержание белка было меньше, чем при сочетании аммиачной селитры с листовыми подкормками. Межфоновые различия составили от 0,4% до 1,4%. Вариант опыта с применением листовой подкормки растений пшеницы Текнокель Амино Микс обеспечил лучшее качество зерна, которое изменялось по фонам от 14,2% до 15,4%.

Эффективность применения листовых подкормок подтверждается оценкой экономической эффективности, согласно которой максимальная прибыль и уровень рентабельности получены на фоне N₃₀ при опрыскивании Текнокель Амино Микс 33843 руб./га и 116,1%.

Ключевые слова: яровая пшеница, удобрения, листовые подкормки, структура урожая, урожайность, качество зерна, эффективность.

FORMATION OF YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN DEPENDING ON AGRICULTURAL TECHNIQUES

Abstract. This article provides analyzes of data from long-term field experiments in 2020-2022 concerning an important component of spring wheat agrotechnology – the use of foliar feeding. The data obtained made it possible to draw conclusions about the positive effect of foliar dressings and ammonium nitrate on the reduction in the length of the growing season, the reduction of which was observed against the background with the use of N₃₀ ammonium nitrate seedlings-ripening in variants with the use of foliar dressings by 5-15 days in comparison with the control (without foliar feeding), sowing-ripening for 4-13 days. The maximum yield was obtained on the variant of the Tekknokel Amino Mix experiment, which was at the level of 4,11 tons per hectare without salt peter and 5,04 tons per hectare with the application of mineral fertilizer. The yield increase in this variant in comparison with the control was also maximum and on average for the analyzed period amounted to 0,9 tons per hectare or 28,1% when applying only foliar dressing, and when applying ammonium nitrate in combination with foliar dressing 1,55 tons per hectare or 44,5% compared with the control. The studied agrotechnical practices had a significant impact on the protein content in the grain of spring wheat, which varied on average from 12,5% to 14,8% over backgrounds. Against the background of spraying vegetative plants with only foliar feeding, the protein content was less than when ammonium nitrate was added, the inter-background differences ranged from 0,4% to 1,4%. A variant of the experiment with the use of foliar feeding of wheat plants Teknokel Amino Mix provided the best quality of grain, which varied from 14,2% to 15,4% according to backgrounds. The effectiveness of foliar application is confirmed by the economic efficiency assessment, according to which the maximum profit and profitability level were obtained against the background of N₃₀ when spraying with Teknokel Amino Mix 33843 rubles per hectare and 116,1%.

Keywords: spring wheat, fertilizers, foliar application, crop structure, productivity, grain quality efficiency.

Введение. На современном этапе развития агропромышленного комплекса Российской Федерации по-прежнему особо актуальными остаются ежегодные проблемы стабилизации и увеличения производства продовольственного зерна как в целом по стране, так и в Центрально-Черноземном регионе. С учетом необходимого ежесезонного повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо изыскать научные и производственные подходы к решению данных проблем [3, 4].

Важная роль при этом отводится увеличению объемов производства зерна яровой пшеницы высокого качества, которая наряду с озимой пшеницей занимает особое место в общем валовом сборе зерна. Являясь одной из самых требовательных к агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур, яровая пшеница хорошо отзывчива на все агротехнические приемы, применяемые в современных агротехнологиях [4, 9].

Для получения урожая зерна высокого качества для яровой пшеницы важно своевременно совершенствовать и модернизировать элементы ее агротехнологии с учетом оптимизации агрофона, который будет соответствовать генотипу [3, 5, 7].

Наряду с улучшением агротехники и подбора адаптивных сортов важное значение в увеличении урожайности имеет применение удобрений. Данный приём, ввиду его многогранности, следует отнести к категории высокоэффективных агротехнических приемов в растениеводстве. Регулирование питательного режима почвы в посевах зерновых культур, в том числе и яровой пшеницы, путем применения органических, минеральных удобрений, биопрепаратов и стимуляторов роста является не только фактором интенсификации агротехнологии, но и позволяет гарантированно реализовать потенциал продуктивности отдельно взятых в разрезе региона сортов [6, 8, 9].

В неблагоприятные вегетационные периоды возрастает вероятность резкого снижения урожайности и качества яровой пшеницы, в этой связи разработка агротехнических приемов в технологиях возделывания зерновых культур должна быть направлена на нивелирование стрессовых условий культурными растениями. Для этого в современном ассортименте

используемых для листовых подкормок веществ имеется достаточное количество антистрессовых препаратов регулирующего действия, успешно применяемых на зерновых культурах с учетом схем защиты, сорта, технологии и особенностей вегетации [1, 2, 13].

К числу наиболее быстродействующих и высоко окупаемых агротехнических приемов в растениеводстве относится некорневая подкормка. Она способствует довольно быстрому проникновению и усвоению веществ и положительно влияет на протекание обменных процессов. Стоимость и эффективность применения листовых подкормок ежегодно меняется, оказывая влияние на рентабельность производства зерна яровой пшеницы, особенно высокого качества, поэтому с ростом количества препаратов возникает необходимость их своевременного изучения [4, 10, 11].

Во все чаще проявляющихся засушливых условиях доступность элементов минерального питания сокращается или сводится к минимуму, в связи с чем применение листовых подкормок на яровой пшенице является высокоэффективным агротехническим приемом в качестве дополнения современным системам удобрений [8, 9, 10, 12].

Для большей объективности в ряде регионов Российской Федерации, в том числе и в Центрально-Черноземной зоне научно-исследовательские учреждения и сельскохозяйственные предприятия проводят полевые производственные опыты, тематика которых посвящена эффективности применения листовых подкормок. Особую ценность при этом имеет региональное размещение хозяйств и научно-исследовательских учреждений, что позволяет более избирательно в плане условий вегетации выбирать и даже рекомендовать к внедрению определенные препараты, обеспечивающие хорошие результаты [8, 9, 10, 14].

Подобные исследования являются особо актуальными, так как имеют прямое отношение к повышению не только урожайности, но и эффективности производства зерна яровой пшеницы.

Цель исследования. Определить влияние агротехнических приемов: влияние минерального удобрения, применяемых стимуляторов роста и некорневых подкормок на длину вегетационного периода; особенности формирования структуры продуктивности, урожайность, качество зерна; экономическую эффективность производства зерна яровой пшеницы сорта Прохоровка в условиях юго-западной части ЦЧР.

Материалы, условия и методы исследований. Производственные опыты по влиянию агротехнических приемов, минеральных удобрений, регуляторов роста и микроудобрений на продукционный процесс яровой пшеницы были проведены согласно существующим методическим рекомендациям в 2020-2022 гг. на базе ООО «Зеленый Остров» Белгородского района Белгородской области. Условия вегетации имели определенные различия, которые оказывали влияние на показатели роста, развития и формирования уровня урожайности и качества зерна пшеницы по вариантам опыта. Объектом исследования в опыте был сорт яровой пшеницы Прохоровка. Площадь учетной делянки 25 м² повторность четырехкратная.

Тип почвы опытного участка – чернозем типичный, среднесиловый, среднегумусовый, легкосуглинистого гранулометрического состава, гумуса 4,7%, рН 5,4 со средним содержанием основных элементов питания.

Схема опыта представлена следующими вариантами: без внесения минеральных удобрений контроль – (без листовых подкормок опрыскивание водой), Полидон NPK – 2 л/га; Текнокель амином микс – 1 л/га; Фертигрейн Фолиар – 1,5 л/га. При внесении аммиачной селитры фон N₃₀: контроль – (без листовых подкормок опрыскивание водой); Полидон NPK – 2 л/га; Текнокель амином микс – 1 л/га; Фертигрейн Фолиар – 1,5 л/га. При применении листовых подкормок проводили трехкратное опрыскивание посевов яровой пшеницы в фазы: кущение, выход в трубку и начало колошения.

Климатические условия в годы проведения опытов в 2020-2022 гг. в течение вегетации яровой пшеницы имели небольшие отклонения от среднесезонных показателей, но в целом были вполне типичными для данной агроклиматической зоны.

При анализе климатических условий вегетационных периодов было установлено, что наиболее благоприятные складывались в 2022 году и отличались выпадением достаточного количества осадков в критические периоды развития яровой пшеницы. Несколько менее благоприятными были условия 2021 года, когда температура была на 2°С выше среднесезонных значений, а осадков за вегетацию выпало больше на 53 мм. Охарактеризовать как неблагоприятные можно условия вегетации 2020 года, что связано с неравномерным выпадением осадков на фоне повышенной среднесуточной температуры, и, что немаловажно, отсутствием осадков в критическую фазу развития растений яровой пшеницы.

Результаты исследований. В результате проведенных полевых опытов в 2020-2022 гг. на черноземе типичном в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона установлено положительное влияние агротехнических приемов применение минеральных удобрений и листовых подкормок на длину на продолжительность вегетации яровой пшеницы сорта Прохоровка (табл.1).

Таблица 1 – Вегетационный период яровой пшеницы Прохоровка при применении минеральных удобрений и листовых подкормок, суток, 2020-2022 гг.

Вариант опыта (фактор А)	Всходы-созревание	Посев-созревание
Контроль (без удобрений)		
Контроль (без листовых подкормок)	98	109
Полидон NPK	95	105
Текнокель Амино Микс	92	97
Фертигрейн Фолиар	90	94
В среднем по фону	94	101
Аммиачная селитра N ₃₀ (фактор В)		
Контроль (без листовых подкормок)	95	102
Полидон NPK	90	98
Текнокель Амино Микс	84	92
Фертигрейн Фолиар	80	89
В среднем по фону	87	95

На фоне без применения аммиачной селитры на контроле (без листовых подкормок) период всходы-созревание составил 98 суток, а посев-созревание 109 суток. При применении листовых подкормок данные периоды сокращались на 3-8 суток и на 2-5 суток соответственно. В среднем по фону без минеральных удобрений период всходы-созревание составил 94

дня, а посев-созревание 101 день. Максимальное различие в сокращении вегетационного периода были установлены на этом фоне при листовой подкормке Фертигрейн Фолиар и составило 8 суток по двум анализируемым периодам.

На фоне с применением аммиачной селитры N₃₀ также наблюдались различия между вариантами опыта, показывающие сокращение вегетационного периода всходы-созревание на вариантах с применением листовых подкормок на 5-15 суток в сравнении с контролем (без листовых подкормок), посев-созревание на 4-13 суток.

Межфоновые различия показывали тенденцию к сокращению вегетационного периода на вариантах с применением листовых подкормок, особенно при применении аммиачной селитры. Так на фоне без минеральных удобрений (только листовые подкормки) в период посев-созревание даже на контроле (обработка водой) и варианте Полидон NPK растения вегетировали меньше на 7 суток, а на вариантах с использованием Текнокель Амино Микс и Фертигрейн Фолиар вегетация сокращалась на 5 суток. Среднефоновые различия отражали сокращение вегетации пшеницы при совместном использовании минерального удобрения и листовых подкормок в период всходы-созревание составили 7 суток, посев-созревание 6 суток.

Программой исследования было предусмотрено определение влияния изучаемых агротехнических приемов на особенности формирования элементов структуры продуктивности растений яровой пшеницы. Установлено, что применение листовых подкормок на фоне без аммиачной селитры и при ее применении оказывало положительное влияние на формирование длины колоса, колосков на одно растение, количество зерен в колосе, массу зерна с колоса и массу 1000 зерновок (табл.2).

Таблица 2 – Элементы структуры продуктивности растений яровой пшеницы сорта Прохоровка в зависимости от удобрений и листовых подкормок, 2020-2022 гг.

Вариант опыта (фактор А)	В среднем на 1 растение				Масса 1000 зерен, г
	длина колоса, см	число		масса зерна с колоса, г	
		колосков в колосе, шт.	зерен в колосе, шт.		
Контроль (без удобрений)					
Контроль (без листовых подкормок)	6,8	12,5	23,7	1,23	36,5
Полидон NPK	8,7	13,9	24,3	1,27	36,7
Текнокель Амино Микс	10,2	14,3	26,2	1,29	37,3
Фертигрейн Фолиар	9,4	13,1	25,6	1,24	36,9
Среднее по фону	8,8	13,5	25,0	1,26	36,9
Аммиачная селитра N ₃₀ (Фактор В)					
Контроль (без листовых подкормок)	8,9	12,9	26,9	1,27	36,6
Полидон NPK	10,8	14,6	27,8	1,30	36,9
Текнокель Амино Микс	12,3	15,8	32,5	1,36	37,5
Фертигрейн Фолиар	11,2	13,7	31,7	1,31	36,9
Среднее по фону	10,8	14,3	29,7	1,31	37,0
НСР ₀₅ для фактора А	1,9	1,5	0,7	0,05	0,3
НСР ₀₅ для фактора В и АВ	2,2	0,8	3,4	0,04	0,2

В среднем по фону без применения аммиачной селитры длина колоса в среднем на 1 растение составила 8,8 см, число колосков 13,5 шт., число зерен в колосе 25 шт., масса зерна с колоса 1,26 г, масса 1000 зерновок 36,9 г. На вариантах без применения аммиачной селитры (только листовые подкормки) по всем элементам структуры продуктивности не установлено достоверных различий между Полидон NPK и контролем (обработка водой). На варианте с применением Фертигрейн Фолиар длина колоса была достоверно больше контроля на 2,6 см и составила 9,4 см (НСР₀₅ 1,9), в числе колосков в колосе на этом варианте не установлено достоверных различий, число зерен в колосе превышало контроль на 1,9 шт. (НСР₀₅ 0,7), по массе зерна с колоса различия были незначительные, а масса 1000 зерен была выше на 0,4 г. (НСР₀₅ 0,3).

Наибольшее влияние на формирование элементов продуктивности растений яровой пшеницы было отмечено при применении листовой подкормки Текнокель Амино Микс, по всем элементам структуры установлены достоверно большие различия в сравнении с контролем: в среднем на одно растение длина колоса была на 3,4 см больше, число колосков на 1,8 шт., число зерен в колосе на 2,5 шт., масса зерна с колоса на 0,06 г. и масса 1000 зерен на 0,8 г.

На фоне, где применяли аммиачную селитру N₃₀, влияние листовых подкормок на формирование структуры продуктивности растений яровой пшеницы значительно усиливалось и отражало более различающиеся изменения в структуре урожая. В варианте опыта с листовой подкормкой Полидон NPK в сравнении с контролем (без листовых подкормок) различия были достоверными лишь по формированию в среднем на 1 растение числа колосков в колосе 14,7 шт., тогда как на контроле 12,9 шт. (НСР₀₅ 1,5), по остальным элементам структуры различия были недостоверными. При обработке вегетирующих растений яровой пшеницы препаратом Фертигрейн Фолиар на фоне применения аммиачной селитры установлено, что по числу колосков и массе зерна с колоса не было достоверных различий, а по длине колоса в сравнении с контролем они составили 2,3 см (НСР₀₅ 2,2), по числу зерен в колосе 4,8 шт. (НСР₀₅ 3,4) и по массе 1000 зерен различия на этом варианте также были достоверными 0,3 г. (НСР₀₅ 0,2). Лучшие показатели в формировании структуры продуктивности яровой пшеницы на фоне применения минеральных удобрений получены при использовании листовой подкормки Текнокель Амино Микс, так в среднем на одно растение на этом варианте: длина колоса составила 12,3 см, что на 3,4 см больше (НСР₀₅ 2,2); число колосков в колосе 15,8 шт., что на 2,9 шт. больше (НСР₀₅ 0,8); число зерен в колосе 32,5 шт., на 5,6 шт. больше (НСР₀₅ 3,4); масса зерна с колоса составила 1,36 г. на 0,09 г больше (НСР₀₅ 0,04) и по массе 1000 зерновок также установлены различия 35,7 г., что на 0,6 г больше контроля (НСР₀₅ 0,2). На этом же варианте опыта межфоновые достоверно больше различия установлены лишь в числе колосков и в массе зерна с колоса.

Урожайность яровой пшеницы в зависимости от изучаемых агротехнических приемов также имела определенные различия по годам исследований зависела как от погодных условий, так и от применяемых листовых подкормок.

В условиях вегетационного периода 2020 года на фоне без удобрений (без применения аммиачной селитры) урожайность по вариантам опыта изменялась от 2,98 т/га на контроле до 3,96 т/га на варианте Текнокель Амино Микс. При листовой подкормке Фертигрей Фолиар урожайность составила 3,43 т/га и была достоверно выше на 0,45 т/га (НСР_{0,5} 0,42), прибавка урожая на этом фоне на варианте Полидон NPK – 0,23 т/га не была достоверной. В условиях этого же вегетационного периода, но на фоне с применением аммиачной селитры N₃₀ на всех вариантах опыта растения яровой пшеницы формировали большую урожайность: Полидон NPK – 3,67 т/га, прибавка 0,33 т/га была не существенной (НСР_{0,5} 0,72), Фертигрей Фолиар – 4,25 т/га, прибавка 0,91 т/га и Текнокель Амино Микс – 4,62 т/га с прибавкой 1,28 т/га имели существенные достоверные различия по сравнению с контролем.

Межфоновые различия (без минерального удобрения и с внесением минеральных удобрений) на контроле составили 0,36 т/га, на варианте Полидон NPK – 0,46 т/га, Текнокель Амино Микс – 0,66 т/га и были не существенными, а на варианте Фертигрейн Фолиар лишь в 2020 году на фоне неблагоприятных условий вегетации прибавка была достоверно большей 0,82 т/га при НСР_{0,5} 0,72. Среднефоновая урожайность в этом году варьировала от 3,16 т/га на контроле до 4,29 т/га при листовой подкормке Текнокель Амино Микс (табл.3).

Таблица 3 – Урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Прохоровка в зависимости от удобрений и листовых подкормок, т/га, 2020-2022 гг.

Вариант опыта (фактор А)	Годы			Средняя	Содержание в сухом веществе белка, %	+/- к контролю	
	2020	2021	2022			т/га	%
Контроль (без удобрений)							
Контроль (без листовых подкормок)	2,98	3,24	3,41	3,21	12,3	-	-
Полидон NPK	3,21	3,58	3,59	3,46	12,9	0,25	7,8
Текнокель Амино Микс	3,96	4,10	4,28	4,11	14,2	0,90	28,1
Фертигрейн Фолиар	3,43	3,76	3,96	3,72	13,2	0,51	15,8
Аммиачная селитра N ₃₀ (Фактор В)							
Контроль (без листовых подкормок)	3,34	3,45	3,67	3,49	12,7	-	-
Полидон NPK	3,67	3,85	4,34	3,95	13,2	0,46	13,3
Текнокель Амино Микс	4,62	4,87	5,64	5,04	15,4	1,55	44,5
Фертигрейн Фолиар	4,25	4,21	4,72	4,39	14,6	0,90	25,9
Средняя по фонам							
Контроль (без листовых подкормок)	3,16	3,35	3,54	3,35	12,5	-	-
Полидон NPK	3,44	3,72	3,97	3,71	13,1	0,36	10,6
Текнокель Амино Микс	4,29	4,49	4,96	4,58	14,8	1,23	36,3
Фертигрейн Фолиар	3,84	3,99	4,34	4,06	13,9	0,71	20,9
НСР _{0,5} фактор А	0,42	0,38	0,50				
НСР _{0,5} фактор В и АВ	0,72	0,65	0,97				

Закономерности формирования урожайности яровой пшеницы в последующие изучаемые вегетационные периоды сохранялась. В 2021 году на фоне без применения аммиачной селитры лучшие результаты в увеличении урожайности получены на варианте опыта Текнокель Амино Микс 0,86 т/га (НСР_{0,5} 0,38) с урожайностью 4,10 т/га, этот же вариант обеспечил наибольшую достоверную прибавку урожая и на фоне применения аммиачной селитры 1,42 т/га (НСР_{0,5} 0,65) с уровнем урожайности 4,87 т/га. В этом же году вариант опыта Полидон NPK формировал определенный уровень урожайности на обоих изучаемых фонах, но прибавки урожайности были недостоверными. В 2021 году, который был несколько благоприятнее 2020 года по условиям вегетации, наибольшие достоверные межфоновые различия в урожайности были установлены только на варианте Текнокель Амино Микс.

В 2022 году закономерность в формировании урожайности по вариантам и фонам опыта сохранялась. По всем вариантам опыта урожайность была больше и изменялась в довольно широких пределах от 3,41 т/га до 5,64 т/га. Достоверно большие различия в урожайности между фонами установлены на варианте Текнокель Амино Микс – 1,36 т/га. В среднем за 2020-2022 гг. урожайность пшеницы варьировала на фоне без применения аммиачной селитры от 3,21 т/га до 4,11 т/га, а при применении аммиачной селитры была больше, изменялась в интервале от 3,49 т/га до 5,04 т/га. Все различия, наблюдаемые в течение трех лет исследований, отражались в среднегодовых значениях, как без аммиачной селитры, так и с ее внесением максимальную урожайность получили на варианте опыта Текнокель Амино Микс, которая была на уровне 4,11 т/га без селитры и 5,04 т/га с внесением минерального удобрения. Прибавка урожая на этом варианте в сравнении с контролем была также максимальной и в среднем за анализируемый период составила при применении лишь листовых подкормок 0,9 т/га или 28,1%, а при внесении аммиачной селитры в сочетании с листовой подкормкой 1,55 т/га или 44,5% по сравнению с контролем.

Изучаемые агротехнические приемы оказывали существенное влияние на содержание белка в зерне яровой пшеницы, которое изменялось в среднем по фонам от 12,5% до 14,8%. На фоне опрыскивания вегетирующих растений лишь листовыми подкормками содержание белка было меньше, чем при внесении аммиачной селитры, межфоновые различия составили от 0,4% до 1,4%. Вариант опыта с применением листовой подкормки растений пшеницы Текнокель Амино Микс обеспечил лучшее качество зерна, так на фоне использования только листовых подкормок содержание белка в зерне составило 14,2%, а с внесением аммиачной селитры 15,4%.

Для более полного понимания эффективности применения изучаемых агротехнических приемов в посевах яровой пшеницы необходимо провести оценку экономической эффективности применения аммиачной селитры и листовых подкормок. В среднем за 2020-2022 гг. рыночная стоимость одной тонны зерна пшеницы соответствующей категории составила 12500 рублей. Производственные затраты на фоне без аммиачной селитры (только листовые подкормки) изменялись от

26460 руб./га до 27021 руб./га, с применением аммиачной селитры были больше на 2300 руб./га, что обусловлено затратами на приобретение и внесение удобрения (табл.4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы сорта Прохоровка в зависимости от минеральных удобрений и листовых подкормок, 2020-2022 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
Контроль (без удобрений)						
Контроль (без листовых подкормок)	3,21	40125	26460	8243	13665	51,6
Полидон NPK	3,46	43250	26956	7791	16294	60,4
Текнокель Амино Микс	4,11	51375	26857	6535	24518	91,3
Фертигрейн Фолиар	3,72	46500	27021	7264	19479	72,1
Аммиачная селитра N₃₀ (Фактор В)						
Контроль (без листовых подкормок)	3,49	43625	28760	8241	14865	51,7
Полидон NPK	3,95	49375	29256	7407	20119	68,8
Текнокель Амино Микс	5,04	63000	29157	5785	33843	116,1
Фертигрейн Фолиар	4,39	54875	29321	6679	25554	87,2

Использование только листовых подкормок способствовало снижению себестоимости по сравнению с контролем (без листовых подкормок) на 452 руб./т при применении Полидон NPK, на 959 руб./т Фертигрейн Фолиар и на 1708 руб./т Текнокель Амино Микс. На фоне применения аммиачной селитры полученная прибавка урожая окупала затраты на удобрение, себестоимость при этом также по отношению к контролю уменьшалась при использовании листовых подкормок. На варианте Полидон NPK она уменьшалась на 834 руб./т, Фертигрейн Фолиар на 1562 руб./т, а самой низкой была на варианте с опрыскиванием Текнокель Амино Микс 5785 руб./т, что на 2456 руб./т меньше, чем на контроле. На фоне применения аммиачной селитры на этом варианте себестоимость была ниже контроля на 748 руб./т.

Листовые подкормки, применяемые без аммиачной селитры, оказывали определенное положительное влияние на формирование чистой прибыли и на всех вариантах обеспечили прибыль больше, чем на контроле (без листовых подкормок). Минимальные различия в чистой прибыли по отношению к контролю были получены на варианте Полидон NPK – 2629 руб./га, большие на варианте Фертигрейн Фолиар на 5814 руб./га и максимальные при применении Текнокель Амино Микс – 10853 руб./га, на этом же фоне и варианте отмечается наибольший уровень рентабельности 91,3%.

Изучаемые агротехнические приемы оказывали положительное влияние на получение еще большей прибыли и уровня рентабельности на фоне использования аммиачной селитры. На этом фоне, как и без аммиачной селитры, тенденция увеличения чистой прибыли сохранялась, однако отмечались значительно большие её различия. Так в сравнении с контролем (без листовых подкормок) разница в чистой прибыли на вариантах с опрыскиванием жидкими листовыми подкормками составляла: Полидон NPK на 5254 руб./га, Фертигрейн Фолиар на 10689 руб./га и максимальной Текнокель Амино Микс на 18978 руб./га, этот же вариант обеспечил и максимальный уровень рентабельности 116,1%.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования и их результаты имеют большую как научную, так и практическую ценность для современного сельскохозяйственного производства. За 2020-2022 гг. в ходе полевых производственных опытов изучаемые агротехнические приемы способствовали сокращению вегетационного периода, установлено положительное влияние листовой подкормки Текнокель Амино Микс особенно на фоне аммиачной селитры на формирование элементов структуры продуктивности, повышение урожайности и качества зерна и экономическую эффективность возделывания яровой пшеницы сорта Прохоровка в условиях региона.

Библиография

1. Власова Л.М. Опыт биологической защиты озимой пшеницы от болезней [Текст] / Л.М. Власова, В.А. Федотов, Н.В. Подлесных, А.А. Муравьев // Защита и карантин растений – 2018. – № 8. – С. 24-26.
2. Власова Л.М. Инсектофунгицидная баковая смесь для защиты посевов озимой пшеницы / Л.М. Власова, О.В. Попова, А.А. Муравьев // Защита и карантин растений – 2019. – № 9. – С. 19-20.
3. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М. : Издательство ВНИИА, 2005. – 302 с.
4. Немченко В.В. Влияние биопрепаратов и микроудобрений на продуктивность яровой пшеницы [Текст] / В.В. Немченко, М.Ю. Цыпышева, М.В. Вьюник // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – № 3. – С. 38-40.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.
6. Оценка сортов и линий озимой пшеницы в коллекционном питомнике Бел ГАУ [Текст] / И.В. Оразаева, М.И. Павлов, А.А. Муравьев, И.В. Кулишова // Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее с международным участием, посвященной 140 летию «БелГУ» и столетию со дня рождения селекционера, ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Щелоковой Зои Ивановны. – Белгород : ИД «Белгород» НИУ БелГУ, 2017. – С. 139-143.
7. Власова, Л.М. Баковые смеси гербицидов, регуляторов роста растений и удобрений в посевах озимой пшеницы [Текст] / Л.М. Власова, М.Н. Удовидченко, А.А. Муравьев // Защита и карантин растений. – 2022. – № 10. – С. 14-16. – DOI 10.47528/1026-8634_2022_10_14.

8. Павлов М.И. Оценка адаптивных и продуктивных характеристик перспективных линий озимой мягкой пшеницы [Текст] / М.И. Павлов, И.В. Оразева, А.А. Муравьев // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 1. – С. 43-48 URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36649>.

9. Муравьев А.А. Эффективность листовых подкормок на яровой пшенице [Текст] / А.А. Муравьев // Инновации в АПК проблемы и перспективы. – 2020. – № 1 (25). – С. 154-160.

10. Плечова О.И. Эффективность комплексных биопрепаратов бисолбифит стандарт и бисолбифит супер в технологии возделывания яровой пшеницы [Текст] / О.И. Плечова, Д.В. Плечов // Вестник Ульяновской ГСХА. – Из-во УГАУ им. П.А. Столыпина. – 2012. – № 3 (19). – С. 40-43.

11. Применение физиологически активных веществ в агротехнологиях [Текст] / В.В. Котляров и др. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 169 с.

12. Муравьев А.А. Зависимость урожайности яровой пшеницы от обработки биопрепаратом [Текст] / А.А. Муравьев // Инновации в АПК проблемы и перспективы. – 2019. – № 3 (23). – С. 142-148.

13. Muravyov, A.A. Formation of structural elements of spring wheat productivity based on foliar application / A.A. Muravyov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 12 апреля 2021 года. – Michurinsk, 2021. – P. 012115. – DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012115.

14. Sergeeva, V.A. Productivity, quality and efficiency of spring durum wheat cultivation when treating crops with a biological product / V.A. Sergeeva, A.A. Muravyov, L.M. Vlasova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 12 апреля 2021 года. – Michurinsk, 2021. – P. 012026. – DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012026.

References

1. Vlasova L.M. Experience of biological protection of winter wheat against diseases [Text] / L.M. Vlasova, V.A. Fedotov, N.V. Podlesnykh, A.A. Muraviev // Plant Protection and Quarantine. – 2018. – № 8. – S. 24-26.

2. Vlasova L.M. Insectofungicidal tank mixture for protection of winter wheat crops / L.M. Vlasova, O.V. Popova, A.A. Muraviev // Plant Protection and Quarantine. – 2019. – № 9. – S. 19-20.

3. Zavalin A.A. Biopreparations, fertilizers and harvest. - M. : Publishing house VNIIA, 2005. – 302 p.

4. Nemchenko V.V. Influence of biological preparations and microfertilizers on the productivity of spring wheat [Text] / V.V. Nemchenko, M.Yu. Tsypysheva, M.V. Vyunik // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. – 2015. – № 3. – P. 38-40.

5. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

6. Evaluation of varieties and lines of winter wheat in the collection nursery of the Bel State Agrarian University [Text] / I.V. Orazayeva, M.I. Pavlov, A.A. Muravyov, I.V. Kulishova // Collection of materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference Plant Breeding: Past, Present and Future with International Participation, dedicated to the 140th anniversary of BelSU and the centenary of the birth of the breeder, scientist and teacher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Zoya Ivanovna Shchelokova. – Belgorod : Publishing House «Belgorod» NRU BelGU, 2017. – P.139-143.

7. Vlasova, L.M. Tank mixtures of herbicides, plant growth regulators and fertilizers in winter wheat crops [Text] / L.M. Vlasova, M.N. Udovidchenko, A.A. Muravyov // Plant Protection and Quarantine. – 2022. – № 10. – P. 14-16. – DOI 10.47528/1026-8634_2022_10_14.

8. Pavlov M.I. Evaluation of adaptive and productive characteristics of promising lines of winter soft wheat [Text] / M.I. Pavlov, I.V. Orazayeva, A.A. Muravyov // Successes of modern natural sciences. – 2018. – № 1. – P. 43-48. URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36649>

9. Muravyov A.A. Efficiency of foliar dressings on spring wheat [Text] / A.A. Muraviev // Innovations in the agro-industrial complex problems and prospects. – 2020. – № 1 (25). – S. 154-160.

10. Plechova O.I. Efficiency of complex biological preparations Bisolbifit Standard and Bisolbifit Super in the technology of spring wheat cultivation [Text] / O.I. Plechova, D.V. Plechov // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – From-in USAU them. P.A. Stolypin. – 2012. – № 3 (19). – S. 40-43.

11. The use of physiologically active substances in agricultural technologies [Text] / V.V. Kotlyarov and others. – Krasnodar : KubGAU, 2013. – 169 p.

12. Muravyov A.A. Dependence of the yield of spring wheat on the treatment with a biological product [Text] / A.A. Muraviev // Innovations in the agro-industrial complex problems and prospects. – 2019. – № 3 (23). – S. 142-148.

13. Muravyov, A.A. Formation of structural elements of spring wheat productivity based on foliar application / A.A. Muravyov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021. – Michurinsk, 2021. – P. 012115. – DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012115.

14. Sergeeva, V.A. Productivity, quality and efficiency of spring durum wheat cultivation when treating crops with a biological product / V.A. Sergeeva, A.A. Muravyov, L.M. Vlasova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021. – Michurinsk, 2021. – P. 012026. – DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012026.

Сведения об авторах

Сергеева Валентина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон 8-960-625-87-09, e-mail: sergeeva.v.0809@yandex.ru;

Муравьева Ирина Сергеевна, аспирант агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон 8-951-136-60-26, e-mail: ir.don4encko2016@yandex.ru.

Information about authors

Sergeeva Valentina Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, FSBEI HE Belgorod SAU, st. Vavilova, d. 1, Maisky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, contact phone 8-960-625-87-09, e-mail: sergeeva.v.0809@yandex.ru;

Muravyova Irina Sergeevna, post-graduate student of the Faculty of Agronomy, FSBEI HE Belgorod SAU, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, contact phone 8-951-136-60-26, e-mail: ir.don4encko2016@yandex.ru.

УДК 633:631.51:631.412:551.579.5:631.559

С.И. Смуров, С.Н. Ермолаев, В.Н. Наумкин, Д.И. Панарин

ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО, ЕГО ВОДНЫЕ, АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Исследования по оценке влияния различных технологий основных на вспашке, минимальной обработке почвы (Mini-Till) и нулевой (No-Till), на почвенное плодородие, водные, агрофизические свойства чернозема типичного, урожайность сои и озимой пшеницы проводили в 2018-2021 годах в почвенно-климатических условиях юго-западной части Белгородской области. Полевой опыт был однофакторным и включал две технологии возделывания культур. Первая технология со вспашкой под сою и минимальной обработкой под озимую пшеницу и вторая технология для обеих культур No-Till. В процессе работы изучали динамику элементов питания в почве за ротацию севооборота, запасы продуктивной влаги, плотность, содержание агрономически ценной фракции (0,25-10 мм) и урожайность культур. В результате исследований было выявлено, что изучаемые технологии не оказывали существенного влияния на содержание органического вещества, гидролизуемого азота, подвижных микроэлементов (S и Mg) и степень кислотности. Содержание подвижных форм цинка, кобальта и меди за ротацию севооборота по нулевой технологии повысилось и соответствовало параметрам средней обеспеченности. Подвижных форм фосфора стало больше только при возделывании культур по нулевой технологии. Содержание обменного калия уменьшилось независимо от применяемой технологии. Изучаемые технологии возделывания также не оказали существенного влияния на запасы продуктивной влаги и плотность почвы. Структура почвы в слое 0-30 см по технологиям возделывания не различалась и характеризовалась как неудовлетворительная, лишь по озимой пшенице за период от посева и до уборки наблюдалось улучшение структуры почвы до хорошего состояния. Урожайность в среднем за 2018-2021 годы была выше по технологии со вспашкой и мелкой обработкой и составляла по сое 2,80 т/га, а по озимой пшенице 6,49 т/га, в то время как по No-Till она была соответственно 2,40 т/га и 5,91 т/га.

Ключевые слова: вспашка, Mini-Till, No-Till, агрохимические свойства почвы, запасы продуктивной влаги, плотность почвы, структура почвы, агрономически ценная фракция, урожайность.

FERTILITY INDICATORS OF TYPICAL BLACK SOIL, ITS WATER, AGROPHYSICAL PROPERTIES AND CROP YIELD WHEN USING VARIOUS TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WESTERN PART OF THE BELGOROD REGION

Abstract. Studies to assess the impact of various technologies on plowing, minimum tillage (Mini-Till) and zero (No-Till), on soil fertility, water, agrophysical properties of typical chernozem, soybean and winter wheat yields were carried out in 2018-2021 in soil-climatic conditions of the southwestern part of the Belgorod region. The field experience was one-factor and included two crop cultivation technologies. The first technology with soybean plowing and minimum tillage for winter wheat and the second technology for both No-Till crops. In the process of work, we studied the dynamics of nutrients in the soil for crop rotation, the reserves of productive moisture, density, the content of an agronomically valuable fraction (0,25-10 mm) and crop yields. As a result of the research, it was found that the studied technologies did not have a significant impact on the content of organic matter, hydrolysable nitrogen, mobile trace elements (S and Mg) and the degree of acidity. The content of mobile forms of zinc, cobalt and copper increased during the rotation of crop rotation according to zero technology and corresponded to the parameters of average supply. The number of mobile forms of phosphorus increased only when crops were cultivated using zero technology. The content of exchangeable potassium decreased regardless of the technology used. The studied cultivation technologies also did not have a significant impact on the reserves of productive moisture and soil density. The soil structure in the 0-30 cm layer did not differ according to cultivation technologies and was characterized as unsatisfactory, only for winter wheat during the period from sowing to harvesting, an improvement in the soil structure to a good condition was observed.

Keywords: plowing, Mini-Till, No-Till, agrochemical properties of the soil, reserves of productive moisture, soil density, soil structure, agronomically valuable fraction, yield.

Введение. В современных условиях в нашей стране особое внимание уделяется широкому внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Сущность таких технологий состоит в обеспечении производства конкурентоспособной продукцией при целенаправленном использовании регулируемых человеком факторов. Основой энергосберегающих технологий является комплексная концентрация всех факторов: новых сортов и гибридов растений, удобрений, пестицидов, регуляторов роста, новых технических средств и других производственных ресурсов, обеспечивающих наивысшую окупаемость затраченных ресурсов высококачественным зерном [18].

Ресурсосберегающая почвозащитная технология No-Till в последние десятилетия широко применяется в мировом земледелии, которое ориентировано на повышение урожайности культур и рентабельности их возделывания с сохранением и даже с повышением плодородия почвы. Во многих странах земледелие по принципу нулевой обработки почвы уже ведется на больших площадях [10].

Система нулевой обработки почвы, главным образом, отличается от традиционной системы земледелия тем, что в ней отсутствует пахота, которая нарушает структуру почвы. Следующее отличие в том, что нетоварные остатки культур не утилизируются, а измельчаются до определенного размера и разбрасываются равномерно по полю, в качестве защитного слоя [1].

Главным принципом технологии No-Till является использование естественных процессов в почве. Так в необработанной почве остаётся большое количество энтомофагов, дождевых червей, в результате жизнедеятельности которых происходит естественное рыхление почвы. Непаханое поле глубоко пронизано миллиардами капилляров, оставшихся после корней однолетних растений или образовавшихся в результате жизнедеятельности дождевых червей и других организмов. По этим естественным каналам почву насыщает влага, а зимой она замерзает и разрывает каналы. Данный процесс составляет сущность природного рыхления, так называемого «дыхания» земли. Оставленные на поверхности пожнивные остатки

сельскохозяйственных растений создают защитный слой, который сохраняет влагу, защищает поле от солнца, водной, ветровой эрозии и пыльных бурь, а верхний пласт земли не разрушается [13, 19, 21].

В результате многочисленных научных исследований выявлено, что ресурсосберегающие технологии оказывают существенное влияние на плодородие почвы посредством снижения отрицательного воздействия ветровой и водной эрозии, оптимизируют водный и тепловой режимы почвы, повышают содержание органического вещества, подавляют сорные растения. За счёт оставления на полях высокой стерни в зимний период больше задерживается и накапливается снега, а размельченная побочная продукция сельскохозяйственных культур за счёт биологической деструкции приводит к улучшению структурности и качества почвы. Благодаря этим процессам накапливается больше влаги в почве, что является важнейшим фактором устойчивого производства культур. В то же время решается задача оптимизации структурного состояния почвы за счёт биологического саморыхления при сокращении почвообработок, чтобы, как утверждал И.Е. Овсинский более ста лет назад, «не нарушать сеть каналовцев, образованных ходами червей и корней растений» [3, 9, 12].

Многочисленными исследованиями установлена высокая эффективность технологии No-Till в борьбе с разрушением почвы, улучшении свойств и повышении почвенного плодородия, росте урожайности возделываемых культур и увеличении экономической эффективности растениеводства [5].

По данным Смурова С.И., Григорова О.В. и Беликова Д.П. за две ротации севооборотов, при переходе к технологии No-Till увеличиваются запасы почвенной влаги, при этом плотность почвы остается в пределах оптимальных значений для возделываемых культур, а количество макроэлементов, органического вещества в почве и степень её кислотности не отличались от показателей технологии с обработкой почвы. В то же время в среднем за период проведения опыта более структурированная почва была при использовании технологии Mini-Till [15].

Ученые Дридигер В.К., Кашаев Е.А., Стукалов Р.С. и Паньков Ю.И. в своих исследованиях выяснили, что при возделывании озимой пшеницы по технологии No-Till повышается урожайность и увеличивается экономическая эффективность производства за счёт сокращения затрат на топливо, амортизационные отчисления и ремонт техники [17].

По мнению Дридигера В.К. и Гаджимарова Р.Г. технология возделывания сои без обработки почвы на чернозёме обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края обеспечивает большое накопление и лучшее сохранение влаги в почве, которую растения используют для формирования урожая. Но при этом существует опасность переуплотнения почвы, что может привести к снижению урожайности культуры [8].

Условия, материалы и методы. Научные исследования по изучению влияния различных технологий основных на вспашке, Mini-Till и No-Till на агрохимические, водные и агрофизические свойства почвы и продуктивность культур звена «соя – озимая пшеница» проводили в 2018-2021 годах в четырехпольном севообороте (соя, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень) в стационарном полевом опыте лаборатории по изучению систем земледелия Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина. В соответствии с методическими рекомендациями образцы почвы для агрохимического обследования в 2017 и 2021 годах отбирали весной перед посевом яровых культур.

Почва на участке изучаемого севооборота представлена черноземом типичным, среднесуглинистым на лессовидном суглинке.

Объектами исследований выступали почва, соя с коротким периодом вегетации и озимая пшеница.

Опыт был однофакторным и включал две технологии: одну на основе вспашки под сою и минимальной обработки почвы дисковыми орудиями под озимую пшеницу, и вторую с нулевой обработкой полей и под сою, и под озимую пшеницу. Посевная площадь делянок составляла 45 м², учетная – 43,5 м². Размещение делянок систематическое в четырехкратной повторности.

По первой технологии агротехника ухода за изучаемыми культурами базировалась на наблюдениях за состоянием почвы и посевов и по необходимости включала рыхление верхнего слоя пахотного горизонта для создания и поддержания почвенной мульчи, обработку делянок гербицидами, инсектицидами и фунгицидами. Внесение удобрений происходило с их заделкой в почву на глубину 6-7 см.

Вторая технология включала послеуборочную обработку полей глифосатами, посев пожнивного сидерата в виде горчицы белой под посев сои, поверхностное внесение основной дозы удобрений, прямой посев культур и их опрыскивание во время вегетации против вредных объектов пестицидами.

Так агротехника возделывания сои при использовании технологии со вспашкой включала послеуборочное дискование поля мульчировщиком ДМ 4×2, которое проводилось непосредственно после уборки предшественника, затем при прорастании падалицы и сорняков и в количественном выражении составляло два три раза. Перед основной обработкой почвы производили основное внесение минеральных удобрений в дозе N₂₀P₂₀K₂₀ сеялкой СЗ-3,6 непосредственно в почву через работающие сошники.

Весной при наступлении физической спелости почвы выполнялось закрытие влаги путем шлейфования агрегатом, состоящим из шлейфов ШБ-2,5, борон ВНИС-Р, уголков и выравнивающей цепи. Под урожай сои вносили предпосевную дозу аммиачной селитры N₄₇ д. в. на 1 га. Предпосевная обработка почвы выполнялась сцепкой из борон ВНИС-Р. Посев сои производили в оптимальные сроки зерновой сеялкой СЗ-3,6 с припосевным внесением азофоски.

При возделывании сои по технологии No-Till после уборки предшественника ячменя проводилась обработка полей гербицидом сплошного действия Тайфун в дозе 3,0-4,0 л/га, после чего высевался поживный сидерат в виде горчицы белой сеялкой прямого посева SHM 15/17 с нормой 3,5 млн. всхожих семян на 1 га. Основное внесение минеральных удобрений в форме азофоски в дозе N₂₀P₂₀K₂₀ проводили зерновой сеялкой СЗ-3,6 путём разбрасывания её по поверхности почвы. Весной за 1-3 дня до посева делали обработку против сорняков глифосатсодержащим гербицидом Тайфун в дозе 3,0-4,0 л/га. Перед посевом сои по поверхности поля разбрасывали аммиачную селитру в дозе N₄₇ д. в. на 1 га. Посев культуры с одновременным внесением минерального удобрения азофоски проводили в оптимальные сроки сеялкой прямого посева Semeato SHM 15/17. Для посева по изучаемым технологиям использовали сорт сои Ланцетная с нормой посева 900 тыс. всхожих семян на 1 га, припосевная норма удобрений была равна N₁₀P₁₀K₁₀ кг д. в. на 1 га.

Химическая защита посевов сои по технологии со вспашкой и No-Till была одинаковой и состояла из двух гербицидных обработок. Первая проводилась граминицидом против злаковых сорняков. Потом через 3-5 дней проводилась вторая обработка для борьбы с двудольными сорняками баковой смесью.

По технологии с обработкой почвы под озимую пшеницу после уборки предшественника производили дискование агрегатом Heliodor, а ресурсосберегающая технология No-Till не включала технологических операций после уборки предшественника. Посев озимой пшеницы (сорт Майская юбилейная) по обеим технологиям проводили сеялкой прямого посева

Semeato SHM 15/17 в зависимости от почвенных и погодных условий с нормой 5,0-6,0 млн. всхожих семян на 1 га и одновременным внесением минеральных удобрений (азофоска) в дозе N₃₀P₃₀K₃₀.

Весной проводили подкормку озимой пшеницы аммиачной селитрой в дозе N₄₇ кг д. в. на 1 га. Эта операция проводилась зерновой сеелкой СЗ-3,6 только по технологии Mini-Till при работающих сошниках, то есть подкормка была прикорневой, а при беспашотном земледелии она была внекорневая так как удобрения разбрасывали по поверхности почвы. Химическая защита растений озимой пшеницы по изучаемым технологиям была одинаковой.

Уборку участков сои и озимой пшеницы осуществляли при наступлении полной спелости зерна напрямую комбайном Terrior-2010 SR. Зерно взвешивалось и определялась его влажность. Урожайность пересчитывалась на стандартную влажность.

Учеты и наблюдения осуществляли по общепринятым методикам. Определение основных фенологических фаз роста и развития растений делалось визуально по всем вариантам опыта в двух несмежных повторениях. Запасы продуктивной влаги в почве определяли термостатно-весовым методом, а агрохимические показатели плодородия почвы согласно действующим методикам и ГОСТам. Макроагрегатный анализ почвы проводился по методу Н.И. Савинова [11]. Плотность почвы определяли методом, разработанным Н.А. Качинским [4, 11]. Математическую обработку данных делали методом дисперсионного анализа [7].

Результаты и обсуждение. Плодородие почвы играет важную роль при возделывании сельскохозяйственных культур. Содержание гидролизующего азота в зависимости от технологии и слоя почвы на полях звена севооборота «соя – озимая пшеница» в 2017 году находилось на уровне 122-144 мг/кг, что соответствовало параметрам низкой обеспеченности. При этом на глубине от 20 см до 40 см по обоим технологиям оно было ниже верхнего слоя на 8 и 22 мг/кг и составляло 136 мг/кг по технологии с обработкой почвы и 122 мг/кг – по No-Till. За ротацию севооборота обеспеченность азотом в верхнем слое по технологии с обработкой почвы осталось на том же уровне 144 мг/кг, а вот по технологии без обработки почвы повысилось на 10 мг/кг и составило 154 мг/кг. В нижнем слое она по первой технологии незначительно возросла на 4 мг/кг и была равна 140 мг/кг, по второй технологии увеличилась на 11 мг/кг и составила 133 мг/кг. По состоянию на 2021 год почва при использовании технологии с обработкой почвы, а также технологии без обработки в нижнем слое соответствовало параметрам низкой обеспеченности гидролизующим азотом. В то время как по технологии No-Till в верхнем слое содержание этого элемента питания соответствовало средним параметрам (табл. 1).

Содержание подвижных форм фосфора как в 2017 году, так и 2021 году в верхнем слое почвы 0-20 см соответствовало повышенным и высоким показателям. В нижнем слое 20-40 см при использовании технологии с обработкой почвы обеспеченность почвы подвижным фосфором характеризовалась как повышенная (109 и 107 мг/кг), в то время как по технологии без обработки как средняя (84 и 96 мг/кг). Как видно из полученных данных за ротацию севооборота по первой технологии подвижных форм фосфора стало меньше на 24 и 2 мг/кг соответственно слоям почвы, в то время как по беспашотной технологии наоборот стало больше в верхнем слое на 19 мг/кг, а в нижнем на 12 мг/кг.

Содержание обменного калия в 2017 году в верхнем слое по изучаемым технологиям соответствовало параметрам высокого содержания (130 и 141 мг/кг), а в нижнем слое показателям повышенного содержания (108 и 99 мг/кг). К 2021 году независимо от технологии возделывания и слоя отбора почвенных образцов содержание K₂O снизилось. Так по технологии с обработкой почвы в слое почвы 0-20 см на 38 мг/кг, в слое почвы 20-40 мг/кг на 19 мг/кг. При использовании технологии No-Till в слое почвы 0-20 см содержание обменного калия снизилось на 53 мг/кг, а в слое 20-40 см на 15 мг/кг. По изучаемым технологиям во всех слоях в 2021 году содержание обменного калия соответствовало параметрам повышенного содержания.

Таблица 1 – Содержание макроэлементов и органического вещества в почве в зависимости от технологии возделывания

Наименование параметра, содержание	Слой почвы, см	Технология возделывания, год			
		Технология возделывания с обработкой почвы		Технология возделывания с нулевой обработкой почвы	
		2017	2021	2017	2021
Гидролизующий азот, мг/кг	0-20	144	144	144	154
	20-40	136	140	122	133
Подвижный фосфор, мг/кг	0-20	162	138	156	175
	20-40	109	107	84	96
Обменный калий, мг/кг	0-20	130	92	141	88
	20-40	108	89	99	84
Органическое вещество, %	0-20	4,2	4,1	4,3	4,4
	20-40	3,9	3,8	3,5	3,2

Использование в течение четырех лет изучаемых технологий при возделывании сои и озимой пшеницы не привело к существенным изменениям содержания органического вещества в почве, колебания которого были в пределах 0,1-0,3%. По технологии с обработкой почвы в верхнем и нижнем слоях органического вещества в период с 2017 года по 2021 год стало меньше на 0,1%, при использовании технологии без обработки почвы, в слое почвы 0-20 см оно увеличилось на 0,1%, в слое 20-40 см его количество снизилось на 0,3%. Обеспеченность почвы органическим веществом в годы исследований в верхнем слое характеризовалась как среднее, а в нижнем как низкое.

Культуры севооборота и технологии возделывания оказывали влияние на кислотность почвы и содержание микроэлементов (табл. 2). Степень кислотности почвы по изучаемым технологиям возделывания в 2017 году составляла 5,1-5,6 ед., что соответствует слабокислой и близкой к нейтральной реакции почвы. За время ротации севооборота по технологии с обработкой почвы в слое 0-20 см изменений не наблюдалось, а в слое 20-40 см она увеличилась на 0,4 ед. до 5,2 ед. По технологии No-Till в верхнем слое произошло повышение кислотности на 0,5 ед., а в нижнем слое наоборот снижение на 0,4 ед.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов и кислотность почвы в зависимости от технологии возделывания

Наименование параметра, содержание	Слой почвы, см	Технология возделывания, год			
		Технология возделывания с обработкой почвы		Технология возделывания с нулевой обработкой почвы	
		2017	2021	2017	2021
Степень кислотности, рН _{сол}	0-20	5,1	5,1	5,3	4,8
	20-40	5,6	5,2	5,3	5,7
Подвижная сера, мг/кг	0-20	1,5	0,4	1,5	0,5
	20-40	1,1	0,3	1,3	1,2
Подвижный марганец, мг/кг	0-20	8,05	8,60	8,91	9,51
	20-40	6,86	8,97	6,92	8,28
Подвижный цинк, мг/кг	0-20	0,31	0,54	0,34	0,95
	20-40	0,35	0,45	0,22	0,75
Подвижный кобальт, мг/кг	0-20	0,086	0,103	0,083	0,147
	20-40	0,077	0,148	0,074	0,114
Подвижная медь, мг/кг	0-20	0,068	0,118	0,096	0,138
	20-40	0,163	0,090	0,082	0,175

Микроэлементы также играют важную роль в жизни растений. Так, сера усиливает рост и развитие растений, стимулирует образование клубеньковых бактерий на корнях у бобовых культур, а также интенсифицирует поглощающую деятельность корневой системы. Марганец принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях. Ион Mn^{2+} является компонентом двух ферментов: фосфотрансферазы и аргиназы. Цинк входит в состав разнообразных энзимов: дегидрогеназы, пептидазы, фосфогидролазы. Основные его функции в растениях: метаболизм углеводов, фосфатов и протеинов; образование аукинов, ДНК, рибосом. Под влиянием кобальта стимулируется развитие растительных тканей, содержащих бактериоды (грамотрицательные анаэробные палочковидные бактерии), увеличивается количество рибосом, как в растительной, так и в бактериодной клетке, повышается подвижность бактериодов в клубеньках бобовых растений. Медь играет значительную роль в процессах дыхания, фотосинтеза, перераспределения углеводов, фиксации и восстановления азота, метаболизма клеточных стенок и протеинов [2].

Содержание подвижной серы и марганца в почве в 2017 и 2021 годах в звене севооборота «соя – озимая пшеница» не зависело от технологии возделывания и составляло 0,3-1,5 мг/кг и 6,86-9,51 мг/кг, что соответствовало низким параметрам. В 2017 году таких микроэлементов как цинк, кобальт и медь также содержалось низкое количество, а именно 0,22-0,35 мг/кг, 0,074-0,086 мг/кг, 0,068-0,163 мг/кг соответственно. За ротацию севооборота при использовании технологии с обработкой почвы содержание подвижного цинка повысилось незначительно до 0,45-0,54 мг/кг, то есть содержание осталось также на низком уровне. По технологии No-Till содержание подвижного цинка в верхнем и нижнем слоях повысилось до 0,95 мг/кг и 0,75 мг/кг, что соответствовало средней обеспеченности. Содержание таких микроэлементов как подвижный кобальт и медь по изучаемым технологиям в обоих слоях повышалось незначительно и оставалось на уровне низкой обеспеченности 0,103-0,148 мг/кг и 0,90-0,138 мг/кг.

Наряду с макроэлементами, органическим веществом, микроэлементами в почве и её кислотностью, вода является важным фактором, оказывающим значительное влияние на урожайность культур. В условиях Центрально-Черноземного региона она является лимитирующим фактором и находится в дефиците. Соя и озимая пшеница в соответствии с биологическими и морфологическими особенностями предъявляют разные требования к влаге.

Соя очень требовательна к влаге и относится к влаголюбивым культурам. Благодаря мощной стержневой корневой системе она хорошо переносит недостаток в первый период вегетации, однако в критический период развития «плодообразование – созревание», когда потребность в воде наибольшая, очень страдает от её дефицита [3, 16].

В исследованиях на период посева культуры в слоях 0-30 см и 0-100 см запасы продуктивной влаги по изучаемым технологиям возделывания в 2018-2019 годах и в 2021 году находились в пределах оптимального увлажнения, в то время как в 2020 году они соответствовали параметрам слабого недостаточного увлажнения (табл. 3).

В разные годы технологии с глубокой отвальной обработкой почвы и No-Till по-разному влияли на количество доступной растениям влаги. В 2018 году по ресурсосберегающей технологии влаги зимне-весеннего периода было больше, чем по вспашке. Так в тридцатисантиметровом слое содержалось 44 мм, а метровом 163 мм. В последующие годы исследований, характеризующихся выпадением полуторной среднесезонной нормы осадков во второй декаде апреля 2019 года и полуторной месячной нормы в апреле 2021 года, запасы продуктивной влаги в почве по технологиям находились на одном уровне.

Таблица 3 – Запасы продуктивной влаги в почве на период посева и уборки сои и озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, мм

Культура звена севооборота	Технология возделывания	Год и слой почвы, см									
		2018		2019		2020		2021		Среднее	
		0-30	0-100	0-30	0-100	0-30	0-100	0-30	0-100	0-30	0-100
На период посева											
Соя	Вспашка	38	153	45	152	34	134	43	155	40	149
	No-Till	44	163	46	153	30	116	43	155	41	147
Озимая пшеница	Mini-Till	18	39	6	67	0	10	4	20	7	34
	No-Till	23	46	15	63	5	26	4	21	12	39
На период уборки											
Соя	Вспашка	1	29	6	25	6	31	25	44	10	32
	No-Till	13	67	8	26	12	55	24	44	14	48
Озимая пшеница	Mini-Till	39	147	21	44	8	17	4	28	18	59
	No-Till	39	140	24	56	12	24	8	38	21	65

В условиях 2020 года при выпадении среднегодовой нормы осадков в третьей декаде апреля продуктивной влаги было больше по вспашке, чем по нулевой технологии, и разница составляла в тридцатисантиметровом слое 4 мм и в метровом 18 мм, а общее её количество было 34 мм и 134 мм соответственно. В среднем за годы исследований запасы продуктивной влаги на время посева сои по обеим технологиям на были близкими, и составляли в слое 0-30 см 40-41 мм, а в слое 0-100 см 147-149 мм.

На период уборки сои (конец августа - начало сентября) параметры увлажнения почвы изменились. Запасы продуктивной влаги в 2018 и 2020 годах по технологии No-Till характеризовались как сильно недостаточные, по традиционной с глубокой отвальной обработкой почвы соответствовали параметрам слабой почвенной засухе. Так в слое почвы 0-30 см по ресурсосберегающей технологии их количество не превышало 13 мм, а в метровом 67 мм, в то время как по вспашке они были значительно ниже на 6 мм и на 31 мм соответственно. В условиях 2019 года по технологиям возделывания количество продуктивной влаги находилось на одном уровне в слое 0-30 см оно равнялось 6-8 мм, а в слое 0-100 см 25-26 мм. В 2021 году на период уборки сои до глубины 30 см продуктивной влаги было 24-25 мм (слабое недостаточное увлажнение), а на глубине 100 см её содержалось 44 мм, что уже соответствовало параметрам слабой почвенной засухи. За годы исследований с 2018 по 2021 год технология без механической обработки почвы показала незначительное преимущество в сохранении необходимой растениям влаги по сравнению с отвальной вспашкой. Так, в тридцатисантиметровом слое значения были равны 10 мм и 14 мм, а в метровом – 32 мм и 48 мм соответственно.

Озимая пшеница за время вегетации так же, как и соя, неравномерно использует продуктивную влагу. Потребность в воде растениями в фазах прорастания зерна и появления всходов относительно небольшая, однако для появления дружных и полноценных всходов необходимо в верхнем слое не менее 10 мм продуктивной влаги. Наибольшее потребление воды у озимой пшеницы наблюдается в фазе выхода в трубку. Недостаток воды во время цветения, оплодотворения и налива зерна отрицательно сказывается на продуктивности растений [20].

В результате проведенных исследований было установлено, что на время посева озимой пшеницы в 2018-2020 годах её лучшая обеспеченность влагой была по технологии No-Till, чем по Mini-Till (исключением был 2019 год, когда слой почвы 0-100 см был с одинаковой обеспеченностью влагой). А вот в условиях 2021 года запасы продуктивной влаги по изучаемым технологиям были одинаковыми и составляли в тридцатисантиметровом слое 4 мм, а в метровом слое – 20-21 мм. В слое почвы 0-30 см запасы доступной растениям влаги при беспашотном земледелии составляли в 2018 году 23 мм, в 2019 году 15 мм и в 2020 году 5 мм, в то время как по вспашке они были значительно ниже 18 мм, 6 мм и 0 мм соответственно этим годам. В метровом слое почвы в 2018 и 2020 годах была отмечена наибольшая влажность почвы также по ресурсосберегающей технологии, где содержалось 46 мм и 26 мм доступной растениям влаги. По технологии с минимальной обработкой почвы эти значения были ниже на 7 мм и 16 мм соответственно. В 2019 году количество влаги было больше по технологии Mini-Till, чем по No-Till и запасы её составляли 67 мм и 63 мм соответственно. В 2018 году количество продуктивной влаги в слое почвы 0-30 см соответствовало параметрам сильного недостаточного увлажнения, а в слое 0-100 см – слабой почвенной засухе. Запасы продуктивной влаги в 2019-2021 годах исследований в слое почвы 0-30 см соответствовали параметрам сильной почвенной засухи, а в слое 0-100 см – сильного недостаточного увлажнения в 2019 году и сильной почвенной засухе в 2020 и 2021 годах.

В 2018 году к концу периода вегетации озимой пшеницы запасы продуктивной влаги после выпадения обильных осадков характеризовались как оптимальные и составляли в слое почвы 0-30 см как по Mini-Till, так и по No-Till 39 мм, а в слое почвы 0-100 см 147 мм и 140 мм, соответственно технологиям. Влажность почвы в 2019 году по изучавшимся технологиям соответствовала параметрам сильного недостаточного увлажнения, а в 2020 году – сильной почвенной засухе. Количество доступной влаги в тридцатисантиметровом слое по беспашотному земледелию было выше, чем по технологии с минимальной поверхностной обработкой почвы на 3 мм и на 4 мм, в метровом слое на 12 мм и на 7 мм соответственно годам. В условиях 2021 года по беспашотному земледелию запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-30 см были равны 8 мм, а в слое 0-100 см 38 мм, при использовании мелкой поверхностной обработки они были меньше на 4 мм и на 10 мм соответственно. По средним значениям влажности почвы за 2018-2021 год видно, что технология No-Till не имела преимуществ по сравнению с технологией с мелкой поверхностной обработкой почвы.

Агрофизические свойства почвы являются важнейшими характеристиками её плодородия. Они, не обеспечивая растения ни одним из элементов плодородия необходимых для их роста, могут повлиять на их развитие. Так плотность почвы важнейший фактор, определяющий жизненные показатели сельскохозяйственных культур. Рыхлая почва подвержена иссушению и при оседании может повреждать корневую систему. В то же время чрезмерно уплотненная почва обладает низкой водо- и воздухопроницаемостью, что в свою очередь оказывает подавляющее воздействие на ростовые функции корневой системы растений [6].

В результате проведенных исследований было установлено, что на период посева культуры по технологии No-Till плотность сложения верхнего тридцатисантиметрового слоя почвы в 2018 г., в 2019 г. и в 2021 году была незначительно выше, чем по традиционной технологии со вспашкой. Так, объемный вес почвы в этом слое по беспашотному земледелию составлял 1,12 г/см³, 1,06 г/см³ и 1,05 г/см³, в то время как по вспашке был равен 0,96 г/см³, 1,01 г/см³ и 1,01 г/см³ соответственно годам. В 2020 году использование глубокой отвальной обработки почвы привело к большему уплотнению почвы, чем по технологии No-Till. (табл. 4).

Ко времени уборки сои при традиционном земледелии со вспашкой плотность почвы в 2018 г. и 2019 г. увеличилась относительно времени посева до 1,21 г/см³ и 1,12 г/см³, а в 2020 г. и 2021 г. осталась на том же уровне и равнялась 1,08 г/см³ и 1,02 г/см³. По нулевой технологии в 2019 г. и 2020 г. происходило повышение плотности почвы на 0,09 г/см³ и на 0,07 г/см³, в то время как в 2018 г. и 2021 г. изменения были незначительными. Следует отметить, что за время вегетации сои, изменения плотности почвы в слое 0-30 см находились в пределах значений оптимальных для роста и развития растений.

Объемный вес почвы на период посева озимой пшеницы по технологиям Mini-Till и No-Till различался незначительно. Он равнялся 1,07-1,11 г/см³ в 2018 г. и 1,06-1,07 г/см³ в 2021 г., а в 2019 г. и 2020 г. был чуть ниже, соответственно 0,99-1,02 г/см³ и 0,98-1,00 г/см³.

Таблица 4 – Плотность почвы на период посева и уборки сои и озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, г/см³

Культура звена севооборота	Технология возделывания	Год и слой почвы, см														
		2018			2019			2020			2021			Среднее		
		0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30
На период посева																
Соя	Вспашка	0,97	0,94	0,96	0,91	1,11	1,01	1,08	1,13	1,11	0,99	1,03	1,01	0,99	1,05	1,02
	No-Till	1,17	1,07	1,12	0,97	1,15	1,06	0,93	1,02	0,98	1,02	1,08	1,05	1,02	1,08	1,05
Озимая пшеница	Mini-Till	1,00	1,15	1,07	1,01	0,97	0,99	0,98	1,01	1,00	1,01	1,11	1,06	1,00	1,06	1,03
	No-Till	1,12	1,09	1,11	1,04	0,99	1,02	0,97	0,99	0,98	1,04	1,09	1,07	1,04	1,04	1,04
На период уборки																
Соя	Вспашка	1,19	1,23	1,21	1,08	1,16	1,12	1,04	1,11	1,08	1,01	1,02	1,02	1,08	1,13	1,11
	No-Till	1,08	1,07	1,08	1,10	1,20	1,15	1,01	1,09	1,05	1,03	1,04	1,04	1,06	1,10	1,08
Озимая пшеница	Mini-Till	1,11	1,15	1,13	1,04	1,17	1,11	0,90	0,96	0,93	1,02	1,03	1,03	1,02	1,08	1,05
	No-Till	1,31	1,30	1,31	1,22	1,15	1,19	0,83	0,88	0,86	1,03	1,04	1,03	1,10	1,09	1,10

За вегетацию озимой пшеницы плотность почвы по технологии No-Till возросла в 2018 г. до 1,31 г/см³ и в 2019 г. до 1,19 г/см³, в то время как в 2020 году наоборот, снизилась до 0,86 г/см³. В 2021 году изменений в плотности почвы по сравнению с периодом посева не наблюдалось. По технологии Mini-Till изменения в плотности почвы в 2018 г., 2020 г. и 2021 г. были незначительными, а в 2019 году произошло увеличение данного показателя на 0,12 г/см³ по сравнению с периодом посева культуры. В среднем за 2018-2021 год, плотность почвы по нулевой технологии была незначительно выше, чем по минимальной, и составляла соответственно 1,10 г/см³ и 1,05 г/см³.

В результате влияния полевых культур и технологий их возделывания структурно-агрегатный состав почвы в годы исследований и в периоды отбора был разным (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание агрономически ценной фракции (0,25-10,0 мм) в почве на период посева и уборки сои и озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, в % к общей массе воздушно-сухой почвы

Культура звена севооборота	Технология возделывания	Год и слой почвы, см														
		2018			2019			2020			2021			Среднее		
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
На период посева																
Соя	Вспашка	47,4	49,1	53,3	20,7	15,9	27,4	34,1	48,7	29,8	57,6	42,9	45,4	40,0	39,2	39,0
	No-Till	56,5	57,7	62,3	9,8	12,0	14,1	23,0	59,0	21,8	67,5	52,8	43,4	39,2	45,4	35,4
Озимая пшеница	Mini-Till	58,2	38,5	37,8	52,9	49,1	66,8	4,3	6,5	2,6	55,5	42,9	40,5	42,7	34,3	36,9
	No-Till	43,2	36,7	38,1	39,6	27,3	29,7	29,6	21,4	35,9	35,2	44,2	41,7	36,9	32,4	36,4
На период уборки																
Соя	Вспашка	37,8	38,2	54,2	15,7	14,5	25,8	55,5	42,9	40,5	34,3	36,1	47,3	35,8	32,9	42,0
	No-Till	38,7	37,6	59,7	15,3	16,0	8,2	57,9	44,4	51,7	46,2	43,8	42,9	39,5	35,5	40,6
Озимая пшеница	Mini-Till	75,3	59,7	62,8	59,0	42,2	30,2	36,3	59,7	10,7	78,7	72,1	64,0	62,3	58,4	41,9
	No-Till	65,3	46,7	54,7	66,5	55,5	42,0	39,7	65,5	10,8	67,4	66,5	62,2	59,7	58,6	42,4

При возделывании сои содержание агрономически ценных агрегатов на период посева в среднем за 2018-2021 год по технологиям как со вспашкой, так и нулевой, было низким 35,4-39,2%, что соответствовало критерию неудовлетворительное состояние, и лишь в верхнем слое 0-10 см по вспашке и среднем 10-20 см по No-Till оно было удовлетворительным (40,0% и 45,4%). За время вегетации культуры в слоях почвы 0-10 см и 10-20 см количество агрономически ценных агрегатов снижалось до 32,9-39,5% и агрегатный состав характеризовался как неудовлетворительный, в то время как в слое 20-30 см наоборот их число возросло до 40,6-42,0% и почва имела удовлетворительное агрегатное состояние. Анализ данных по содержанию ценных агрегатов размером 0,25-10,0 мм по годам исследований показал, что происходило ухудшение агрегатного состояния верхнего и среднего слоев почвы, а в нижнем слое оно практически не изменялось. Исключением был 2020 год, в условиях которого в слое почвы 0-10 см произошло значительное увеличение процентного содержания фракции 0,25-10,0 мм, что обусловило переход её агрегатного состояния, с неудовлетворительного до удовлетворительного, а в слое 10-20 см доля агрономически ценных агрегатов снизилась, но осталась на уровне, характеризующем состояние почвы, как удовлетворительное.

В среднем за годы исследований агрегатное состояние почвы осенью, при посеве озимой пшеницы, по обем технологиям возделывания соответствовало неудовлетворительному состоянию так как агрономически полезной фракции было всего 32,4-36,9%, исключением был лишь верхний слой по минимальной технологий, где их было 42,7% и оно характеризовалось как удовлетворительное. Ко времени уборки культуры летом по всем слоям содержание агрономически ценных агрегатов возросло на 5,0-26,2% до 41,9-59,7% и даже в верхнем слое по технологии Mini-Till до 62,3% и агрегатное состояние

почвы стало характеризоваться соответственно как удовлетворительное и как хорошее. Большие изменения произошли в верхнем и среднем слоях почвы, по которым разница составляла 19,6-22,8% и 24,1-26,2%, в то время как в нижнем слое она равнялась 5,0-6,0%.

Под влиянием изучаемых факторов в 2018 и 2021 годах за период времени от посева до уборки озимой пшеницы по всем слоям структура почвы улучшалась. Содержание агрономически ценных агрегатов возрастало на 10,0-25,0% и 20,5-32,2% соответственно годам. В 2019 году во всех слоях почвы и в 2020 году в верхнем и среднем слоях по технологии No-Till содержание агрономически ценной фракции возросло с 21,4-39,6% до 39,7-66,5%. По технологии Mini-Till в условиях 2019 года в слоях почвы 0-10 см и 10-20 см за период времени с момента посева и до уборки агрегатное состояние почвы оставалось удовлетворительным (42,2-59,0%), а вот в слое 20-30 см ухудшилось до неудовлетворительного (30,2%). В 2020 году на момент посева во всех слоях содержание агрономически ценных агрегатов составляло 2,6-6,5%, что соответствовало неудовлетворительному агрегатному состоянию, к моменту уборки произошло повышение на 8,1-53,2%, в результате которого только в среднем слое улучшилось агрегатное состояние до удовлетворительного.

Урожайность сои в среднем за 2018-2021 год по вспашке была выше, чем по технологии No-Till на 0,40 т/га и составляла 2,80 т/га. В условиях 2018 года, 2019 и 2020 года урожай культуры при использовании глубокой отвальной вспашки был выше, чем по технологии No-Till на соответственно на 0,52 т/га, на 0,50 т/га и на 0,54 т/га, а в 2021 году он был на одном уровне и равнялся в зависимости от технологии 2,39 т/га и 2,38 т/га (табл. 6).

Таблица 6 – Урожайность сои и озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, т/га

Культура звена севооборота	Технология возделывания	Год				Среднее
		2018	2019	2020	2021	
Соя	Вспашка	3,50	2,65	2,64	2,39	2,80
	No-Till	2,98	2,15	2,10	2,38	2,40
	HCP ₀₅	0,29	0,11	0,12	0,25	0,19
Озимая пшеница	Mini-Till	6,24	6,30	7,25	6,17	6,49
	No-Till	6,04	5,96	7,44	4,21	5,91
	HCP ₀₅	0,33	0,30	0,28	0,56	0,37

В среднем за 2018-2021 год зерновая продуктивность озимой пшеницы по технологии Mini-Till была 6,49 т/га и превышала на 0,58 т/га технологию No-Till. В то же время необходимо отметить, что два года в 2019 и 2021 году урожайность зерна была больше по технологии Mini-Till, а два года в 2018 и в 2020 году она была равной, так как различия в 0,20 т/га и 0,19 т/га не превышали наименьшую существенную разницу равную соответственно годам 0,33 т/га и 0,28 т/га.

Заключение. Технологии возделывания сои и озимой пшеницы не оказали существенного влияния на показатели плодородия почвы. За ротацией севооборота в звене «соя-озимая пшеница» при использовании технологии с обработкой почвы в слое 0-20 см содержание гидролизуемого азота осталось на прежнем уровне, а в слое 20-40 см незначительно на 4 мг/кг почвы увеличилось. А вот использование нулевой технологии дало небольшое повышение в обоих слоях, в верхнем на 10 мг/кг, а в нижнем на 11 мг/кг. Как в 2017 году, так и в 2021 году по обеим изучаемым технологиям возделывания культур и слоям почвы обеспеченность гидролизуемым азотом характеризовалась как низкая. Подвижных форм фосфора при четырехлетнем использовании ресурсосберегающей технологии No-Till в слое почвы 0-20 см возросло со 156 мг/кг почвы до 175 мг/кг, а в нижнем слое с 84 мг/кг до 96 мг/кг оставаясь при этом в параметрах соответственно слоям высокого и среднего содержания. При использовании технологий с обработкой почвы в верхнем слое содержание P₂O за четыре года снизилось со 162 мг/кг, высокое содержание, до 138 мг/кг, повышенное, в то время как в слое 20-40 см оставалось по-прежнему повышенным – 107 мг/кг против 109 мг/кг в 2017 году. Обеспеченность почвы обменным калием за ротацию севооборота по обеим технологиям снизилась в верхнем слое с высокой (130-141 мг/кг) до повышенной (88-92 мг/кг), а в нижнем слое оставалась повышенной (84-89 мг/кг).

Количество органического вещества, кислотность почвы и содержание в ней микроэлементов за четыре года исследований изменились незначительно. Содержание подвижных форм серы, марганца, цинка, кобальта и меди при использовании технологий с обработкой почвы и No-Till поменялось незначительно и соответствовало низкой обеспеченности. Исключением был подвижный цинк, содержание которого при использовании технологии без обработки почвы за ротацию севооборота возросло в слое 0-20 см до 0,95 мг/кг, а в слое 20-40 см до 0,75 мг/кг, что соответствовало параметрам средней обеспеченности.

Запасы продуктивной влаги на момент посева сои и озимой пшеницы в среднем за 2018-2021 года не различались по технологиям возделывания и соответствовали оптимальным значениям и слабой почвенной засухе в зависимости от культуры и срока учета. К моменту уборки сои прослеживалось преимущество ресурсосберегающей технологии No-Till, по которой было больше продуктивной влаги. При уборке озимой пшеницы запасы доступной влаги по обеим технологиям находились на одном уровне.

Плотность почвы в среднем за 2018-2021 года на период посева и уборки сои и озимой пшеницы по технологиям возделывания была одинаковой соответственно 1,02-1,05 г/см³ и 1,05-1,11 г/см³. Содержание агрономически ценной фракции, агрегатов размером 0,25-10,0 мм, во всех слоях почвы на период посева и уборки сои находилось на одном уровне, 35,4-45,4%, а при возделывании озимой пшеницы содержание этой фракции к уборке увеличилось в верхних слоях почвы до уровня характерного для хорошей и удовлетворительной структуры независимо от технологии возделывания.

Зерновая продуктивность сои и озимой пшеницы при возделывании по традиционной технологии со вспашкой и Mini-Till составляла 2,80 т/га и 6,49 т/га соответственно и была выше, чем по ресурсосберегающей нулевой технологии на 0,40 т/га и 0,58 т/га.

Библиография

1. Агроэкологическая оценка технологии No-Till в условиях Белгородской области / С.Д. Лицуков [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 9. – С. 46-48.

2. Анспок, П.И. Микроудобрения: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / П.И. Анспок. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 272 с.
3. Балакай, Г.Т. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области / Г.Т. Балакай, С.А. Селецкий // Научный журнал РосНИИПМ. – 2019. – № 3 (35). – С. 80-97.
4. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
5. Власенко, А.Н. Перспективы технологии No-till в Сибири / А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 16-19.
6. Гулаев, В.М. Влияние основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия почвы на посевах сои / В.М. Гулаев, С.Н. Зудулин, Н.В. Гулаева // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 5-3. – С. 1090-1092.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 416 с.
8. Дридигер, В.К. Влияние технологии возделывания сои на водно-физические свойства чернозёма обыкновенного Центрального Предкавказья / В.К. Дридигер, Р.Г. Гаджимаров // Известия ОГАУ. – 2017. – № 5 (67). – С. 65-67.
9. Карпухин, М.Ю. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур в зависимости от технологии возделывания / М.Ю. Карпухин, Л.В. Гринев // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 5 (147). – С. 6-10.
10. Карпухин, М.Ю. Предпосевная обработка почвы и её влияние на некоторые показатели чернозёма оподзоленного в условиях Уральского Нечерноземья / М.Ю. Карпухин // Коняевские чтения: сб. II Всерос. науч.-практ. конф., посв. памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, д. с-х. н., проф. Н.Ф. Коняева. – Екатеринбург, 2008. – С. 275-280.
11. Мичманова, А.И. Агрофизические методы исследования почв / А.И. Мичманова, С.А. Модина, С.И. Долгов. – М. : Наука, 1966. – 259 с.
12. Овсинский, И.Е. Новая система земледелия / И.Е. Овсинский / Перепечатка публикации 1899 г. (Киев, тип. С.В. Кульженко). – Новосибирск : АГРО-СИБИРЬ, 2004. – 86 с.
13. Павлов, С.А. No-Till – технологическая перспектива повышения продуктивности озимой пшеницы / С.А. Павлов, А.С. Попов // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 5. – С. 56-60.
14. Смирнов, С.А. Система обработки земли по технологии No-Till / С.А. Смирнов // Academy. – 2017. – № 4 (19). – С. 33-34.
15. Смуров, С.И. Динамика физико-химических свойств почвы в зависимости от ресурсосберегающих технологий / С.И. Смуров, О.В. Григоров, Д.П. Беликов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 4 (20). – С. 152-161.
16. Соя в России: монография / В.А. Федотов [и др.]. – М. : Агролига России, 2013. – 431 с.
17. Урожайность и экономическая эффективность сельскохозяйственных культур в севообороте в зависимости от технологии возделывания и удобрений / В.К. Дридигер, Е.А. Кацаев, Р.С. Стукалов, Ю.И. Паньков // Известия ОГАУ. – 2016. – № 3 (59). – С. 32-36.
18. Чекаев, Н.П. Изменение агрофизических показателей чернозема выщелоченного и урожайности яровой пшеницы в условиях внедрения технологии No-till / Н.П. Чекаев, Т.А. Власова, Е.О. Кочмина // Нива Поволжья. – 2015. – № 2. – С. 74-79.
19. Якимова, Л.А. Эффективность ресурсосберегающих технологий в системе точного земледелия / Л.А. Якимова // Вестник Красноярского ГАУ. – 2017. – № 9. – С. 16-19.
20. Требования озимой пшеницы к влаге // URL: <https://rosng.ru/post/content-trebovaniya-ozimoy-pshenicy-k-vlage> [Электронный ресурс] (дата обращения: 24.03.2022)
21. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

References

1. Agroecologicheskaya ocenka tekhnologii No-Till v usloviyah Belgorodskoj oblasti [Agroecological evaluation of technology No-Till in the conditions of the Belgorod region] / S.D. Licukov [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2013. – № 9. – S. 46-48.
2. Anspok, P.I. Mikroudobreniya: Spravochnik. – 2-e izd., pererab. i dop. [Micro fertilizers: Handbook. – 2nd ed., reprint and add.] / P.I. Anspok. – L. : Agropromizdat. Leningr. otd-nie, 1990. – 272 s.
3. Balakaj, G.T. Urozhajnost' sortov soi pri polive dozhddevaniem i sistemami kapel'nogo orosheniya v usloviyah Rostovskoj oblasti [Yield of soybean varieties at irrigation with rainwatering and drip irrigation systems in the conditions of the Rostov region] / G.T. Balakaj, S.A. Seleckij // Nauchnyj zhurnal RosNIIPM. – 2019. – № 3 (35). – S. 80-97.
4. Vadyunina, A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv i gruntov [Methods of investigation of physical properties of soils and grounds] / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – M. : Agropromizdat, 1986. – 416 s.
5. Vlasenko, A.N. Perspektivy tekhnologii No-till v Sibiri [Perspectives of Technology No-till in Siberia] / A.N. Vlasenko, N.G. Vlasenko, N.A. Ko-rotkih // Zemledelie. – 2014. – № 1. – S. 16-19.
6. Gulaev, V.M. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na agrofizicheskie pokazateli plodorodiya pochvy na posevah soi [Influence of the main soil treatment on agrophysical indicators of soil fertility on soybean crops] / V.M. Gulaev, S.N. Zudulin, N.V. Gulaeva // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2014. – № 5-3. – S. 1090-1092.
7. Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospikhov. – M. : Agropromizdat, 1985. – 416 s.
8. Dridiger, V.K. Vliyanie tekhnologii vozdelevaniya soi na vodno-fizicheskie svojstva chernozyoma obyknovennogo Central'nogo Predkavkaz'ya [Influence of technology of cultivation of soybeans on water-physical properties of black soil of ordinary Central Predkavkaz'ya] / V.K. Dridiger, R.G. Gadzhumarov // Izvestiya OGAU. – 2017. – № 5 (67). – S. 65-67.
9. Karpuhin, M.Yu. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' kul'tur v zavisimosti ot tekhnologii vozdelevaniya [Influence of mineral fertilizers on the yield of crops depending on the technology of cultivation] / M.Yu. Karpuhin, L.V. Grinec // Agrarnyj vestnik Urala. – 2016. – № 5 (147). – S. 6-10.
10. Karpuhin, M.Yu. Predposevnaya obrabotka pochvy i eyo vliyanie na nekotorye pokazateli chernozema opodzolenno v usloviyah Ural'skogo Nечernozem'ya [Pre-sowing tillage and its effect on some indicators of podzolized black soil in the conditions

of the Ural Non-Black soil region] / M.Yu. Karpuhin // Konyaevskie chteniya: sb. II Vseros. nauch.-prakt. konf., posv. pamyati zaslužennogo deyatelya nauki RSFSR, d. s-h. n., prof. N.F. Konyaeva. – Ekaterinburg, 2008. – S. 275-280.

11. Michmanova, A.I. Agrofizicheskie metody issledovaniya pochv [Agrophysical methods of soil research] / A.I. Michmanova, S.A. Modina, S.I. Dolgov. – M. : Nauka, 1966. – 259 s.

12. Ovsinskij, I.E. Novaya sistema zemledeliya [New farming system] / I.E. Ovsinskij / Perepechatka publikacii 1899 g. (Kiev, tip. S. V. Kul'zhenko). – Novosibirsk : AGRO-SIBIR', 2004. – 86 s.

13. Pavlov, S.A. No-Till – tekhnologicheskaya perspektiva povysheniya produktivnosti ozimoy pshenicy [No-Till – technological perspective of increasing the productivity of winter wheat] / S.A. Pavlov, A.S. Popov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2017. – № 5. – S. 56-60.

14. Smirnov, S.A. Sistema obrabotki zemli po tekhnologii No-Till [System of land processing according to technology No-Till] / S.A. Smirnov // Academy. – 2017. – № 4 (19). – S. 33-34.

15. Smurov, S.I. Dinamika fiziko-himicheskikh svojstv pochvy v zavisimosti ot resursoberegayushchih tekhnologij [Dynamics of physical and chemical properties of the soil depending on resource-saving technologies] / S.I. Smurov, O.V. Grigorov, D.P. Belikov // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. – 2018. – № 4 (20). – S. 152-161.

16. Soja v Rossii: monografiya [Soy in Russia: monograph] / V.A. Fedotov [i dr.]. – M. : Agroliga Rossii, 2013. – 431 s.

17. Urozhajnost' i ekonomicheskaya effektivnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur v sevooborote v zavisimosti ot tekhnologii vozdel'yvaniya i udobrenij / V.K. Dridiger, E.A. Kashchayev, R.S. Stukalov, Yu.I. Pan'kov // Izvestiya OGAU. – 2016. – № 3 (59). – S. 32-36.

18. Chekaev, N.P. Izmenenie agrofizicheskikh pokazatelej chernozema vyshchelochennogo i urozhajnosti yarovoj pshenicy v usloviyah vnedreniya tekhnologii No-till [Changes in agrophysical indicators of leached black soil and yield of spring wheat in the context of the introduction of technology No-till] / N.P. Chekaev, T.A. Vlasova, E.O. Kochmina // Niva Povolzh'ya. – 2015. – № 2. – S. 74-79.

19. YAKimova, L.A. Effektivnost' resursoberegayushchih tekhnologij v sisteme tochnogo zemledeliya [Efficiency of resource-saving technologies in the system of precise agriculture] / L.A. YAKimova // Vestnik Krasnoyarskogo GAU. – 2017. – № 9. – S. 16-19.

20. Trebovaniya ozimoy pshenicy k vlage [Winter wheat moisture requirements] // URL: <https://rosng.ru/post/content-trebovaniya-ozimoy-pshenicy-k-vlage> [Elektronnyj resurs] (data obrashcheniya: 24.03.2022)

21. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

Сведения об авторах

Смуров Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Ермолаев Семён Николаевич, агроном лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Наумкин Виктор Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Панарин Даниил Игоревич, аспирант, агроном лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smurov Sergey I., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory for the Study of farming systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

Ermolaev Semyon N., agronomist of the Laboratory for the Study of farming systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

Naumkin Viktor N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Vegetable Growing, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

Panarin Daniil I., post-graduate student, agronomist of the Laboratory for the Study of farming systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 338.43:636.2.034(470)

Ю.А. Китаёв, О.В. Китаёва

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Агропромышленный комплекс Белгородской области обладает высоким потенциалом развития и, несмотря на проведение специальной военной операции, показал высокие производственно-хозяйственные результаты. Среди отраслей животноводства наиболее эффективной является молочное скотоводство, которое даже в условиях СВО продемонстрировало рост на 2,7%. Анализ статистических данных позволил установить, что в Российской Федерации более половины производимого молока было получено в сельскохозяйственных организациях, а в Белгородской области данной категорией сельхозтоваропроизводителей было обеспечено производство порядка 80,0% продукции. С учетом сокращения поголовья коров как в целом по стране (в 2,6 раза), так и в Белгородской области (в 3,8 раза), в том числе в сельскохозяйственных организациях, главным фактором, обеспечивающим увеличение производства молока, становится молочная продуктивность коров. Анализ динамики надоя в расчете на одну голову позволил установить, что и в РФ в целом и в Белгородской области молочная продуктивность коров в сельскохозяйственных организациях значительно превышает среднее значение по стране и региону соответственно. Таким образом, эффективность производства молока в сельскохозяйственных организациях выше, чем в других категориях хозяйств. А с учетом опыта Белгородской области, где производство молока базируется на предприятиях, входящих в холдинговые формирования, следует отметить, что продуктивность коров в таких хозяйствах на 17,3% выше продуктивности животных в аналогичной категории хозяйств страны. Сравнение эффективности производства молока в четырех сельскохозяйственных предприятиях Белгородской области, входящих в интегрированные агропромышленные формирования, позволило установить, что все они характеризуются высокой эффективностью, а в отдельных случаях – высоким уровнем специализации. Также было установлено, что существует высокая статистически достоверная связь между выручкой анализируемых предприятий и объемом производства молока и между объемом выручки и поголовьем дойного стада на предприятии. Несмотря на это, в условиях интенсивного молочного скотоводства дальнейшее развитие отрасли только лишь за счет повышения молочной продуктивности коров не представляется целесообразным.

Ключевые слова: производство молока, поголовье коров, молочная продуктивность, Белгородская область, эффективность, холдинговое формирование.

ECONOMIC EFFICIENCY OF DAIRY CATTLE DEVELOPMENT IN INTEGRATED AGRICULTURAL FORMATIONS BELGOROD REGION

Abstract. The agro-industrial complex of the Belgorod region has a high potential for development, and despite the conduct of a special military operation, it showed high production and economic results. Among the branches of animal husbandry, the most effective is dairy cattle breeding, which, even in the conditions of NWO, is growing by 2.7%. An analysis of statistical data made it possible to establish that in the Russian Federation more than half of the milk produced was obtained from agricultural organizations, and in the Belgorod region, this category of agricultural producers provided the production of about 80.0% of products. Taking into account the reduction in the number of cows both in the country as a whole (by 2.6 times) and in the Belgorod region (by 3.8 times), including in agricultural organizations, the milk productivity of cows becomes the main factor ensuring an increase in milk production. An analysis of the dynamics of milk yield per head made it possible to establish that both in the Russian Federation as a whole and in the Belgorod region, the milk productivity of cows in agricultural organizations significantly exceeds the average value for the country and the region, respectively. Thus, the efficiency of milk production in agricultural organizations is higher than in other categories of farms. And taking into account the experience of the Belgorod region, where milk production is based on enterprises that are part of holding formations, it should be noted that the productivity of cows in such farms is 17.3% higher than the productivity of animals in a similar category of farms in the country. Comparison of the efficiency of milk production in four agricultural enterprises of the Belgorod region, included in the integrated agro-industrial formation, made it possible to establish that all of them are characterized by high efficiency, and in some cases - a high level of specialization. It was also found that there is a high statistically significant relationship between the revenue of the analyzed enterprises and the volume of milk production and between the volume of revenue and the number of dairy herds at the enterprise. Despite this, in conditions of intensive dairy cattle breeding, further development of the industry only by increasing the milk productivity of cows does not seem appropriate.

Keywords: milk production, number of cows, milk productivity, Belgorod region, efficiency, holding formation.

Агропромышленное производство является одной из ключевых отраслей Белгородской области, обеспечивающих не только собственную потребность в продовольствии, но и может рассматриваться как регион-донор. Проводимая с начала 2022 г. специальная военная операция вызвала ухудшение внешнеэкономической конъюнктуры агропродовольственных рынков, нарушение логистических цепочек и рост затрат. Несмотря на это, предприятия АПК области обеспечили в 2022 г. рост производства сельскохозяйственной продукции, который может быть оценен на уровне 364,8 млрд руб., что составляет 101,8% к значению предыдущего года [5].

В 2022 г. в Белгородской области значительно увеличился объем производства зерна и достиг уровня 4,0 млн т (130,6% по отношению к 2021 г.), сахарной свеклы – 2,9 млн т. (126,2%). Умеренный рост отмечается по производству сои – 104,4%, овощей – 105,4%, картофеля – 101,6%. Объем производства подсолнечника сократился на 13,4% в связи с неблагоприятными погодными условиями и высоким риском личной безопасности работников растениеводства, занятых в уборке урожая на приграничных территориях. В результате воздействия данных факторов, значительные площади, засеянные подсолнечником, не были убраны.

В отрасли животноводства максимальный рост отмечен при производстве молока – 102,7%, в результате чего в области было произведено 717,0 тыс. т данного вида продукции. Также за 2022 г. в регионе было произведено 1,64 млрд штук яиц, что на 0,9% больше, чем в 2021 г. Производство скота и птицы в отчетном году сократилось на 0,9% ввиду того, что ведение хозяйственной деятельности на ряде производственных площадок, находящихся в приграничной зоне, не представляется возможным. В целом ущерб, нанесенный отрасли животноводства, по экспертным оценкам, составил порядка 78 млн. руб. [2].

Вместе с тем, как уже отмечалось выше, молочное скотоводство региона показало высокую устойчивость, в том числе в условиях, близких к чрезвычайным. Этот факт позволяет рассматривать именно эту отрасль как основу развития животноводства, как в регионе, так и в стране.

Тенденции, складывающиеся в отрасли, позволяют утверждать, что молочное скотоводство за последние годы подверглось масштабному технологическому преобразованию, в результате которого количество применяемых инновационных решений в отрасли увеличилось кратно [3]. Данный факт, в свою очередь, обусловил необходимость организации производства молока, прежде всего в сельскохозяйственных организациях, способных внедрять технологические инновации.

В целом по Российской Федерации за период 1990-2021 гг. отмечается сокращение производства молока на 23,4 млн т или на 42,0%, однако данная негативная тенденция была переломлена в 2016 г., что позволило увеличить производство молока в 2016-2021 гг. на 2,5 млн. т или 8,6% (рис. 1). При этом на долю сельскохозяйственных организаций в 2016 г. приходилось всего 50,6% производства молока, то к 2021 г. крупными товаропроизводителями в России производилось уже 56,2% молока [8, 9].

В Белгородской области, которая является одним из регионов, где молочное скотоводство рассматривается как традиционная подотрасль, производство молока за 1990-2021 гг. сократилось на 327 тыс. т, или 31,9% (рис. 2). Минимальный объем производства молока в регионе был отмечен в 2005 г. – 517,8 тыс. т. В последующем за период 2005-2021 гг. товаропроизводителями области объем производства молока был увеличен на 180 тыс. т, или 34,8%, что существенно выше среднероссийского темпа развития отрасли молочного скотоводства. Данный факт объясняется тем, что начиная с 2005 г. в регионе был реализован целый ряд программ, направленных на развитие молочного скотоводства и широкое внедрение в практику функционирования отрасли передовых научно-технологических разработок. Вследствие этого, доля молока, производимого сельскохозяйственными организациями Белгородской области, возросла с 58,5% в 2005 году до 79,8% в 2021 г.



Рис. 1 – Динамика производства молока в Российской Федерации, в том числе сельскохозяйственными организациями в 1990-2021 гг., млн т



Рис. 2 – Динамика производства молока в Белгородской области, в том числе сельскохозяйственными организациями в 1990-2021 гг., тыс. т

При этом в Российской Федерации во всех основных категориях хозяйств отмечается сокращением поголовья коров. В целом по стране поголовье данных животных сократилось более чем в 2,6 раза в период с 1990-2021 гг. до 7,8 млн. голов (рис. 3). Из них 41,0% поголовья коров в 2021 г. приходился на сельскохозяйственные организации [7].

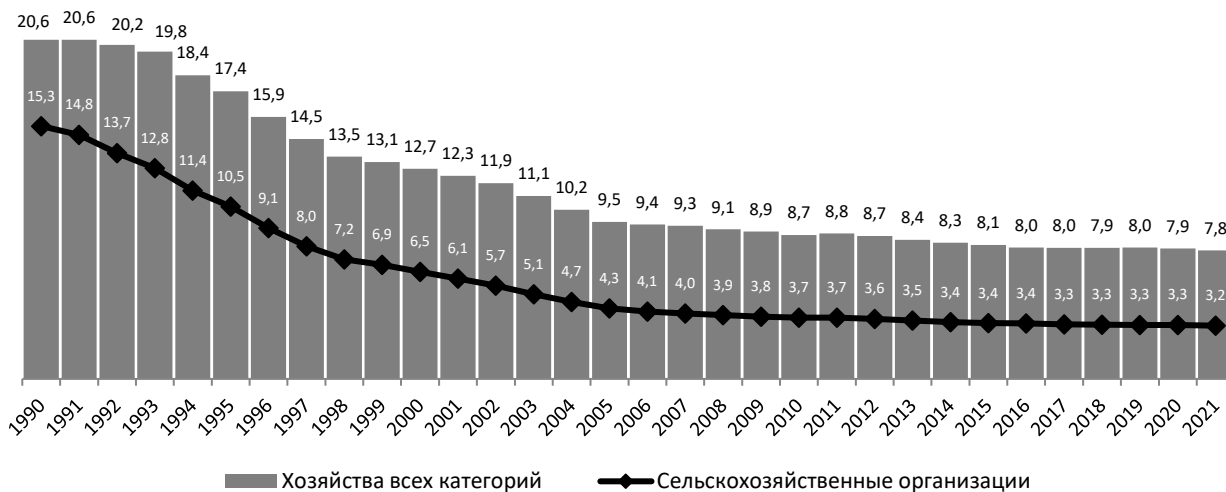


Рис. 3 – Динамика поголовья коров в Российской Федерации, в том числе сельскохозяйственными организациями в 1990-2021 гг., млн гол.

За этот же период в Белгородской области поголовье коров сократилось в 3,5 раза, а в сельскохозяйственных организациях – в 3,8 раза (рис. 4). При этом в 2021 г. на долю сельскохозяйственных организаций приходилось 74,5% поголовья коров в регионе, что почти вдвое больше, чем в целом по стране.

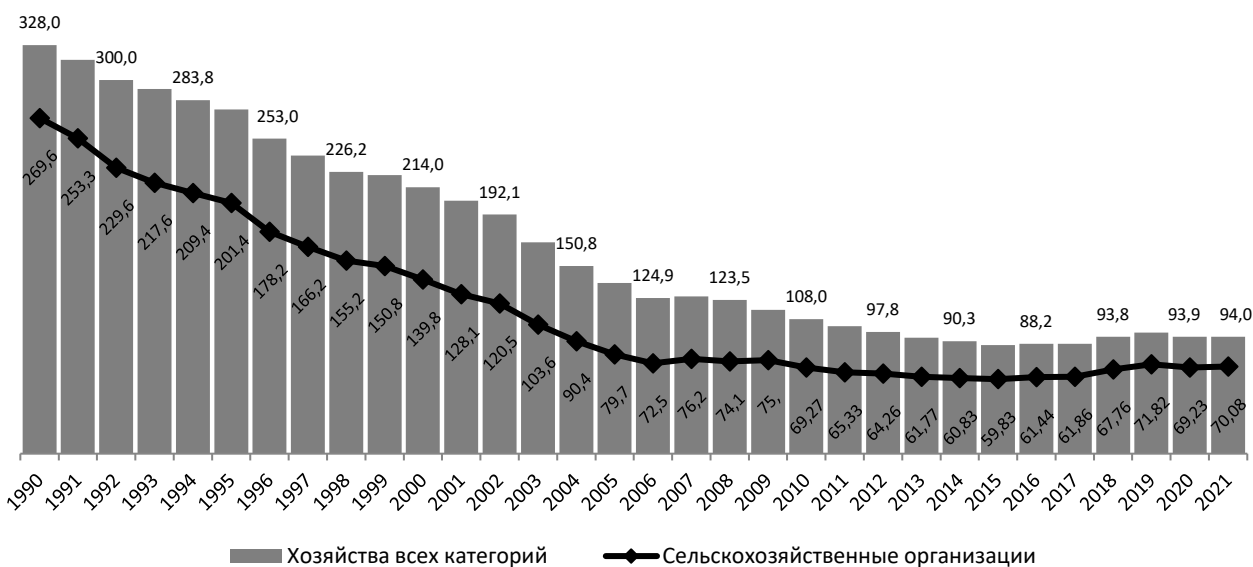


Рис. 4 – Динамика поголовья коров в Белгородской области, в том числе сельскохозяйственными организациями в 1990-2021 гг., млн гол.

В условиях сокращения поголовья коров, как количественного фактора развития молочного скотоводства, только молочная продуктивность коров может обеспечить наращивание объемов производства молока в стране и Белгородской области [1]. Данные, имеющиеся в распоряжении Федеральной службы государственной статистики, свидетельствуют о том, что и в целом по стране, в Белгородской области в частности, молочная продуктивность коров в сельскохозяйственных организациях существенно превышает среднее значение по полному кругу категорий хозяйств.

Так, в Российской Федерации начиная с 2004 г. молочная продуктивность коров превысила среднероссийскую и составила в 2021 г. 7007 кг, что на 2019 кг или 40,5% больше, чем в среднем по хозяйствам всех категорий в стране (рис. 5). В Белгородской области молочная продуктивность коров существенно выше как по хозяйствам всех категорий, так и по сельскохозяйственным организациям. Следует отметить, что эффективность молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях превысила среднеотраслевую по региону только в 2012 г., о чем свидетельствуют статистические данные о надое молока. По состоянию на 2021 г. в регионе в среднем в расчете на одну фуражную корову было получено 7525 кг молока, что на 2537 кг или 50,9% больше, чем в среднем по стране и на 518 кг или 7,4% больше, чем в сельскохозяйственных организациях РФ. Что касается сельскохозяйственных организаций Белгородской области, то в них на конец 2021 г. надой на одну корову составил 8221 кг, что на 698 кг или 9,2% больше, чем в среднем по региону и на 1214 кг или 17,3% больше, чем в сельскохозяйственных организациях страны [4].

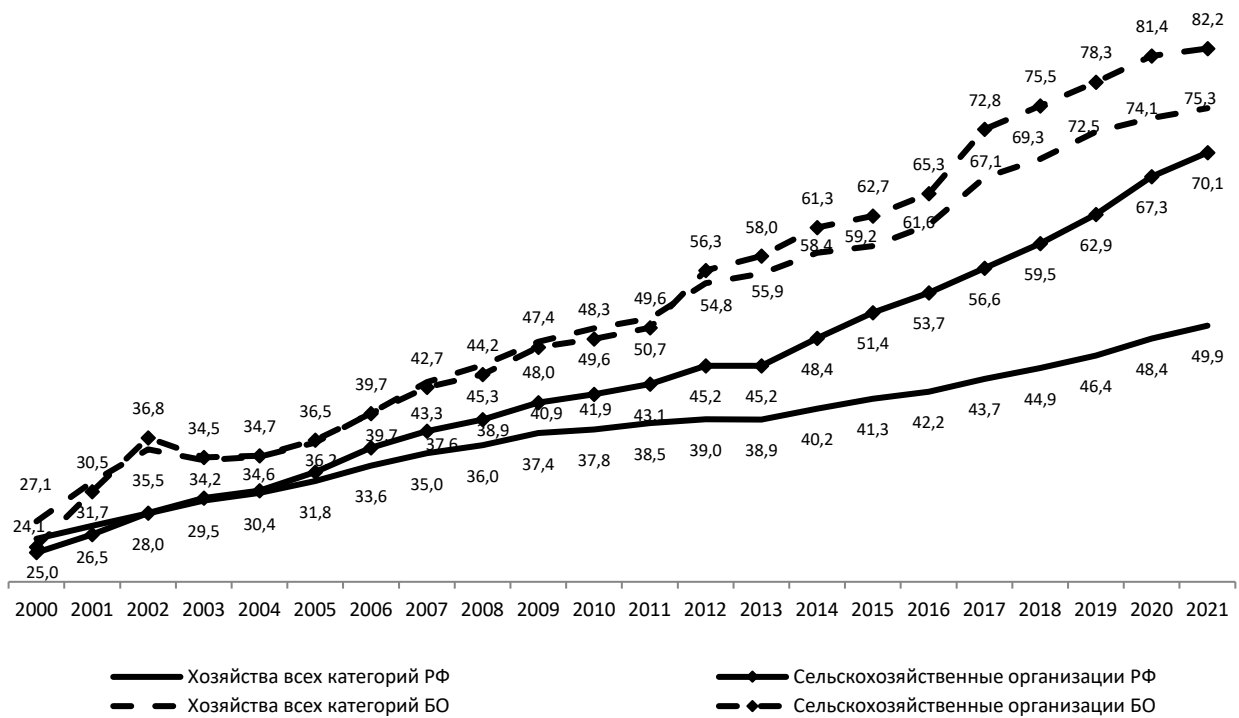


Рис. 5 – Динамика молочной продуктивности коров в хозяйствах всех категорий и в сельскохозяйственных организациях Белгородской области и Российской Федерации в 1990-2021 гг., ц.

Таким образом, есть все основания утверждать, что в Белгородской области удалось реализовать эффективную организационно-экономическую модель развития молочного скотоводства, основанную на внедрении инновационных подходов к ведению хозяйствования. По состоянию на 2021 г. эффективность молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях региона оказалась на 9,2% выше, чем в среднем по области и на 17,3% выше, чем в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации в целом.

Учитывая тот факт, что в Белгородской области производство молока сконцентрировано в крупных интегрированных агропромышленных формированиях, для углубленной оценки эффективности производства молока были отобраны 4 сельскохозяйственные организации, входящие в состав агрохолдинга (табл. 1).

Таблица 1 – Экономическая эффективность производства молока в сельскохозяйственных организациях Белгородской области, входящих в агропромышленные интегрированные формирования в 2022 г.

Показатели	ЗАО «Молоко Белогорья» (ГК «Авида»)	ООО «МК Северский Донец» (ГК «Зеленая долина»)	ООО «Грайворонская молочная компания» (ГК «Агро-Белогорье»)	ООО «Бутово-Агро» (ГК «Томмолоко»)
Выручка, млн. руб.	1488,92	1653,52	697,822	655,46
Производство молока, т.	48145	40285	20782	17581
Общее поголовье КРС, гол.	7536	4385	5664	2851
Поголовье дойного стада, гол.	3780	4376	2150	1751
Надой на одну голову, кг	10400	9204	9666	9593
Соотношение дойного стада и общего поголовья КРС, %	50,2	99,8	38,0	61,4
Объем выручки в расчете на 1 т произведенного молока,	30,9	41,0	33,6	37,3
Объем выручки в расчете на 1 голову КРС, тыс. руб.	197,6	377,1	123,2	229,9
Объем выручки в расчете на 1 голову основного стада, тыс. руб.	393,9	377,9	324,6	374,3

На основании расчета ряда относительных показателей эффективности развития молочного скотоводства, следует выделить ООО «Молочная компания Северский Донец», входящее в состав Группы компаний «Зеленая Долина». На данном предприятии были получены максимальные объем выручки в расчете на 1 т произведенного молока и в расчете на 1 голову крупного рогатого скота – 41,0 тыс. руб. и 377,1 тыс. руб. соответственно. Однако, следует обратить внимание, что на данном предприятии на долю коров приходится 99,8% поголовья КРС, что свидетельствует о высокой степени специализации предприятий, входящих в холдинговое формирование. Следовательно, среди предприятий, обеспечивающих содержание, как основного стада, так и шлейфа молочного стада, нужно выделить ООО «Бутово-Агро», входящее в состав Группы компаний «Томмолоко». На данном предприятии в расчете на 1 т произведенного молока было получено 37,3 тыс. руб., что на 9,0% меньше, чем в ООО «МК Северский Донец», однако на 3,7 тыс. руб. больше, чем в ООО «Грайворонская мо-

лочная компания» и на 6,4 тыс. руб. чем в ЗАО «Молоко Белогорья», входящем в Группу компаний «Авида». Аналогично, объем выручки в расчете на голову КРС в рассматриваемом хозяйстве уступает только высокоспециализированному хозяйству на 39,0%, вместе с тем, по объему выручки, полученной в расчете на одну голову основного стада, ООО «Бутово-Агро» уступает ООО «МК Северский Донец» всего на 3,6 тыс. руб. или всего на 1,0%. Все это позволяет утверждать, что сложившаяся в Белгородской области система организации производства молока в интегрированных агропромышленных формированиях является эффективной и характеризуется в отдельных случаях высоким уровнем специализации.

На основании проведенной статистической оценки эффективности производства молока в интегрированных агропромышленных формированиях, была проведена оценка степени тесноты связи между результатом хозяйственной деятельности рассматриваемых предприятий и ряда показателей (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет показателей тесноты связи между факторами эффективности производства молока в предприятиях, входящих в интегрированные агропромышленные формирования в 2022 г.

Показатель	Значение
Теснота связи между выручкой предприятия и объемом производства молока	0,939
Теснота связи между поголовьем КРС в хозяйстве и выручкой предприятия	0,427
Теснота связи между поголовьем дойного стада и выручкой предприятия	0,993
Теснота связи между надоем на одну голову и выручкой предприятия	0,074
Теснота связи между надоем молока на одну голову и объемом производства молока на предприятии	0,410

Было установлено, что существует высокая статистически достоверная связь между выручкой анализируемых предприятий и объемом производства молока ($r=0,939$) и между объемом выручки и поголовьем дойного стада на предприятии ($r=0,993$). Вместе с тем, было определено, что отсутствует связь между объемом выручки и такими показателями, как поголовье КРС на предприятии и надой на 1 голову. Также отсутствует статистическая связь между молочной продуктивностью коров и объемом производства молока ($r=0,410$), что не позволяет однозначно утверждать, что развитие молочного скотоводства может быть основано только на наращивании молочной продуктивности коров, которая в рассматриваемых предприятиях находится на достаточно высоком уровне, близком к биологической продуктивности животных.

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы, что сложившаяся в Белгородской области инновационная система организации производства молока в интегрированных агропромышленных формированиях смогла обеспечить высокую эффективность производства молока в регионе. Однако, в условиях интенсивного молочного скотоводства, дальнейшее развитие отрасли только лишь за счет повышения молочной продуктивности коров не представляется целесообразным [6]. В сложившихся условиях обоснованным видится развитие следующих организационных направлений:

- повышение специализации предприятий, основным производственным направлением которых является молочное скотоводство;
- обоснование оптимального соотношения между основным дойным стадом и шлейфом молочного стада;
- рациональное сочетание породного состава коров в рамках холдингового формирования, что позволит получать молоко с различными технологическими показателями (сыропригодность и т.д.);
- рациональное использование побочной продукции отрасли.

Библиография

1. Ибиев, Г.З. Резервы увеличения производства молока и повышения его эффективности на инновационной основе / Г.З. Ибиев // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 3. – С. 55-59.
2. Китаев, Ю.А. Прогноз экономической эффективности производства молока в ЦЧР / Ю.А. Китаев, К.С. Терновых // International Agricultural Journal. – 2021. – Т. 64, № 5.
3. Кривочкина, Е.В. Организационно-экономические направления повышения эффективности производства молока / Е.В. Кривочкина. – 2021. – Т. 1, № 4 (55). – С. 162-165.
4. Надоем молока на 1 корову (ЕМИСС) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/31223> (дата обращения 17.02.2023).
5. Оценка и прогнозирование повышения конкурентоспособности и эффективности производства молока / Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов, Д.В. Романов, А.И. Фокин // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 7 (301). – С. 2-7.
6. Нестандартные приемы в повышении экономической эффективности производства молока / М.В. Шуварин, Д.В. Ганин, И.А. Леханов, Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 7 (134). – С. 93-102.
7. Поголовье скота и птицы в хозяйствах всех категорий (ЕМИСС) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/31325> (дата обращения 17.02.2023).
8. Производство молока (ЕМИСС) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/33943> (дата обращения 17.02.2023).
9. Производство молока в хозяйствах всех категорий (ЕМИСС) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/40694> (дата обращения 17.02.2023).

References

1. Ibiev, G.Z. Reserves for increasing milk production and improving its efficiency on an innovative basis / G.Z. Ibiev // Agricultural Economics of Russia. – 2020. – № 3. – P. 55-59.
2. Kitaev, Yu.A. Forecast of the economic efficiency of milk production in the Central Chernozem Region / Yu.A. Kitaev, K.S. Ternovykh // International Agricultural Journal. – 2021. – Т. 64, № 5.
3. Krivochkina, E.V. Organizational and economic directions for increasing the efficiency of milk production / E.V. Krivochkina. – 2021. – V. 1, № 4 (55). – S. 162-165.

4. Milk produced per cow (EMISS) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/31223> (accessed 17.02.2023).
5. Tsoi Yu.A., Kirsanov V.V., Romanov D.V., Fokin A.I. Evaluation and forecasting of improving the competitiveness and efficiency of milk production // Technique and equipment for the village. – 2022. – № 7 (301). – P. 2-7.
6. Shuvarin M.V., Ganin D.V., Lekhanov I.A., Borisova E.E. Non-standard methods in improving the economic efficiency of milk production // Vestnik NGIEI. – 2022. – № 7 (134). – S. 93-102.
7. The number of livestock and poultry in farms of all categories (EMISS) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/31325> (accessed 17.02.2023).
8. Milk production (EMISS) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/33943> (accessed 17.02.2023).
9. Milk production in farms of all categories (EMISS) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/40694> (accessed 17.02.2023).

Сведения об авторах

Китаёв Юрий Александрович, доктор экономических наук, декан экономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: +74722 39-26-97, e-mail: Kitaev_YA@bsaa.edu.ru;

Китаёва Оксана Владимировна, доктор технических наук, доцент кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: + 74722 39-12-80, e-mail: kitajova_ov@bsaa.edu.ru.

Information about authors

Kitaev Yury Alexandrovich, Doctor of Economics, Dean of the Faculty of Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: +74722 39-26-97, e-mail: Kitaev_YA@bsaa.edu.ru;

Kitayeva Oksana Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnologies in the Agroindustrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova, d. 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: + 74722 39-12-80, e-mail: kitajova_ov@bsaa.edu.ru

ВЛИЯНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА ЗАТРАТ НА ФОРМИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Аннотация. В современных условиях от того, насколько рационально построена система внутрипроизводственного управленческого учета на предприятии, насколько объективно она отражает его производственные процессы, зависит процесс эффективного управления производством. Вопросы организации управленческого учета на предприятии тесно связаны с вопросами управления затратами на всех уровнях его производственно-коммерческой деятельности. Стремление построить такую внутрипроизводственную учетную систему, которая бы взаимосвязано отражала весь производственный процесс, – одна из приоритетных задач. В настоящее время особое внимание уделяется ведению бухгалтерского учета на сельскохозяйственных предприятиях. Это связано с тем, что потребители все большее предпочтение стали отдавать отечественной продукции, и, как следствие, сельскохозяйственные предприятия стали постепенно выходить из тяжелого послеперестроечного периода. Роль государства и основные направления регулирования агропромышленного производства предусмотрены в проекте федерального закона о развитии сельского хозяйства и агропромышленного рынка в РФ. В условиях жесткой рыночной конкуренции крайне важно иметь на предприятии систему управления, способную адекватно и своевременно реагировать на происходящие вокруг изменения. Бухгалтерский управленческий учет дает возможность получения оперативной информации для разработки стратегии и тактики внутреннего управления деятельностью предприятия. Управленческий учет развивался по мере усложнения производственных процессов, исходя из жизненно важных потребностей внутреннего управления и сложился в современную систему к концу сороковых годов двадцатого века. Это комплексный метод внутрихозяйственного управления, очень похожий на хорошо известный в прошлом отечественный внутрихозяйственный расчет. Мы считаем, что это новое прочтение методов внутрихозяйственного расчета, продвинутое и приспособленное к условиям рыночной экономики.

В статье представлен анализ основных производственно-экономических показателей функционирования хозяйствующего субъекта, представлен механизм и особенности управленческого учета затрат на формирование себестоимости продукции растениеводства, что позволит оценить масштабы деятельности и определить вклад участников сельскохозяйственного производства в развитие аграрной экономики.

Ключевые слова: сельское хозяйство, производство, субсидии, государственная поддержка, себестоимость, эффективность.

THE INFLUENCE OF MANAGEMENT COST ACCOUNTING ON THE FORMATION OF THE COST OF CROP PRODUCTION

Abstract. In modern conditions, the process of effective production management depends on how rationally the system of in-house management accounting is built at the enterprise, how objectively it reflects its production processes. The issues of the organization of management accounting at the enterprise are closely related to the issues of cost management at all levels of its production and commercial activities. The desire to build an in-house accounting system that would reflect the entire production process in an interconnected way is one of the priorities. Currently, special attention is paid to accounting at agricultural enterprises. This is due to the fact that consumers began to give more and more preference to domestic products, and, as a result, agricultural enterprises began to gradually come out of the difficult post-perestroika period. The role of the state and the main directions of regulation of agro-industrial production are provided for in the draft federal law on the development of agriculture and the agro-industrial market in the Russian Federation. In conditions of fierce market competition, it is extremely important to have a management system at the enterprise that is able to respond adequately and in a timely manner to the changes taking place around. Accounting management accounting makes it possible to obtain operational information for the development of strategies and tactics of internal management of the enterprise. Management accounting developed as production processes became more complex, based on the vital needs of internal management and developed into a modern system by the end of the forties of the twentieth century. This is a complex method of on-farm management, very similar to the well-known in the past domestic on-farm calculation. We believe that this is a new interpretation of the methods of on-farm calculation, advanced and adapted to the conditions of a market economy.

The article presents an analysis of the main production and economic indicators of the functioning of an economic entity, presents the mechanism and features of the management accounting of costs for the formation of the cost of crop production., which will allow to assess the scope of activities and determine the contribution of participants in agricultural production to the development of the agrarian economy.

Keywords: agriculture, production, subsidies, state support, cost, efficiency.

Сельское хозяйство является важной отраслью экономики. Стратегической целью продовольственной безопасности Российской Федерации является надежное обеспечение населения страны качественной и безопасной сельскохозяйственной продукцией, сырьём и продовольствием. Гарантией ее достижения является стабильность внутреннего производства, а также наличие необходимых резервов и запасов.

Производство растениеводческой продукции состоит из двух взаимосвязанных циклов: цикл формирования затрат и цикл выхода продукции. В рамках цикла формирования затрат осуществляется трансформация стоимости всех взаимосвязанных элементов производственного процесса (предметов и средств труда, рабочей силы) в новую стоимость в цикле выпуска растениеводческой продукции. Таким образом, цель сельскохозяйственного производства можно обозначить как превращение используемых в данном процессе ресурсов (финансовых, трудовых, материальных, биологических) в затраты в цикле формирования затрат и затем в сельскохозяйственную продукцию в цикле выхода продукции [1, 2, 3].

Изучение себестоимости продукции позволяет дать более правильную оценку уровню показателей прибыли и рентабельности, достигнутому на предприятии. В обобщенном виде себестоимость продукции отражает все стороны хозяйственной деятельности предприятий, их достижения и недостатки. Себестоимость применяется для исчисления национального дохода в масштабах страны, является одним из основных факторов формирования прибыли, является одной из основных

частей хозяйственной деятельности и соответственно одним из важнейших элементов управления. Себестоимость продукции неразрывно связана почти со всеми показателями хозяйственной деятельности предприятия, и они получают в ней свое отражение.

Снижение себестоимости является фактором повышения рентабельности, роста денежного накопления, достижения экономического эффекта и, следовательно, успеха предприятия. На средства экономии, получаемые путем снижения себестоимости, осуществляется значительная часть затрат по расширению и совершенствованию производства. Каждое предприятие должно уделять повышенное внимание анализу и управлению себестоимости продукции, понимая роль этого показателя в оценке его деятельности. Показатель себестоимости оказывает наибольшее влияние на состояние и перспективы развития предприятия, так как от величины себестоимости во многом зависит эффективность производственной деятельности.

Анализ себестоимости продукции и поиск резервов ее снижения помогает многим хозяйствующим субъектам избежать банкротства и выжить в условиях рыночной экономики. Процедура анализа себестоимости продукции требует формирования качественного учетно-аналитического обеспечения. От сформированного учетно-аналитического обеспечения анализа себестоимости продукции на предприятии во многом зависит результат проведенных аналитических расчетов, их достоверность, качество и эффективность принимаемых на их основе управленческих решений [5, 8].

Управленческий учет представляет для этого необходимый механизм, позволяющий комплексно рассмотреть вопросы планирования, оперативного контроля и учета отдельных видов деятельности. Управленческий учет является связующим звеном между учетным процессом и управлением, вследствие этого возникает необходимость его внедрения на предприятии.

Управленческий анализ направлен на выявление внутренних ресурсов и возможностей предприятия, оценку текущего состояния бизнеса, выявление стратегических проблем. Необходимость проведения управленческого анализа определяется несколькими факторами:

во-первых, он необходим при разработке стратегии развития предприятия и в целом для реализации эффективного менеджмента, поскольку представляется важным этапом управленческого цикла;

во-вторых, он необходим для оценки привлекательности предприятия с точки зрения внешнего инвестора, определения позиции предприятия в национальных и иных рейтингах;

в-третьих, управленческий анализ позволяет выявить резервы и возможности предприятия, определить направления адаптации внутренних возможностей предприятия к изменениям условий внешней среды.

Проанализируем влияние управленческого учета затрат на формирование себестоимости продукции растениеводства на примере ЗАО «Краснояржская зерновая компания» Краснояржского района, которое имеет земли и производства в семи районах Белгородской области с умеренно-континентальным климатом: Белгородском, Валуйском, Чернянском, Новооскольском, Краснояржском, Старооскольском и Грайворонском.

Общая земельная площадь в отчетном году составляет 98386 га, все земли сельскохозяйственного назначения, из них пашня – 86419 га (87,8%). За анализируемый период общая земельная площадь уменьшилась на 5897 га. В настоящее время предприятие практически в полной мере обеспечено трудовыми ресурсами. Так, в 2021 году численность работников составила 1324 человека, что на 293 человека меньше, чем в 2021 году. Однако в 2021 году производительность труда составила 2395,6 тыс. руб., что на 577,6 тыс. руб. выше, чем в 2019 году. Обеспеченность трудовыми ресурсами составляет 99,3%.

Среднегодовая стоимость основных средств за анализируемый период увеличилась на 637556,5 тыс. руб. и составила 4405485 тыс. руб. Фондоотдача в отчетном году уменьшилась на 0,06 руб. и равна 0,72 руб. Фондоёмкость в 2021 году достигла 1,39 руб., что на 0,11 руб. выше базисного.

Сумма выручки складывается из выручки от продажи продукции растениеводства, первичной переработки продукции растениеводства и прочей продукции (таблица 1).

Таблица 1 – Состав и структура денежной выручки

Отрасль и виды продукции	2019 г.		2020 г.		2021 г.		В среднем за 2019-2021 гг.	
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%
Растениеводство, всего	2778714	60,9	3605403	61,6	3545105	53,1	3309740	58,1
в том числе: зерновые и зернобобовые	2068910	45,4	2672833	45,7	2432118	36,5	2391287	42,0
подсолнечник	64641	1,4	283449	4,8	303041	4,5	217044	3,8
соя	590679	12,9	589056	10,1	744960	11,2	641565	11,3
растительные корма	5119	0,1	4822	0,1	3227	-	4389	-
прочая продукция растениеводства	49365	1,1	55243	0,9	61759	0,9	55456	1,0
Продукция первичной переработки (растениеводство)	1688849	37,0	2199290	37,6	3048733	45,7	2312291	40,6
в том числе: производство масел растительных	506340	11,1	730542	12,5	936147	14,1	724343	12,7
жмых, фракции и твердые отходы	1151808	25,2	1468748	25,1	2112586	31,6	1577714	27,7
продукция промышленной переработки (сахар)	30701	0,7	-	-	-	-	10234	0,2
Прочая продукция, работы и услуги	95904	2,1	47934	0,8	83343	1,2	75727	1,3
Всего по организации:	4563467	100	5852627	100	6677181	100	5697758	100

Изучение состава и структуры денежной выручки позволяет определить отрасли и виды продукции, приносящие наиболее высокий доход. Наибольший удельный вес в общем объеме выручки занимает продукция растениеводства, который в 2021 году – 53,1%. Это говорит о том, что Общество специализируется на производстве продукции растениеводства. Удельный вес выручки от продажи продукции растениеводства первичной переработки – 45,7%, а прочей продукции –

1,2%. Основным видом производства и продажи продукции растениеводства являются зерновые и зернобобовые. Об этом свидетельствует наибольший удельный вес выручки от их продажи в общей сумме выручки от продажи продукции растениеводства, в частности в отчетном году – 36,5%, выручка от продажи сои – 11,2%. Выручка от продажи продукции растениеводства первичной переработки в отчетном году равна 3048733 тыс. руб. (45,7%), в том числе от продажи жмыха, фракции и твердых отходов – 2112586 тыс. руб. (31,6%).

В среднем за 3 года выручка предприятия от продажи составила 5697758 тыс. руб. С каждым годом выручка увеличивается. Этому послужило, как увеличение объема продаж, так и цен на отдельные виды продукции.

Рассмотрим основные экономические показатели деятельности предприятия в таблице 2.

Таблица 2 – Основные экономические показатели деятельности

Наименование показателей	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Отклонение 2021 г. от 2019г. (+;-)
Стоимость валовой продукции (в текущих ценах), тыс. руб.	2939719	3158691	3171808	232089
Среднегодовая стоимость основных средств, тыс. руб.	3767928,5	3927352	4405485	637556,5
Площадь с/х угодий, га	104283	98382	98386	-5897
Среднегодовая численность работников, чел.	1617	1431	1324	-293
Выручка от продаж, тыс. руб.	4563467	5852627	6677181	2113714
Себестоимость продаж, тыс. руб.	2860908	2721646	2794071	-66837
Прибыль от продаж, тыс. руб.	1162785	2817019	3395857	2233072
Чистая прибыль, тыс. руб.	825422	2415147	3451000	2625578
Получено на 100 га с/х угодий, тыс. руб.:				
- валовой продукции	2819,0	3210,6	3223,8	404,8
- выручки	4376,0	5948,9	6786,7	2410,7
- прибыли от продаж	1115,0	2863,3	3451,6	2336,6
Фондоотдача, руб.	0,78	0,8	0,72	-0,06
Фондоёмкость, руб.	1,28	1,24	1,39	0,11
Производительность труда, тыс. руб.	1818,0	2207,3	2395,6	577,6
Уровень рентабельности продаж, %	40,6	103,5	121,5	80,9

Стоимость валовой продукции увеличилась на 232089 тыс. руб. и составила в 2021 году 3171808 тыс. руб. Повысилась эффективность использования земельных угодий, так как увеличилось производство на 100 га сельскохозяйственных угодий валовой продукции, выручки и прибыли от продаж, соответственно на 404,8 тыс. руб., 2410,7 тыс. руб. и 2336,6 тыс. руб. Чистая прибыль с каждым годом увеличивается и в отчетном году равна 3451000 тыс. руб., что выше базисного года на 2625578 тыс. руб. Уровень рентабельности продаж составил в 2021 году 121,5%, что на 80,9% выше базисного года.

Рассмотрев состояние учета затрат на производство продукции растениеводства и порядок расчета себестоимости в ЗАО «Красноярская зерновая компания», мы пришли к выводу о необходимости внесения некоторых поправок в действующую практику.

Что касается общих подходов к формированию информации о затратах на производство, то целесообразно, на наш взгляд, внести корректировки в действующие субсчета, открытые в рабочем плане счетов к счетам для учета затрат на производство (таблица 3).

Таблица 3 – Предлагаемый перечень субсчетов к счетам III раздела «Затраты на производство»

Наименование счета	Наименование субсчета	Наименование субсчета 1 порядка	Наименование субсчета 2 порядка
20 «Основное производство»	Продукция растениеводства	Озимая пшеница	Затраты основного производства
			Условно-переменные затраты
			Условно-постоянные затраты
23 «Вспомогательное производство»	Машинно-тракторный парк	Тракторы	Затраты основного производства
			Условно-переменные затраты
			Условно-постоянные затраты
25 «Общепроизводственные расходы»	Отрасли растениеводства	-	Затраты основного производства
			Условно-переменные затраты
			Условно-постоянные затраты

Отражение информации о затратах на производство продукции при таком подходе будут формировать необходимую информацию в тех или иных разрезах, которые обеспечат аналитичность возможных последствий принятых управленческих решений. Для предприятия важно выделять в учете переменные и постоянные издержки, так как постоянные издержки в себестоимость продукции не включают.

Рассмотрев порядок расчета себестоимости продукции зерновых культур, действующий в ЗАО «Красноярская зерновая компания», можно отметить, что он сводится к делению общей суммы затрат на производство продукции на количество зерна после доработки и сушки. Данное предприятие побочную продукцию – солому – оставляет на поле, поэтому общую сумму затрат не корректируют на стоимость побочной продукции. При этом не учитывается стоимость используемых зерноотходов, что противоречит требованиям нормативных актов по бухгалтерскому учету. На наш взгляд, необходимо учитывать получаемые зерноотходы, так как в противном случае завышается себестоимость основной продукции – зерна.

Что касается действующих методик расчета себестоимости продукции зерновых культур, то согласно общей методике, изложенной в Методических рекомендациях по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях, при определении себестоимости необходи-

мо учитывать количество полученных зерноотходов и процент содержания зерна в них. Рассмотрим данную методику расчета на основании данных ЗАО «Краснояржская зерновая компания».

Общая сумма затрат на производство продукции зерновых культур в 2021г. составила 944832095 руб.; было получено 1425873 ц полноценного зерна и 16550 ц зерноотходов, процентное содержание зерна в зерноотходах – 30%.

Для расчета себестоимости продукции зерновых культур по изложенной выше методике применяется следующий алгоритм:

1. Переводим зерноотходы в полноценное зерно, умножив количество полученных зерноотходов на процентное содержание зерна в них: $16550 \cdot 30\% / 100\% = 4965$ ц.

2. Определяем общее количество полноценного зерна: $1425873 + 4965 = 1430838$ ц.

3. Рассчитываем себестоимость 1 ц полноценного зерна путём деления общей суммы затрат на выращивание продукции зерновых культур на количество полноценного зерна: $944832095 / 1430838 = 660,33$ руб.

4. Определяем себестоимость 1 ц зерноотходов путём умножения полученной себестоимости 1 ц полноценного зерна на процент содержания зерна в зерноотходах: $660,33 \cdot 30\% / 100\% = 198,1$ руб.

Фактическая себестоимость продукции зерновых культур, рассчитанная согласно Методических рекомендаций, составила 660,33 руб., что ниже себестоимости, рассчитанной на предприятии на 2,3 руб. Это обусловлено тем, что в ЗАО «Краснояржская зерновая компания» не учитываются зерноотходы при расчете себестоимости, что приводит к завышению себестоимости зерна. При этом фактическая себестоимость зерноотходов составляет 198,1 руб. На наш взгляд, учитывать зерноотходы при определении себестоимости целесообразно на предприятии, т.к. отдельная их часть продается сотрудникам, а другая – прочим юридическим и физическим лицам.

В Методических рекомендаций по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в растениеводстве при расчете себестоимости продукции зерновых культур можно использовать коэффициенты перевода в условную продукцию. Использование данной методики в ЗАО «Краснояржская зерновая компания» можно обусловить тем, что в процессе производства на предприятии получают продукцию разного назначения: зерно используют на продажу, часть на пополнение семенного фонда, зерноотходы на продажу сторонним организациям и работникам предприятия. При использовании этой методики сначала переводят в полноценную продукцию полученное зерно, зерноотходы при помощи специальных коэффициентов перевода: 1,2 для семян, 1,0 для товарного зерна, 0,4 для зерноотходов. После этого общую сумму затрат на возделывание зерновых делят на общее количество условной продукции. Для распределения затрат между видами продукции зерновых культур умножают количество условной продукции по каждому виду на полученную себестоимость условной продукции. Затем определяют фактическую себестоимость продукции путём деления затрат, приходящихся на каждый отдельный вид продукции после распределения, на фактическое количество продукции. Рассмотрим данный порядок расчета на примере данных ЗАО «Краснояржская зерновая компания» (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет фактической себестоимости 1 ц продукции зерновых культур с использованием коэффициентов

Наименование продукции	Количество продукции, ц	Коэффициент пересчета	Продукция в условных единицах	Производственные затраты, руб.	Себестоимость единицы продукции, руб.
Товарное зерно	1321084	1,0	1321084	859003291	650,23
Семена зерновых культур	104482	1,2	125378	81524537	780,27
Зерноотходы	16550	0,4	6620	4304523	260,09
Итого	-	-	1453082	944832095	-

Согласно рассмотренной методике, расчеты себестоимости продукции зерновых культур с помощью коэффициентов, себестоимость условной продукции составила 650,23 руб. Полученная себестоимость будет учитываться для определения себестоимости продукции зерновых культур. Так, себестоимость товарного зерна составит 650,23 руб., семян – 780,27 руб., а зерноотходов – 260,09 руб. Опять же, как и в первом рассмотренном варианте, себестоимость 1 ц зерна оказалась ниже себестоимости, определенной на предприятии, на 12,4 руб. На наш взгляд, использование коэффициентов, в том числе и для семян, в ЗАО «Краснояржская зерновая компания» может быть обусловлено тем, что предприятие использует собственные семена для посева зерновых наряду с покупными.

ЗАО «Краснояржская зерновая компания» специализируется только на производстве продукции растениеводства, и для таких предприятий характерно невысокое внутренне потребление произведенной продукции. Для таких организаций при определении себестоимости продукции зерновых культур возможно использование распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации. В этом случае сначала определяется стоимость полученной продукции в ценах реализации, удельный вес каждого вида продукции в общей сумме. После этого затраты на производство распределяют пропорционально рассчитанному удельному весу. Фактическая себестоимость продукции зерновых культур определяется путем деления полученных затрат по каждому виду продукции на количество. Расчет фактической себестоимости единицы продукции зерновых культур путем распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет фактической себестоимости 1 ц продукции зерновых культур путем распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации

Наименование продукции	Количество продукции, ц	Продукция в ценах реализации, руб.	Удельный вес, %	Производственные затраты, руб.	Себестоимость единицы продукции, руб.
Зерно	1321084	1877167888	99,5	940107935	711,62
Зерноотходы	16550	9406557	0,5	4724160	285,45
Итого	-	1886574445	100,0	944832095	-

Себестоимость 1 ц зерна, рассчитанная на основании распределения затрат пропорционально стоимости в ценах реализации, составила 711,62 руб., а зерноотходов – 285,45 руб. Рассчитанную таким образом себестоимость целесообразно использовать для формирования планового уровня себестоимости продукции на следующий отчетный год.

В таблице 6 представлены результаты проведенных расчетов себестоимости продукции зерновых культур на основании различных рассмотренных методик.

Таблица 6 – Сравнение результатов расчета себестоимости продукции зерновых культур ЗАО «Краснояржская зерновая компания» по различным методикам, руб.

Наименование продукции (показателя)	Методика, используемая на предприятии	Методика, указанная в Методических рекомендациях	Методика с использованием коэффициентов	Метод распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации
Товарное зерно	662,63	660,33	650,23	711,62
Семена зерновых культур	-	-	780,27	-
Зерноотходы	-	198,1	260,09	285,45
Прибыль на 1 ц, руб.	758,3	760,6	770,7	709,31
Уровень рентабельности, %	114,44	115,18	118,53	99,68

Представленные данные подтверждают, что применяемые методы калькулирования себестоимости единицы продукции влияют на ее размер, а значит, на цену реализации, сумму прибыли и уровень рентабельности продукции. Исходя из этого для организации управления затратами необходимо применять наиболее оптимальную методику калькулирования себестоимости продукции.

Таким образом, себестоимость продукции является важнейшим показателем эффективности производственно-хозяйственной деятельности ЗАО «Краснояржская зерновая компания». Наиболее точный расчет данного показателя на основании рационально организованной системы учета затрат позволит экономить имеющиеся ресурсы и эффективно управлять прибылью предприятия.

Увеличение производства продукции растениеводства одна из важных задач дальнейшего развития сельского хозяйства. От ее решения зависит удовлетворение растущих потребностей населения в продуктах питания. Проанализируем экономическую эффективность производства продукции растениеводства в таблице 7.

Таблица 7 – Экономическая эффективность производства продукции растениеводства

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Отклонение 2021 г. от 2019г. (+;-)
Озимая пшеница				
Валовой сбор, ц	1747810	1993303	1425873	-321937
Площадь посева, га	33292	34666	26553	-6739
Урожайность, ц/га	52,5	57,5	53,7	1,2
Реализовано, ц	1716825	1664605	1321084	-395741
Выручено, тыс. руб.	1516708	2048363	1877167	360459
Уровень товарности, %	98,23	83,51	92,65	-5,58
Затраты труда на 1 ц, чел-час	0,32	0,25	0,37	0,05
Себестоимость 1 ц, руб.	416,45	410,73	662,63	246,18
Цена реализации 1 ц, руб.	883,44	1230,54	1420,93	537,49
Прибыль на 1 ц, руб.	466,99	819,81	758,30	291,31
Уровень рентабельности, %	112,14	199,6	114,44	2,3
Семена подсолнечника				
Валовой сбор, ц	376397	263754	330158	-46239
Площадь посева, га	10341	7873	10754	413
Урожайность, ц/га	36,4	33,5	30,7	-5,7
Реализовано, ц	50004	164323	97045	47041
Выручено, тыс. руб.	64641	283449	303041	238400
Уровень товарности, %	13,28	62,30	29,39	16,11
Затраты труда на 1 ц, чел-час	0,64	0,71	0,61	-0,03
Себестоимость 1 ц, руб.	832,22	1202,5	982,02	149,80
Цена реализации 1 ц, руб.	1292,72	1724,95	3122,69	1829,97
Прибыль на 1 ц, руб.	460,50	522,45	2140,67	1680,17
Уровень рентабельности, %	55,33	43,45	217,99	162,66
Соя				
Валовой сбор, ц	756355	805789	646253	-110102
Площадь посева, га	31835	32013	36511	4676
Урожайность, ц/га	23,8	25,2	17,7	-6,1
Реализовано, ц	293609	212113	193693	-99916
Выручено, тыс. руб.	590679	589056	744960	154281
Уровень товарности, %	38,82	26,32	29,97	-8,85
Затраты труда на 1 ц, чел-час	1,03	1,01	1,12	0,09
Себестоимость 1 ц, руб.	1454,05	1704,72	1814,24	360,19
Цена реализации 1 ц, руб.	2011,79	2777,09	3846,09	1834,3
Прибыль на 1 ц, руб.	567,86	1234,90	2031,85	1463,99
Уровень рентабельности, %	39,33	80,08	112,00	72,67

Проанализировав экономическую эффективность производства продукции растениеводства, можно отметить, что валовой сбор озимой пшеницы в отчетном году составил 1425873 ц., что на 321937 ц. ниже уровня 2019 г., прежде всего за счет сокращения площади посева. В отчетном году прослеживается снижение объема реализованной продукции на 395741 ц. Себестоимость 1 ц озимой пшеницы составила 662,63 руб., что на 246,18 руб. выше уровня базисного года. Цена реализации 1 ц озимой пшеницы в 2021 г. увеличилась по сравнению с 2019 г. на 537,49 руб. и составила 1420,93 руб. Так как себестоимость ниже цены реализации, в отчетном году была получена прибыль 1 ц озимой пшеницы, в размере 758,30 руб. Уровень рентабельности в 2021 г. равен 114,44%.

Валовой сбор семян подсолнечника в 2021 г. равен 330158 ц, что на 46239 ц меньше уровня базисного года, при этом прослеживается увеличение площади посева на 413 га и снижение урожайности 5,7 ц/га. В отчетном году наблюдается рост объема реализованной продукции на 47041 ц. Себестоимость 1 ц семян подсолнечника в отчетном году составила 982,02 руб., что на 149,80 руб. выше уровня базисного года. Цена реализации 1 ц семян подсолнечника в 2021 г. увеличилась по сравнению с 2019 г. на 1829,97 руб. и составила 3122,69 руб. Получено прибыли на 1 ц семян подсолнечника в размере 2140,67 руб., уровень рентабельности в 2021 г. составил 217,99%, что выше уровня базисного года на 162,66%.

Валовой сбор сои в 2021 г составил 646253 ц, что на 110102 ц ниже уровня 2019 г. На это повлияло снижение урожайности на 6,1 ц/га. В 2021 году предприятие от реализации сои получило прибыль в размере 2031,85 руб. на 1 ц.

Себестоимость продукции складывается из затрат, которые разнообразны по своему экономическому значению, а также роли в изготовлении и реализации продукции. Статьи затрат позволяют классифицировать затраты по целевому назначению, т.е. определяют, для чего потрачены ресурсы, а элементы затрат – по видам ресурсов, используемых для производства и реализации продукции.

Анализ себестоимости продукции позволяет выявить тенденции изменения данного показателя, выполнения плана по его уровню, определить влияние факторов на его прирост и на этой основе дать оценку работы предприятия по использованию возможностей и установить резервы снижения себестоимости продукции. Для повышения экономической эффективности, организации следует искать пути снижения себестоимости. Для этого необходимо изучить структуру издержек по экономическому содержанию, то есть по статьям затрат. Рассмотрим состав и структуру затрат на производство продукции растениеводства в 2021 году.

Таблица 8 – Состав и структура затрат на производство озимой пшеницы в 2021 году

Статьи затрат	Затраты по плану		Затраты по факту		Изменение по статьям затрат (+;-)	
	руб.	%	руб.	%	руб.	%
1. Амортизация ОС	58020033	6,14	58347865	6,18	327832	0,04
2. Арендная плата	35341192	3,74	36763286	3,89	1422094	0,15
3. Нефтепродукты	70115414	7,42	70363248	7,45	247834	0,03
4. Оплата труда с отчислениями на социальные нужды	209590280	22,18	204543175	21,65	-5047105	-0,53
5. Семена	65579646	6,94	66245867	7,01	666221	0,07
6. Удобрения минеральные	201274706	21,3	205000134	21,70	3725428	0,4
7. Средства защиты растений	84100699	8,9	83121206	8,80	-979493	-0,1
8. Услуги автопарка	10583459	1,12	10162512	1,08	-420947	-0,04
9. Услуги зерновых комбайнов	81927310	8,67	83392473	8,83	1465163	0,16
10. Услуги МТП	45546670	4,82	46491105	4,92	944435	0,1
11. Услуги сторонних организаций	26931123	2,85	25963466	2,75	-967657	-0,1
12. Общепроизводственные расходы	48948497	5,18	48491104	5,13	-457393	-0,05
13. Прочие	6992642	0,74	5946654	0,63	-1045988	-0,11
Итого:	944951670	100,00	944832095	100,00	-119575	-

Наибольший удельный вес в структуре затрат по производству озимой пшеницы занимают следующие статьи: «Оплата труда с отчислениями на социальные нужды» – 21,65% или 204543175 руб.; «Удобрения минеральные» – 21,70% или 205000134 руб.; «Нефтепродукты» – 7,45% или 70363248 руб., «Услуги зерновых комбайнов» 8,83% или 83392473 руб. Фактические затраты в 2021 году на производство 1 ц озимой пшеницы составляют 944832095 руб., что на 119575 тыс. руб. меньше планового уровня.

Анализ состава и структуры затрат на производство семян подсолнечника занимают следующие статьи: «Услуги» – 14,25% или 46201495 руб.; «Нефтепродукты» – 14,22% или 46104228 руб.; «Оплата труда с отчислениями на социальные нужды» – 13,18% или 42732330 руб. Фактические затраты в 2021 году на производство 1 ц семян подсолнечника составляют 324221015 руб., что 932485 руб. меньше планового уровня.

В общей структуре затрат на производство сои занимают такие статьи, как «Оплата труда с отчислениями на социальные нужды» 24,7% или 289597435 руб.; «Средства защиты растений» 13,2% или 154764621 руб.; «Удобрения минеральные» – 11,4% или 133660355 руб.

Таким образом, фактические затраты в 2021 году на производство 1 ц сои составляют 1172459250 руб., что на 924170 руб. больше планового уровня.

Себестоимость продукции растениеводства находится в прямой зависимости от величины затрат на 1 га посева и в обратной зависимости от урожайности.

Так, в 2019 году фактическая себестоимость 1 ц озимой пшеницы выше плановой на 0,59 руб. Это связано с уменьшением уровня затрат на 12,88 руб., при этом снижение урожайности способствовало росту себестоимости 1 ц озимой пшеницы на 13,47 руб. В 2020 году фактическая себестоимость 1 ц озимой пшеницы ниже плановой на 71,61 руб., прежде всего за счет сокращения затрат. В отчетном году фактическая себестоимость 1 ц озимой пшеницы ниже плановой на 17,52 руб. Это связано с уменьшением уровня затрат на 9,92 руб., и рост урожайности способствовал снижению себестоимости 1 ц озимой пшеницы на 7,60 руб.

Фактическая себестоимость 1 ц семян подсолнечника в 2019 году ниже плановой на 118,40 руб. Это связано с сокращением затрат на 150,32 руб. и снижением урожайности, что увеличило себестоимость 1 ц семян подсолнечника на 31,93 руб. В 2020 году фактическая себестоимость 1 ц семян подсолнечника выше плановой на 102,25 руб. В отчетном году фактическая себестоимость 1 ц семян подсолнечника ниже плановой на 118,18 руб. Это связано с уменьшением уровня затрат на 157,58 руб., при этом сокращение урожайности повлекло увеличение себестоимости 1 ц семян подсолнечника на 39,40 руб.

В базисном году фактическая себестоимость 1 ц сои ниже плановой на 48,13 руб. за счет сокращения затрат. В 2020 году прослеживается рост себестоимости 1 ц сои по сравнению с планом на 54,29 руб., за счет роста затрат на 145,98 руб., а увеличение урожайности позволило сократить себестоимость 1 ц сои на 91,69 руб. В 2021 году фактическая себестоимость 1 ц сои равна 1814,20 руб., что на 50,96 руб. больше планового уровня, прежде всего за счет снижения урожайности.

Одной из важнейших задач анализа является выявление резервов увеличения производства и снижения себестоимости продукции растениеводства. Снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции имеет важное значение для каждого предприятия и отрасли в целом: чем ниже себестоимость, тем выше рентабельность, прибыльность предприятия, тем больше средств оно может расходовать на расширение производства, на общественные фонды потребления, премирование передовиков. Снижение себестоимости повышает эффективность производства, способствует ускорению темпов расширенного воспроизводства.

Систематическая борьба за снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции – дело каждого члена коллектива и в первую очередь – специалистов предприятия.

Чтобы проводить мероприятия по снижению себестоимости, специалисту нужно знать структуру ее по основным видам продукции, явно представлять себе факторы, которые влияют на изменение себестоимости.

В настоящее время важное значение для повышения эффективности работы сельскохозяйственных производителей имеет анализ себестоимости продукции и поиск резервов ее снижения, так как основная цель любого экономического субъекта – это максимизация прибыли, которая обусловлена не только лишь спросом, но и величиной затрат на производство продукции.

Важнейшим резервом повышения эффективности производства растениеводческой продукции является повышение общего объема выручки от ее реализации. Увеличение общего объема выручки возможно в основном за счет увеличения урожайности продукции растениеводства. Другими источниками дальнейшего повышения эффективности производства в хозяйстве являются методы организации, направленные на устранение различного рода потерь и сокращения производственных расходов, повышение производительности труда, изыскание средств для приобретения дополнительного количества техники, используемой при производстве продукции.

Низкая цена продукции растениеводства связана с качеством реализуемой продукции, для повышения качества которой необходимо повышать уровень агротехники, своевременно проводить сев и уборку, своевременно и в нормативных количествах использовать средства защиты растений, удобрения, а также улучшить организацию сбыта продукции. Снижение себестоимости продукции обеспечивается, прежде всего, за счет повышения производительности труда и производительности растений на полях. С ростом производительности труда сокращаются затраты труда в расчете на единицу продукции, а следовательно, уменьшается удельный вес заработной платы в структуре себестоимости продукции. Таким образом, необходимо использовать более высокоурожайные, районированные сорта и семена очень хорошего качества, внедрять интенсивные технологии, которые ведут к сбережению затрат труда и капитала в расчете на единицу продукции [4, 6, 7, 9].

Основным источником резервов снижения себестоимости продукции и услуг являются: увеличение объема производства продукции; сокращение затрат на ее производство за счет повышения уровня производительности труда, экономного использования материальных ресурсов, сокращения непроизводительных расходов, потерь и т.д.

В общем виде методику подсчета резервов снижения себестоимости продукции ($P \downarrow C$) можно свести к определению разности между ее фактическим и возможным уровнем, который учитывает ранее выявленные резервы увеличения производства продукции и сокращения затрат на производство:

$$P \downarrow C = C_B - C_1 = (Z_1 - P \downarrow Z + Z_d) / (V_{BP1} + P \uparrow V_{BP}) - Z_1 / V_{BP1}$$

C_B и C_1 – возможный и фактический уровень себестоимости продукции соответственно;

Z_1 – фактические затраты на производство продукции;

$P \downarrow Z$ – резерв сокращения затрат на производство продукции;

Z_d – дополнительные затраты, необходимые для освоения резервов увеличения производства продукции;

V_{BP1} и $P \uparrow V_{BP}$ – соответственно фактический объем и резерв увеличения выпуска продукции.

Резервы и возможности снижения себестоимости продукции имеются в каждом хозяйстве. Под резервами снижения себестоимости следует понимать возможности или пути сокращения затрат на производство единицы продукции. Снижению себестоимости продукции растениеводства способствует повышение урожайности. На снижение себестоимости продукции растениеводства положительно влияет расширение посевов сельскохозяйственных культур. Однако удельный вес зерновых культур не должен превышать 55-60% площади пашни.

Значительный прирост урожайности и валового сбора растениеводческой продукции может быть достигнут за счет сокращения потерь при уборке урожая в поздние сроки. Как показывает опыт ведущих хозяйств, проведение уборки в оптимальные сроки (10-14 дней) позволяет увеличить сохранность урожая на 15-20%.

Так, при ликвидации потерь при уборке урожая позднее срока позволит увеличить сбор озимой пшеницы на 2294 ц, семян подсолнечника на 210 ц.

Немаловажным резервом увеличения производства продукции на предприятии является доведение урожайности до планового уровня. При выполнении плана по урожайности озимой пшеницы предприятие дополнительно получило бы 25857 ц продукции, по семенам подсолнечника 19357, по сое 65720 ц продукции.

Кроме того, снизить себестоимость продукции растениеводства можно за счет предотвращения перерасхода по отдельным статьям затрат. При предотвращении перерасхода по отдельным статьям затраты по производству озимой пшеницы могли бы сократиться на 189857 руб. В результате себестоимость 1 ц озимой пшеницы могла составить 575,28 руб., что на 87,35 руб. ниже фактически сложившегося уровня. При этом, от продажи 1 ц озимой пшеницы предприятие могло бы получить прибыль в размере 845,65 руб., а уровень рентабельности составил бы 147,0%.

Себестоимость 1 ц семян подсолнечника с учетом неиспользованных резервов могла бы составить 927,07 руб. что на 54,95 руб. ниже фактически сложившегося уровня. Следовательно, от продажи 1 ц семян подсолнечника предприятие могло бы получить прибыль в размере 2195,62 руб., а уровень рентабельности составил бы 236,83%.

Себестоимость 1 ц сои с учетом выявленных резервов могла составить 1646,51 руб. что на 167,73 руб. ниже фактически сложившегося уровня. От продажи 1 ц сои предприятие могло бы получить прибыль в размере 2199,58 руб., а уровень рентабельности составил бы 134%.

Следовательно, по предприятую с учетом выявленных резервов, прибыль от продаж продукции растениеводства могла бы значительно увеличиться, что способствовало бы повышению экономической эффективности деятельности предприятия в целом. Затраты на производство растениеводческой продукции в сельском хозяйстве являются значимым элементом при определении конкурентоспособной цены, а информация о себестоимости продукции традиционно выступает в качестве основы прогнозирования и управления производством.

Таким образом, в современных условиях хозяйствования значимость методически обоснованного учета затрат на производство растениеводческой продукции возрастает.

Библиография

1. Государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы».
2. Доклад Губернатора Белгородской области Е.С. Савченко на сессии «Россия будущего: вызовы, стратегии, механизмы достижения успеха» Московского экономического форума на тему «Как реализовать потенциал развития сельского хозяйства и промышленности России», г. Москва, 03.04.2018 г.
3. Сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Белгородской области: <https://www.belaprk.ru/>
4. Аничин В.Л., Елфимов А.Д. Совершенствование государственного регулирования воспроизводственного процесса в сельском хозяйстве // Монография. Белгород. 2015.
5. Демешева И.А. Повышение эффективности производства и сбыта зерна в регионе // АПК: экономика, управление. – 2006. – № 8. – С. 18-20.
6. Казакова Н.А., Наседкина Т.И., Лаханова А.М. Методика учета справедливой стоимости продукции для оценки эффективности зернового производства по методологии МСФО // Международный бухгалтерский учет. 2011. № 19 (169). С. 27-32.
7. Наседкина Т.И., Черных А.И. Кооперативная модель экономического развития в условиях глобализации: секторальный аспект // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 9-6 (56). С. 75-80.
8. Наседкина Т.И., Черных А.И., Демешева И.А. Управление затратами как основа формирования себестоимости продукции растениеводства. Монография. Белгород, 2021.
9. Черных А.И., Гончаренко О.В. Особенности и инструменты финансирования инвестиционных процессов в аграрном производстве // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 4. С. 120.

References

1. The State program «Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets for 2013-2020».
2. Report of the Governor of the Belgorod region E.S. Savchenko at the session «Russia of the future: challenges, strategies, mechanisms for achieving success» of the Moscow Economic Forum on the topic «How to realize the potential of the development of agriculture and industry in Russia», Moscow, 03.04.2018.
3. Website of the Ministry of Agriculture and Food of the Belgorod region: <https://www.belaprk.ru/>
4. Anichin V.L., Elfimov A.D. Improvement of state regulation of the reproductive process in agriculture. Monograph. Belgorod. 2015.
5. Demesheva I.A. Improving the efficiency of grain production and marketing in the region // Agroindustrial complex: economics, management. – 2006. – № 8. – Pp. 18-20.
6. Kazakova N.A., Nasedkina T.I., Lakhanova A.M. Methodology of accounting for the fair value of products for assessing the effectiveness of grain production according to the methodology of IFRS // International accounting. 2011. № 19 (169). Pp. 27-32.
7. Nasedkina T.I., Chernykh A.I. Cooperative model of economic development in the context of globalization: sectoral aspect // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. 2017. № 9-6 (56). Pp. 75-80.
8. Nasedkina T.I., Chernykh A.I., Demesheva I.A. Cost management as the basis for the formation of the cost of crop production. Monograph. Belgorod, 2021.
9. Chernykh A.I., Goncharenko O.V. Features and instruments of financing investment processes in agricultural production // Russian Economic Online Journal. 2018. № 4. P. 120.

Сведения об авторах

Наседкина Татьяна Ивановна, д.э.н., профессор кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79056715937;

Черных Антонина Ивановна, к.э.н., доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79040878030;

Гончаренко Ольга Викторовна, к.э.н., доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, т. +79205514285.

Information about authors

Nasedkina Tatiana Ivanovna, Doctor of Economics, Professor of the Department of Economics, FSBEI HE Belgorod SAU, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: +79056715937;

Chernykh Antonina Ivanovna, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Economics, FSBEI HE Belgorod SAU, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: +79040878030;

Goncharenko Olga Viktorovna, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Economics, FSBEI HE Belgorod SAU, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: +79205514285.

УДК 338.43

Н.Е. Соловьева, Ю.Л. Растопчина, Л.Н. Груздова

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЫНКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ЕГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В данной статье проведено исследование состояния рынка сельского хозяйства в Российской Федерации, проанализированы основные показатели сельскохозяйственной отрасли, а также рассмотрены проблемы и перспективы его развития. Так как, в настоящее время сельское хозяйство является одной из приоритетных отраслей российской экономики и оказывает влияние на обеспечение благосостояния граждан нашей страны.

В частности, в статье дана оценка основных социально-экономических показателей, представлена динамика продукции сельского хозяйства по категориям, сделан аналитический обзор обеспеченности сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами за последние 5 лет, оценена инновационная активность в агропромышленном комплексе России, схематично представлены показатели ресурсной базы сельскохозяйственных предприятий, финансово-хозяйственной деятельности производства основных сельскохозяйственных культур.

Также, особое внимание уделено выявленным проблемам рынка сельского хозяйства, которые снижают интенсивное развитие данного сектора экономики и предложены направления его развития. В качестве одного из перспектив развития отечественного сельского хозяйства является интеграция организаций, которые производят (перерабатывают) продукцию сельского хозяйства и обслуживают агросферу. А это важно для того, чтобы компании могли обеспечить баланс между производственными мощностями и возможностями переработки. Все это в свою очередь окажет влияние и на прибыль организации.

Таким образом, исходя из проведенного анализа, очевидно, для того, чтобы решить основные проблемы привлечения инвестиций в агропромышленный комплекс, необходимо усилить государственную поддержку в качестве гарантии надзора за сельскохозяйственными предприятиями, развития социальной среды и благоприятной инфраструктуры в сельской местности, льготного кредитования и субсидирования.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, сельскохозяйственное производство, инвестиции, сельскохозяйственная техника.

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE AGRICULTURAL MARKET IN THE RUSSIAN FEDERATION AND THE WAYS OF ITS DEVELOPMENT

Abstract. This article examines the state of the agricultural market in the Russian Federation, analyzes the main indicators of the agricultural sector, and also considers the problems and prospects of its development. Since agriculture is currently one of the priority sectors of the Russian economy and has an impact on ensuring the well-being of citizens of our country.

In particular, the article assesses the main socio-economic indicators, presents the dynamics of agricultural products by category, makes an analytical review of the provision of agricultural organizations with tractors and combines over the past 5 years, evaluates innovative activity in the agro-industrial complex of Russia, schematically presents indicators of the resource base of agricultural enterprises, financial and economic activities of the production of basic crops.

Also, special attention is paid to the identified problems of the agricultural market, which reduce the intensive development of this sector of the economy and the directions of its development are proposed. One of the prospects for the development of domestic agriculture is the integration of organizations that produce (process) agricultural products and serve the agricultural sphere. And this is important so that companies can ensure a balance between production capacity and processing capabilities. All this, in turn, will have an impact on the future of the organization.

Thus, based on the analysis, it is obvious that in order to solve the main problems of attracting investments in the agro-industrial complex, it is necessary to strengthen state support as a guarantee of supervision of agricultural enterprises, the development of a social environment and favorable infrastructure in rural areas, preferential lending and subsidies.

Keywords: agriculture, agro-industrial complex, agricultural production, investments, agricultural machinery.

В настоящее время сельское хозяйство признается одной из приоритетных отраслей российской экономики, которая оказывает влияние на жизнь и обеспечение благосостояния граждан страны. Основная задача рынка сельского хозяйства Российской Федерации – это формирование эффективного агропромышленного комплекса.

Анализу современного состояния и актуальным проблемам развития сельского хозяйства уделили свое внимание такие ученые как: Алтухов А.И. [2], Кормаков В.Ф. [3], Кудряшов В.И. [4], Кулов А.Р. [6], Санду И.С. [5].

Несмотря на существенный вклад ученых, проблемы выявления ключевых направлений развития сельского хозяйства и агропромышленного комплекса Российской Федерации требуют более глубокого и комплексного изучения.

Целью исследования является оценка современного состояния рынка сельского хозяйства Российской Федерации и анализ тенденций его развития.

В таблице 1 представлен свод основных макроэкономических показателей Российской Федерации. Доля сельского хозяйства в контексте валовой добавленной стоимости в масштабах страны равна 4,5%, а доля занятого населения в рассматриваемой отрасли 9%.

Таблица 1 – Основные социально-экономические показатели РФ [13]

Показатели	2000	2010	2019	2020	2021
Численность населения на конец года, млн. чел.	146,3	142,9	146,7	146,2	145,6
ВВП всего, млрд. руб.	7306	46309	109608,3	107380,3	131015,0
на душу населения, руб.	49835	324177	746830,4	733241,0	898197,8
Инвестиции в основной капитал, млн. руб.	1165234	9152096	19329038	20302857	22945394
Продукция сельского хозяйства, млрд. руб.	742,4	2462,2	5801,4	6468,8	7710,3

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что за рассматриваемый период все показатели имеют положительную динамику. При этом примерно 70% всей потребляемой продукции гражданами РФ производится АПК.

Производство сельскохозяйственной продукции по итогам 2021 года выросло 9 раз по сравнению с 2000 г., а если сравнивать с 2020 г., то увеличение произошло на 1 241,5 млрд. руб. (19,2%) [9].



Рис. 1 – Состав и структура предприятий сельского хозяйства в динамике за период 2017-2021 гг.

Российский агропромышленный комплекс интенсивно развивается, что частично стало возможным благодаря пандемии, санкциям, наложенным на российскую экономику, и соответствующим мерам государственной поддержки.

Таблица 2 – Динамика продукции сельского хозяйства по категориям в фактических ценах (в млрд. руб.) [9]

Показатели	2000	2010	2019	2020	2021	Отклонение 2021 от 2000 (+;-)
Хозяйства всех категорий:	742,4	2462,2	5801,4	6468,8	7710,3	6 967,9
растениеводства	384,7	1090,2	3056,4	3612,7	4464,7	4 080
животноводства	347,7	1372,0	2745,0	2856,1	3245,6	2 897,9
Сельскохозяйственные организации	335,6	1102,9	3348,4	3787,0	4566,8	4 231,2
растениеводства	189,0	458,3	1641,0	2021,8	2497,8	2 308,8
животноводства	146,6	644,6	1707,4	1765,2	2069,0	1 922,4
Хозяйства населения	383,2	1182,5	1656,7	1717,6	1958,5	1 575,3
растениеводства	188,5	506,8	778,8	798,2	971,1	782,6
животноводства	194,7	675,7	880,9	919,4	987,1	792,4
Крестьянские (фермерские) хозяйства	23,6	176,8	793,3	964,2	1185,0	1 161,4
растениеводства	17,2	125,1	636,6	792,7	995,5	978,3
животноводства	6,4	51,7	156,7	171,5	189,5	183,1

Анализ данных таблицы 2 позволил выявить, что на протяжении всего рассматриваемого периода наибольший удельный вес в структуре собственности сельскохозяйственного сектора занимают сельскохозяйственные организации.

Рассмотрим далее основные показатели обеспеченности сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами и представим данный аналитический обзор в таблице 3.

Таблица 3 – Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами [10]

Показатели	2000	2010	2019	2020	2021
Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт.	7	4	3	3	3
Нагрузка пашни на 1 трактор, га	135	236	345	349	363
Приходится на 1000 га посевов (посадки) культур, шт.: комбайнов зерноуборочных	5	3	2	2	2
кукурузоуборочных	8	1	0,4	0,3	0,4
картофелеуборочных	46	16	15	15	14
льноуборочных	32	24	10	9	13
свеклоуборочных (без ботвоуборочных)	16	4	2	2	2
Приходится посевов (посадки) культур, га: на 1 комбайн					
комбайнов зерноуборочных	198	327	437	451	449
кукурузоуборочных	120	817	2772	2974	2808
картофелеуборочных	22	62	68	66	70
льноуборочных	31	42	100	114	79
Свеклоуборочных (без ботвоуборочных)	62	278	478	431	479

Исследование обеспеченности организациями сельхозтехники продемонстрировало недостаток числа тракторов, комбайнов, а также иной рабочей техники для производства сельскохозяйственной продукции.

Но несмотря на это, производительность сельскохозяйственной продукции увеличивается. Большой физический износ и срок службы, выбытие техники все еще опережает ее поступление. Чтобы остановить этот процесс, необходимо в долгосрочной перспективе обеспечить ежегодное приобретение не менее 20,0 тыс. ед. тракторов, зерноуборочных и 2,0 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов [6]. Сельхозтехника приобретает более модернизированная, которая способствует повышению производительности при минимальных затратах. Так, в 2021 году их доля составляла порядка 59,1%. Стоит также отметить рост числа сельскохозяйственных организаций за весь анализируемый период на 7,1%.

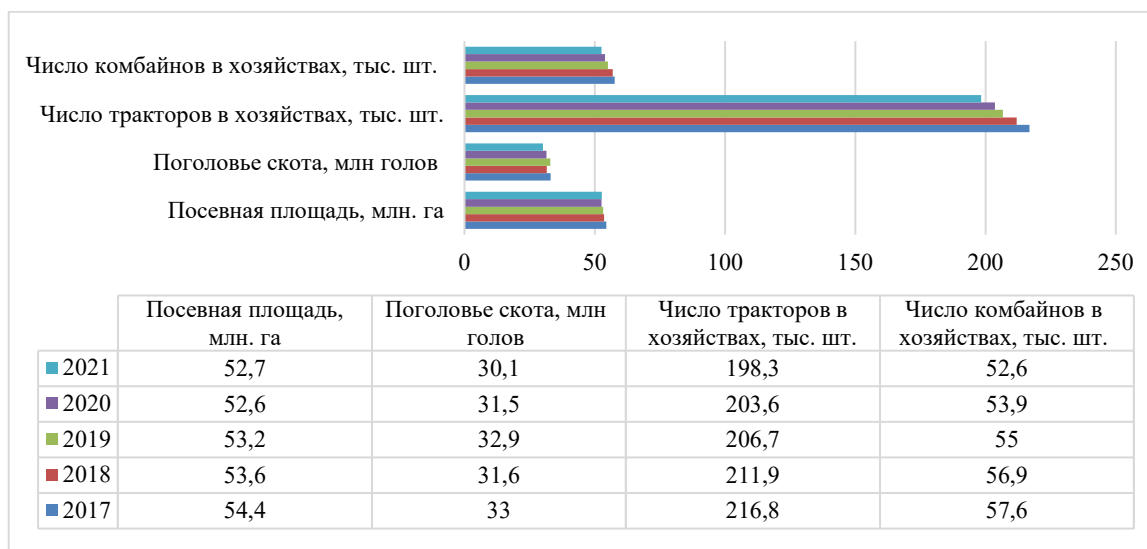


Рис. 2 – Показатели ресурсной базы сельскохозяйственных предприятий

Наименьшую долю занимают фермерские хозяйства, примерно от 12,4% до 15,4%. Ко всему прочему количество фермерских хозяйств постепенно растет, где выросло на 24,2%.

Однако стоит отметить сокращение числа сельскохозяйственной техники, а именно тракторов и комбайнов. Количество тракторов снизилось на 8,5% (примерно 18 500 шт.), а численность комбайнов сократилось на 8,7% (около 5 000 шт.). Такая отрицательная динамика свидетельствует о финансовых трудностях, с которыми сталкиваются сельскохозяйственные организации, и их неспособности полностью использовать землю и ресурсы.

Далее рассмотрим наиболее важные показатели деятельности производства сельскохозяйственных культур (рис. 3).

За весь анализируемый период финансовые показатели основных сельскохозяйственных культур имеют положительную динамику. Так, в 2019 году было реализовано около 725 руб./ц. зерновых и зернобобовых культур, а уже к 2021 году их величина выросла до 867 руб./ц. Подобную динамику можно наблюдать у других сельскохозяйственных культур, сумма от реализации которых выросла за рассматриваемый период.

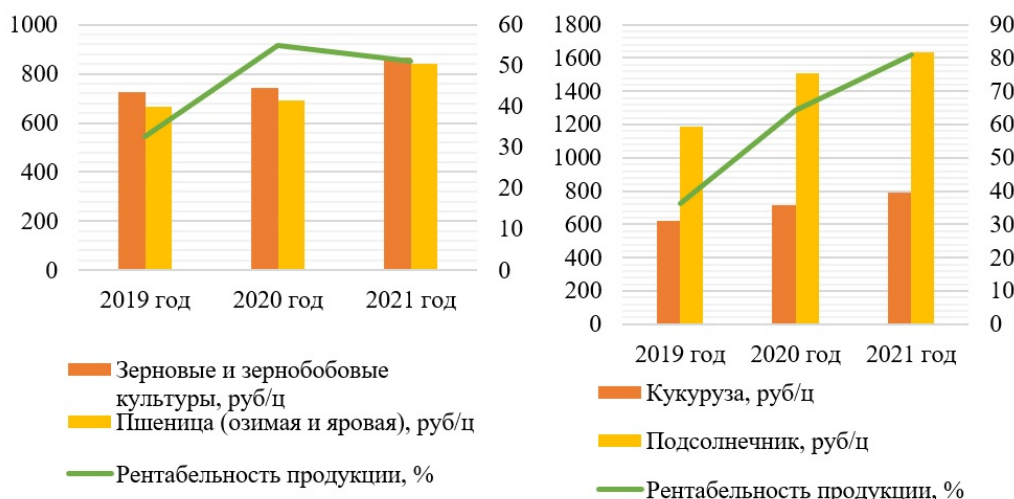


Рис. 3 – Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности производства основных сельскохозяйственных культур [17]

В целом можно сказать, что рентабельность сельскохозяйственной продукции имеет неоднозначную динамику. Относительно зерна и пшеницы – за весь период показатель рентабельности вырос на 18,4%. Однако, в 2021 году рентабельность данных сельскохозяйственных культур была выше, чем в 2021 году на 1,9%.

В свою очередь такая культура как кукуруза и подсолнечник имеет положительную динамику роста рентабельности: за 2019-2021 годы данный показатель вырос на 44,6%. Это, в свою очередь, говорит об эффективности использования ресурсов.

Существует ряд проблем на рынке сельского хозяйства, что мешает интенсивному развитию данного сектора экономики [1]:

- оборудование в сельском хозяйстве устаревает и не так быстро приобретает, как хотелось. Принимаются меры для решения этой проблемы, с помощью господдержки (лизинг сельскохозяйственной техники и оборудования, льготные агрокредиты, субсидии, гранты и т.д.);

- наличие возрастных диспропорций сельскохозяйственного персонала, нехватка квалифицированных рабочих кадров и, как следствие, сложности с внедрением новейшего модернизированного сельскохозяйственного оборудования и техники;

- неблагоприятные факторы и форс-мажорные обстоятельства, например, засуха, климатические изменения в погоде и т.д., что может повлиять на урожайность несколько раз за 2-3 года;

- проблемы социального характера сельских жителей.

За последние несколько лет анализ выявил и такую проблему как низкая инновационная активность в сельском хозяйстве, несмотря на тенденцию активного внедрения в сферу АПК цифровых технологий.

Среди проблем развития российского сельского хозяйства стоит отметить и импортную зависимость отрасли. Несмотря на то, что импортозамещение в России протекает более 10 лет, агробизнес остается зависимым от импорта различного сельскохозяйственного оборудования, спецтехники, ИТ-технологий и т.д. Государство оказывает поддержку и ежегодно выделяет порядка 1,8 млрд. долл. на приобретение импортной техники и технологий для нужд аграриев.

Таблица 4 – Инновационная активность в АПК России [8]

Показатель		2017	2018	2019	2020	2021
Уровень инновационной активности организаций	Выращивание сельскохозяйственных культур, %	4,3	2,7	3,6	5,95	6,82
	Животноводство, %	4,35	4,2	4	7,5	8,8
	Смешанное сельское хозяйство, %	1,3	9,4	2,8	2,5	2,6
Объем инновационных товаров, работ и услуг в области сельского хозяйства	Выращивание сельскохозяйственных культур, млн. руб.	11068,3	15174,1	27203,4	30502,3	33208,2
	Животноводство, млн. руб.	16602,3	21732,2	40935,5	26049,5	31440,1
	Смешанное сельское хозяйство, млн. руб.	н/д	213,6	1047,5	618,4	н/д
Число исследователей в области сельского хозяйства	Исследователи (всего), чел.	10343	9575	9459	14584	н/д
	Доктора наук, чел.	1384	1243	12414	н/д	н/д
	Кандидаты наук, чел.	4183	3940	3925	н/д	н/д

В современных, сложных для нашей страны, условиях на первое место выходит принцип приоритетности самообеспечения основными видами агропродовольствия и сельскохозяйственного сырья, что важно для достижения не только продовольственной безопасности, но и для решения проблемы восстановления отраслей семеноводства и племенного дела [5].

В связи с наличием огромного количества санкций против нашей страны повышение эффективности АПК приобретает все большую актуальность, все больше проявляется необходимость господдержки и инвестиций в такие отрасли как АПК и ИТ-технологии [4].

Одним из перспектив развития отечественного сельского хозяйства является интеграция организаций, которые производят/перерабатывают продукцию сельского хозяйства и, которые обслуживают агросферу. Это необходимо для того, что компании могли обеспечить баланс между производственными мощностями и возможностями переработки. Прибыль от продаж значительно вырастет.

Для увеличения производительности сельскохозяйственной продукции необходимо выполнить следующие задачи, представленные на рис. 4.



Рис. 4 – Направления развития рынка сельского хозяйства

Для того, чтобы решить основные проблемы привлечения инвестиций в агропромышленные комплексы, необходимо усилить государственную поддержку в качестве гарантии надзора за сельскохозяйственными предприятиями, развития социальной среды и благоприятной инфраструктуры в сельской местности, налоговые льготы. Все это будет способствовать развитию инвестиционной среды в сельских районах [2].

На сегодняшний день в России с целью эффективной деятельности АПК формируют реализацию следующих стратегий:

– «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года», которая планирует рост валовой добавленной стоимости, формируемой в сельском хозяйстве: к 2024 г. до 5374,8 млрд руб. (к 2030 г. – 7000 млрд руб.), в том числе, за счет существенного увеличения экспорта [1].

– Закон «О виноградарстве и виноделии»: вводится запрет на использование импортного виноматериала для производства вин на территории России.

– Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в 2022 году выделено 285 млрд руб., в последующие годы – 2023 и 2024 – по 304,7 и 326,9 млрд соответственно.

На данном этапе государство оказывает помощь в виде: выплат по кредитам, введения кредитных каникул, пролонгации льготных договоров. Ключевыми способами поддержки аграриев сегодня остается льготное кредитование и субсидии.

Таким образом, проанализировав рынок сельского хозяйства, можно отметить, что рентабельность сельскохозяйственной продукции имеет неоднозначную динамику. Происходит сокращение числа сельскохозяйственной техники, а именно тракторов и комбайнов. Существует ряд проблем в сельскохозяйственной отрасли, которые необходимо своевременно решать: например, не хватает квалифицированных рабочих в АПК, что подразумевает создание необходимой инфраструктуры (привлечение молодежи в село, благодаря строительству жилья, дорог, школ и других учреждений).

В целом, российский агропромышленный комплекс можно охарактеризовать как интенсивно развивающийся, что стало возможным и благодаря пандемии, санкциям, наложенным на российскую экономику, и соответствующим мерам государственной поддержки.

Библиография

1. Распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2020 г. № 993-р О Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/73894910>. (дата обращения: 20.01.2023).
2. Алтухов А.И. Основные проблемы развития АПК и пути их решения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-problemy-razvitiya-apk-i-puti-ih-resheniya> (дата обращения: 25.02.2023).
3. Кормаков Л.Ф. Техническое обеспечение сельскохозяйственного производства. Организационно-экономический аспект / Л.Ф. Кормаков, Л.С. Орлик ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. агентство по сел. хоз-ву. – Москва : Росинформагротех, 2005. – 251.
4. Кудряшов В.И., Нежелченко Е.В. Эффективное развитие крестьянских хозяйств: условия, проблемы, направления. М. : Восход-А, 2007. – https://bsaa.edu.ru/science-innovations/achievement/monografy/monografiya_nezhelchenko.pdf
5. Кулов А.Р. Особенности институтов инвестиционно-инновационного развития в АПК / А.Р. Кулов, И.С. Санду // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 12. – (Экономический механизм хозяйствования). – С. 67-73. – DOI 10.33305/2212-67.
6. Кулов А.Р., Соловьева Н.Е. Состояние технической обеспеченности сельского хозяйства и тенденции его развития на современном этапе // Научный результат. Экономические исследования. – Т. 3, № 2, 2017. – С. 72-81.
7. Лихолетова Н.В. Современный рынок сельского хозяйства России: Ключевые показатели и тенденции развития / Н.В. Лихолетова, Я.В. Коженко, Т.М. Рамазанова // Управленческий учет. – 2022. – № 7-2. – С. 281-287.
8. Рейтинг крупнейших производителей АПК в России: обзор 2022. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.myaso-portal.ru/news/analytics/rejting-krupneyshikh-proizvoditeley-apk-v-rossii-obzor-2022/> (дата обращения: 20.01.2023).
9. Российский статистический ежегодник. 2022: Стат. сб. / Росстат. – Р.76. М., 2022 – 691 с.
10. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс]: официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 20.01.2023).
11. Соловьева Н.Е. Современные аспекты развития инвестиционного процесса в АПК Белгородской области / Н.Е. Соловьева, Д.А. Мирошниченко // Современные проблемы социально-экономических систем в условиях глобализации: Сборник научных трудов XIV Международной научно-практической конференции, Белгород, 22 октября 2020 года / Под научной редакцией Е.Н. Камышанченко, Ю.Л. Растопчиной, А.С. Ткачевой. – Белгород : Общество с ограниченной ответственностью Эпицентр, 2020. – С. 111-115.
12. Состояние технической обеспеченности сельского хозяйства и тенденции его развития на современном этапе. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://yandex.ru/search/?text=состояние+технической+обеспеченности+сельского+хозяйства+тенденции+его+развития+на+современном+этапе+site%3Aelibrary.ru> (дата обращения: 20.01.2023).
13. Состояние рынка сельского хозяйства России и пути его развития. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48557825>. (дата обращения: 20.01.2023).
14. Стратегия и механизмы развития АПК региона в условиях импортозамещения [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://nauchkor.ru/uploads/documents/5b88738b7966e1073081b1de.pdf>. (дата обращения: 20.01.2023).
15. Тенденции развития АПК Белгородского региона в цифровом пространстве / О.В. Ваганова, Н.Е. Соловьева, А.М. Кулик, Д.П. Коржав // Экономика устойчивого развития. – 2019. – № 4 (40). – С. 42-46.
16. Ткаченко, Артем Сергеевич. Диссертация ... кандидата экономических наук : 08.00.12 Краснодар 2009. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004620000/rsl01004620689/rsl01004620689.pdf>. (дата обращения: 20.01.2023).

17. Цицеров В.Д. Состояние рынка сельского хозяйства России и пути его развития / В.Д. Цицеров // Молодой ученый. – 2022. – № 20 (415). – С. 528-530.

References

1. Altukhov A.I. The main problems of the development of the agro-industrial complex and ways to solve them // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2014. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnyye-problemy-razvitiya-apk-i-putih-resheniya> (accessed: 02/25/2023).
2. Agriculture, hunting and forestry [Electronic resource]: official website of the Federal State Statistics Service. – [Electronic resource]: Access mode: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (accessed: 20.01.2023).
3. Decree of the Government of the Russian Federation dated April 12, 2020 No. 993-r On the Development Strategy of the Agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030 [Electronic resource]: Access mode: <http://ivo.garant.ru/#/document/73894910>. (date of address: 20.01.2023).
4. Kormakov L.F. Technical support of agricultural production. Organizational and economic aspect / L.F. Kormakov, L.S. Orsik; M-vo village. farm-va Grew. Federation, Feder. agency for rural housing. – Moscow : Rosinformagrotech, 2005. – 251.
5. Kudryashov V.I., Nezhelchenko E.V. Effective development of peasant farms: conditions, problems, directions. M. : Voskhod-A, 2007. https://bsaa.edu.ru/science-innovations/achievement/monografy/monografiya_nezhelchenko.pdf
6. Kulov A.R. Features of investment and innovation development institutions in the agro-industrial complex / A.R. Kulov, I.S. Sandu. // Agro-industrial complex: Economics, management. – 2022. – № 12. – (Economic mechanism of management). – Pp. 67-73. – DOI 10.33305/2212-67.
7. Kulov A.R., Solovyova N.E. The state of technical security of agriculture and trends in its development at the present stage // Scientific result. Economic Research. – Vol. 3, № 2, 2017. – Pp. 72-81.
8. Likholetova N.V. The modern market of agriculture in Russia: Key indicators and development trends / N.V. Likholetova, Ya.V. Kozhenko, T.M. Ramazanova // Managerial accounting. – 2022. – № 7-2. – Pp. 281-287.
9. Rating of the largest agricultural producers in Russia: review of 2022. [Electronic resource]: Access mode: <http://www.myaso-portal.ru/news/analytics/rejting-krupneyshikh-proizvoditeley-apk-v-rossii-obzor-2022/>. (accessed: 20.01.2023).
10. Russian Statistical Yearbook. 2022: Stat.sat. / Rosstat. – P.76. M., 2022 – 691 p.
11. Solovjeva N.E. Modern aspects of the development of the investment process in the agro-industrial complex of the Belgorod region / N.E. Solovjeva, D.A. Miroshnichenko // Modern problems of socio-economic systems in the context of globalization: Collection of scientific papers of the XIU International Scientific and Practical Conference, Belgorod, October 22, 2020 / Under the scientific editorship of E.N. Kamyshanchenko, Y.L. Rastopchina, A.S. Tkacheva. – Belgorod : Epicenter Limited Liability Company, 2020. – Pp. 111-115.
12. Strategy and mechanisms for the development of the agro-industrial complex of the region in the context of import substitution [Electronic resource]: Access mode: <https://nauchkor.ru/uploads/documents/5b88738b7966e1073081b1de.pdf> (date of reference: 20.01.2023).
13. The state of technical security of agriculture and trends in its development at the present stage. [Electronic resource]: Access mode: <https://yandex.ru/search/?text=the+state+of+technical+security+of+agriculture+trends+in+its+development+at+the+present+stage&site%3Aelibrary.ru> (date of reference: 20.01.2023).
14. The state of the Russian agricultural market and the ways of its development. <https://elibrary.ru/item.asp?id=48557825>.
15. Trends in the development of the agro-industrial complex of the Belgorod region in the digital space / O.V. Vaganova, N.E. Solovjeva, A.M. Kulik, D.P. Koryakov // Economics of sustainable development. – 2019. – № 4 (40). – Pp. 42-46.
16. Tkachenko, Artem Sergeevich. Dissertation... Candidate of Economic Sciences : 08.00.12 Krasnodar 2009. [Electronic resource]: Access mode: <http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004620000/rsl01004620689/rsl01004620689.pdf> (date of reference: 20.01.2023).
17. Tsitsеров V.D. The state of the Russian agricultural market and the ways of its development / V.D. Tsitsеров // Young scientist. – 2022. – № 20 (415). – Pp. 528-530.

Сведения об авторах

Соловьева Наталья Евгеньевна, доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры инновационной экономики и финансов, институт экономики и управления, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015, тел: (4722) 30-12-11, e-mail: Info@bsu.edu.ru (почта университета); e-mail: solovjeva@bsu.edu.ru;

Растопчина Юлия Леонидовна, доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики, институт экономики и управления, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», ул. Победы, 85, г. Белгород, Россия, 308015, тел: (4722) 30-12-11, e-mail: Info@bsu.edu.ru; e-mail: rastopchina@bsu.edu.ru;

Груздова Людмила Николаевна, доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. 89192290996, e-mail: konf.econom@yandex.ru.

Information about authors

Solovjeva Natalia Evgenievna, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Innovative Economics and Finance, Institute of Economics and Management, Belgorod State National Research University, BelSU, Pobedy str., 85, Belgorod, Russia, 308015, tel: (4722) 30-12-11, e-mail: solovjeva@bsu.edu.ru;

Rastopchina Yulia Leonidovna, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of World Economy, Institute of Economics and Management, Belgorod State National Research University, BelSU, Pobedy str., 85, Belgorod, Russia, 308015, tel: (4722) 30-12-11, e-mail: rastopchina@bsu.edu.ru;

Gruzdova Ludmila Nikolaevna, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 89192290996, e-mail: konf.econom@yandex.ru.

Руководство для авторов

В журнале публикуются результаты открытых научных исследований в области сельскохозяйственной науки и техники, материалы о результатах инновационных разработок и проектов предприятий и фирм различных форм собственности, изобретениях; материалы конференций, выставок, конкурсов.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3-1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см, формат – книжный. Разделять текст на колонки не следует. Если статья была или будет опубликована в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

Оформление статьи

Слева в верхнем углу с абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева с абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

Затем с красной строки приводится аннотация, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объемом 200-250 слов (не более 2000 знаков), с нового абзаца – ключевые слова.

Далее необходимо разместить на английском языке: название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

После этого через пробел – текст статьи, библиография (библиографическое описание приводится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка») и ее вариант на английском языке (References). При составлении описаний на английском языке рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, с учетом того, что фамилии и инициалы авторов русскоязычных источников, название статьи транслитерируются (согласно правилам Системы Библиотеки Конгресса США – LC), затем в квадратных скобках приводится перевод названия публикации, далее – ее выходные данные (на английском языке либо в транслитерации, без сокращений и аббревиатур).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности. Затем следует англоязычный вариант информации об авторах (Information about authors).

Основной текст публикуемого материала (статьи) приводится на русском или английском языках. Текст публикуемой работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования автором цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, обосновать выбранное решение, отразить, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части автор формулирует обобщенные выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и (или) перспективы, возможности и области их использования. Для выделения наиболее важных понятий, выводов допускается полужирный шрифт и курсив. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1 – Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная ориентация таблицы. Подпись таблицы располагается над ней, по центру. Например: «Таблица 3 – Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества, формата TIFF (с разрешением 300 dpi) или EPS, все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключение составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены

автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

Порядок представления материалов

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию предоставленная автором рукопись статьи рецензируется согласно установленному порядку рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлегия направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

Тематический раздел «Агроинженерия и энергоэффективность»:

Пастухов Александр Геннадиевич, д. т. н., профессор – ответственный редактор,
Колесников Александр Станиславович, к. т. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru
тел. +7 908 783-88-92.

Тематический раздел «Инновационные технологии в агрономии»:

Азаров Владимир Борисович, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,
Муравьев Александр Александрович, к. с.-х. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru
тел. +7 951 142-75-77.

Тематический раздел «Инновационная экономика, управление предприятиями АПК и социальное развитие села»:

Наседкина Татьяна Ивановна, д. э. н., профессор – ответственный редактор,
Демешева Ирина Алексеевна, к. э. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: demesheva_ia@bsaa.edu.ru
тел. +7 920 208-73-49.

Пример оформления статьи

УДК 633.11(470.325)

В.В. Смирнова, Н.А. Сидельникова, И.В. Кулишова

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 2000 знаков).

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5)

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation.

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords.

Далее излагается текст научной статьи.....
(текст).....
(текст).....
(текст).....

Таблица 1 – Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, т/га (2016-2017 г.г.)

Библиография

Приводится список использованных литературных и других источников на русском

References

и на английском языках.

Сведения об авторах

Смирнова Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Сидельникова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26

Кулишова Ирина Владимировна, аспирант второго года обучения кафедры земледелия, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.

Guidelines for authors

Results of open scientific researches in the field of agricultural science and equipment, materials about results of innovative development and projects of the enterprises and firms of various forms of ownership, inventions, materials of conferences, exhibitions and competitions are published in the Journal.

The contents of articles are reviewed (according to Journal's content) for topic relevance, clearness and statement logicity, the scientific and practical importance of the considered problem and novelty of the proposed author's solutions.

The total amount of the publication is decided by the amount of typographical units with interspaces. The recommended range of values makes from 12 thousand to 40 thousand typographical units with interspaces (0,3-1,0 printed pages). Materials which volume exceeds 40 thousand typographical units may be also accepted to the publication after preliminary agreement with editorial body. In case of impossibility of such materials replacement within one article, they may be published (with the author consent) in parts, in each subsequent (next) issue of the Journal.

Articles must be issued on sheets A4, printed type must be Times New Roman, size must be 9 pt, a line spacing is 1,0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 0,7 cm (without interspaces), a format is a book. If article was or will be sent to another edition it is necessary to report to our editions.

During materials preparation you may not to use an automation equipment of documents (headlines, automatically filled forms and fields, dates) which can influence change of formats of data and reference values.

Article registration

In the left top corner from the paragraph article UDC is printed (check a correctness of the chosen UDC on the site of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information or in cooperation with the bibliographer of the founder of Journal by tel. +7 4722 39-27-05).

Below, after interspaces, at the left from the paragraph are full name of the author(s), semi boldface italics. Further, after interspaces, in the center of a line is article title (the name of article has to reflect the main idea of the executed research and should be as short as possible) and it prints with capital letters.

Then with a new paragraph one places a summary (issued according to requirements imposed to papers and summaries of GOST 7.9-95, GOST 7.5-98, GOST P 7.0.4-2006 of 200-250 words (no more than 2000 signs), from the new paragraph one provides keywords.

Further it is necessary to place in English: article title, summary (Abstract), keywords.

Next after interspaces is the text of article, the bibliography (the bibliographic description is provided according to GOST P 7.0.5-2008 "Bibliographic reference") and its option in English (References). By drawing up descriptions in English it is recommended to use the international Harvard standard taking into account that authors full name of Russian-speaking sources, article titles are transliterated (according to rules of System of Library of the Congress of the USA – LC), after that in square brackets is translation of publication title, further is given its output data (in English or transliteration, without reductions and abbreviations).

Further there are data about authors, which include a surname, a name and a middle name; academic degree, academic status (now); post or profession; a place of work (study) – full name of organization, including structural division (chair, faculty, department, management, department, etc.), and their full postal address, contact information – telephone and (or) the e-mail address, and also other data on the author's discretion which will be used for article's replacement in the Journal and on the informational website of publishing house. In collective works (articles, reviews, researches) of data of authors are brought in the sequence accepted by them. Further information about authors in English.

The main text of the published material (article) is provided in Russian or English. The text of the published work has to contain: introduction, main part and conclusion. The volume of each of parts is defined by the author. Then it is necessary to detail a problem, carry out the analysis, prove the chosen decision, and give the sufficient bases and proofs confirming ones reliability. In conclusion the author formulates the generalized conclusions, the main recommendations or offers; forecasts and(or) prospects, opportunities and their application area.

For highlighting of the most important concepts, conclusions is used the bold-face type and italics. It is not allowed to apply underlining of the main text, references and notes, and also its allocation (coloring, illumination) a color marker.

The author's text can be accompanied by monochrome drawings, tables, schemes, photos, schedules, charts and other graphic objects. In this case the corresponding references to illustrations are given in the text. Drawings titles and headings of tables are obligatory.

Illustrations in the form of schemes, charts, schedules, photos and others (except tables) images are considered as drawings. Drawing title is under it in the middle of a line. For example: "Fig. 1 – Obtaining hybrid cells".

During tables preparation you can use only book orientation of the table. Table title is over it, in the center. For example: "Table 3 – The breed standard in live weight of breeding heifers".

The illustrations used in the text in addition are provided in edition in the form of separate files of high quality, the TIFF format (with the resolution of 300 dpi) or EPS, all fonts have to be transferred to curves. The exception is made by the schedules, schemes and charts executed directly in the Word program in which the text file or Excel is provided. It is not required to provide them in the form of different files.

Mathematical formulas should be written in the formular Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (bibliography) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

- article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,
- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,

- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below:

Thematic section “**Agricultural Engineering and Energy Efficiency**”:

Pastukhov Alexander Gennadievich, Dr. of Tech. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Kolesnikov Alexander Stanislavovich, Cand. Tech. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru

Tel. +7 908 783-88-92.

Thematic section “**Innovative Technologies in Agronomy**”:

Azarov Vladimir Borisovich., Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Muravyov Alexander Alexandrovich, Cand. Agri. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru

Tel. +7 952 142-75-77.

Thematic section “**Innovative Economics, Management of Agricultural Enterprises and Social Development of the Village**”:

Nasedkina Tatyana Ivanovna, Dr. Econ. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Demesheva Irina Alekseevna, Cand. Econ. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: demesheva_ia@bsaa.edu.ru

Tel. +7 920 208-73-49.

Example of registration of article

UDC 633.11(470.325)

V.V. Smirnova, N.A. Sidelnikova, I.V. Kulishova

**FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN
OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION**

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation
Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....
.....
.....

Table 1 – The breed standard in live weight of breeding sows

References

1. Smirnova V.V. Vliyanie predshestvennikov na urozhajnost' sortov ozimoy pshenicy, tekhnologicheskie kachestva zerna i ih izmenenie pri hranenii: avtoreferat dis. ... kand.s.-h. nauk: 06.01.09 / Smirnova V.V.; BelGSKHA. – Belgorod, 2007. – 19 s.
2. Sidel'nikova N.A. Sovershenstvovanie intensivnyh tekhnologij vozdeleyvaniya zemnykh kul'tur v CCHZ / N.A. Sidel'nikova, L.G. Gavrilenko // Sbornik nauchnykh trudov SKHI.-Belgorod, 1988.-111s.
3. GOST R 52554 – 2006. Pshenica. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 2007-07-01. – M.: Standartinform, 2006. – 13 s.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.