



ISSN 0370-8799

Сибирский вестник СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

№ 1

ТОМ 50



ЯНВАРЬ • ФЕВРАЛЬ 2020

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ОСНОВАН В 1971 г.

Том 50, № 1 (272)



2020
январь – февраль

Главный редактор академик РАН А.С. ДОНЧЕНКО
Заместитель главного редактора О.Н. ЖИТЕЛЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В.В. Альт	академик РАН, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, Москва, Россия
В.Н. Делягин	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, Москва, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	доктор технических наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полунина	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	доктор биологических наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмцов	академик РАН, Омск, Россия
И.Н. Шарков	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

В.В. Азаренко	доктор технических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	доктор ветеринарных наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	доктор ветеринарных наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Астана, Казахстан
В.С. Николов	доктор ветеринарных наук, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София, Болгария

Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*
Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*
Переводчик *Е.А. Романова*

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463.
Тел./факс (383)348-37-62
e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

Сдано в набор 13.03.2020. Подписано в печать 20.03.2020. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 14,5.
Уч.-изд. л. 12,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук
© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2020
© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2020

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в утвержденный ВАК Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал представлен в международной библиографической базе данных Agris, включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США).

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» входит в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru



СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ

Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Эле- 5
менты плодородия и продуктивность
пашни в зависимости от обработки по-
чвы

Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов 13
Я.А., Вайтехович Ю.А. Влияние углу-
бления почвы на урожайность сои при
посеве различными агрегатами

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

Сумина А.В., Полонский В.И. Содержа- 23
ние ценных веществ в зерне ячменя,
выращенного в контрастных климати-
ческих условиях

Осипова Ю.С., Иванова И.Ю., Леонтье- 32
ва В.В. Оценка экологической устойчи-
вости сортообразцов хмеля обыкновен-
ного

CONTENTS

AGRICULTURE AND CHEMICALIZATION

Perfilyev N.V., Vyushina O.A. Elements of 5
fertility and productivity of arable land
depending on the soil tillage system

Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osi- 13
pov Ya.A., Vaytekovich Yu.A. The ef-
fect of soil deepening on soybean yield
by using various sowing machines

PLANT GROWING AND BREEDING

Sumina A.V., Polonskiy V.I. Content of 23
valuable substances in barley grain
grown under contrast climate conditions

Osipova Yu.S., Ivanova I.Yu., Leon- 32
tieva V.V. Evaluation of ecological sta-
bility of common hop varieties

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Костюк А.В., Лукачева Н.Г.** Оценка эффективности и фитотоксичности гербицида Аденго в посевах кукурузы **40** **Kostyuk A.V., Lukacheva N.G.** Estimation of efficiency and phytotoxicity of Adengo herbicide in corn crops

**ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ**

**ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE**

- Кухар Е.В., Киян В.С., Глотова Т.И., Глотов А.Г.** Фенотипические и молекулярно-генетические свойства *Microsporum canis* **48** **Kukhar E.V., Kiyan V.S., Glotova T.I., Glotov A.G.** Phenotypic and molecular genetic properties of *Microsporum canis*
- Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., Сошникова Т.А.** Влияние способов содержания бычков герефордской породы на их мясную продуктивность и сохранность **57** **Fakhrutdinova R.Sh., Afonina I.A., Soshnikova T.A.** Influence of housing methods of young bulls of hereford breed on their meat productivity and survival rate

**МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE**

- Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Лапшин И.П., Рассомахин Г.К., Маркин В.В.** Исследование процесса скольжения кольцевых рабочих органов борон и почвообрабатывающих агрегатов в почве **64** **Yakovlev N.S., Nazarov N.N., Lapshin I.P., Rassomakhin G.K., Markin V.V.** Study of the sliding process of harrow ring working bodies and soil-tillage units in soil
- Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Сигитов А.А., Галимов Р.Р.** Концептуальная модель агроэкологических свойств земель **73** **Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Maksimovich K.Yu., Sigitov A.A., Galimov R.R.** Conceptual model of land agroecological properties

- | | | |
|--|-----------|--|
| Алейников А.Ф., Минеев В.В., Чешкова А.Ф., Беляев А.А. Обнаружение пятнистостей земляники садовой методом импедансной спектроскопии | 81 | Aleynikov A.F., Mineev V.V., Cheshkova A.F., Belyaev A.A. Detecting spots of garden strawberry by impedance spectroscopy method |
|--|-----------|--|

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF REPORTS

- | | | |
|--|-----------|--|
| Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Подкoryтов Н.А., Подкoryтов А.Т. Полиморфизм генов <i>CAST</i> , <i>GH</i> , <i>GDF9</i> овец горно-алтайской породы | 92 | Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Podkorytov N.A., Podkorytov A.T. Polymorphism of <i>CAST</i> , <i>GH</i> , <i>GDF9</i> genes of gorno-altai sheep breed |
|--|-----------|--|

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

SCIENTIFIC RELATIONS

- | | | |
|--|------------|---|
| Пармакли Д.М. Методологические основы экономической оценки урожайности сельскохозяйственных культур | 101 | Parmacli D.M. Methodological foundations of economic assessment of yield of agricultural crops |
|--|------------|---|

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- | | | |
|--|------------|---|
| К юбилею академика
Наталии Григорьевны Власенко | 110 | To the anniversary of the Academician
Natalia Grigorievna Vlasenko |
|--|------------|---|



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1

УДК: 631.452:631.51

ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАШНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук Тюмень, Россия

Для цитирования: Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1.

For citation: Perfiliev N.V., Vyushina O.A. Elementy plodorodiya i produktivnost' pashni v zavisimosti ot obrabotki pochvy [Elements of fertility and productivity of arable land depending on the soil tillage system]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучено влияние систем основной обработки почвы на элементы плодородия и продуктивность пашни при возделывании зерновых культур. Исследования проходили в 2017–2019 гг. в стационарном опыте на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве Северного Зауралья. Наблюдения проводили в период седьмой ротации зернопарового севооборота: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень, развернутого во времени и пространстве. Изучены отвальная, безотвальная, комбинированная, дифференцированная, комбинированно-минимальная, плоскорезная, поверхностная системы обработки почвы. Различные системы основной обработки в период исследований с благоприятными условиями увлажнения осадками не оказывали существенного влияния на агрофизические свойства почвы. При очень низком содержании $N-NO_3$ обработка почвы не оказывала большого воздействия на обеспеченность им пахотного слоя. Благоприятные условия для фосфорного питания в слое почвы 0–20 см складывались по комбиниро-

ELEMENTS OF FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF ARABLE LAND DEPENDING ON THE SOIL TILLAGE SYSTEM

Perfiliev N.V., Vyushina O.A.

Scientific Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region - Branch of Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Tyumen, Russia

The effect of basic tillage systems on fertility elements and arable land productivity in the cultivation of crops was studied. Research took place in 2017–2019 in a stationary experiment on the dark grey forest loamy soil of the Northern Trans-Urals. The observations were carried out during the seventh rotation of the grain-fallow crop rotation, namely bare fallow – winter rye – spring wheat – spring wheat – spring barley, spread in time and space. Moldboard, non-moldboard, combined, differentiated, minimum combined, stubble-mulch and surface soil tillage systems were studied. Various basic tillage systems did not affect significantly the agrophysical properties of soil during the research period with favorable precipitation conditions. At a very low $N-NO_3$ content, tillage did not have a large effect on the availability of the arable layer. Favorable conditions for phosphorus nutrition in the soil layer of 0–20 cm were formed by combined and surface soil tillage systems. The P_2O_5 content with these systems was higher than with moldboard tillage, in the spring by 20.6–24.4%, in the autumn by 6.6–14.3%. Non-moldboard and stubble-

ванной и поверхностной системам обработки. Содержание P_2O_5 по ним было выше, чем по отвальной, весной на 20,6–24,4%, осенью на 6,6–14,3%. Безотвальная и плоскорезная системы обработки снижали содержание P_2O_5 по сравнению с отвальной на 19,0–23,3%. Наиболее стабильные положительные результаты по выходу зерна с 1 га севооборотной площади на фоне без удобрений получены по отвальной системе обработки (1,88 т/га) и комбинированной (1,84 т/га). На фоне применения удобрений выход зерна по ресурсосберегающим системам обработки был практически равным отвальной системе. Разница в продуктивности в основном не превышала 5%. При этом по комбинированно-минимальной системе обработки с чередованием вспашки и дискования, а также по плоскорезной выход зерна был на 0,03–0,17 т/га выше, чем по отвальной.

Ключевые слова: система основной обработки, запасы влаги, плотность почвы, элементы питания, урожайность, продуктивность

ВВЕДЕНИЕ

Одна из наиболее актуальных проблем современного земледелия – сохранение и воспроизводство плодородия пахотных почв. Значительное влияние на этот показатель оказывают приемы основной обработки [1–3]. Задача систем основной обработки почвы – обеспечение оптимальных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур, формирование наиболее благоприятных показателей почвенного плодородия в целях повышения урожайности культур, продуктивности пашни [4, 5].

В условиях северной лесостепи Северного Зауралья характерной особенностью является неустойчивость водного режима почвы преимущественно из-за отрицательного баланса между расходом почвенной влаги и поступлением осадков в начальный период вегетации зерновых. Тяжелосуглинистые темно-серые лесные почвы имеют короткий диапазон физической спелости, обладают высокой равновесной плотностью ($1,30–1,40 \text{ г/см}^3$), недостаточно обеспечены подвижными элементами азотного и фосфорного питания [6]. В связи с этим здесь необходима оптимизация условий обеспечения влагой, питательного режима и плотности почвы.

mulch tillage systems reduced the content of P_2O_5 compared to the moldboard by 19.0–23.3%. The most stable positive results for grain yield from 1 ha of crop rotation area without fertilizers were obtained with moldboard (1.88 t/ha) and combined (1.84 t/ha) tillage systems. The yield of grain with the use of resource-saving tillage systems and with fertilizers was almost equal to moldboard system. The difference in productivity generally did not exceed 5%. Moreover, grain yield was 0.03–0.17 t/ha higher when applying minimum combined tillage alternated with plowing and disk plowing, or when using stubble-mulch tillage than with moldboard system.

Keywords: basic tillage system, moisture reserves, density, nutrition elements, yield, productivity

Цель работы – определить влияние различных систем основной обработки почвы при длительном их использовании на элементы плодородия по показателям агрофизических свойств почвы, пищевого режима и продуктивности пашни при возделывании зерновых культур в зернопаровом севообороте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в стационарном опыте на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиале Тюменского научного центра СО РАН – в 2017–2019 гг. в период седьмой ротации зернопарового севооборота: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень, развернутого во времени и пространстве. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Глубина гумусного горизонта 25–27 см, содержание гумуса 4,2–5,0%, pH солевой вытяжки 6,0–6,4. Сумма поглощенных оснований в пахотном слое 18,6–25,6 мг/экв. на 100 г почвы.

Изучены системы обработки почвы:

– отвальная: ежегодно под все культуры вспашка оборотным плугом Lemken на 20–22 см;

- безотвальная: ежегодно обработка плугом со стойками СибИМЭ на 20–22 см;
- комбинированная: чередование вспашки и безотвального рыхления на 20–22 см;
- дифференцированная: в пару и после озимой ржи плоскорезная обработка культиватором Смарагд на 12–14 см, вспашка плугом Lemken на 20–22 см под вторую пшеницу, ячмень и после него дискование бороной БДТ-2,5 на 10–12 см;
- комбинированно-минимальная: чередование вспашки на 20–22 см и дискования БДТ-2,5 на 10–12 см; чередование рыхления стойками СибИМЭ на 20–22 см и дискования бороной БДТ-2,5 на 10–12 см; чередование вспашки на 20–22 см и рыхления культиватором Смарагд на 12–14 см;
- плоскорезная: ежегодно обработка культиватором Смарагд на 12–14 см;
- поверхностная: ежегодно обработка бороной БДТ-2,5 на 10–12 см.

Весной на всех фонах основной обработки проводили общепринятую предпосевную обработку и посев сеялкой СЗП-3,6. На фоне с применением удобрений вносили $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в. на 1 га севооборотной площади. Обработка гербицидами проходила общим фоном. В исследованиях использованы общепринятые методики.^{1–3}

По метеорологическим условиям вегетационного периода годы исследований были благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур. Обеспеченность теплом по сумме эффективных температур выше 5 °С отмечена близкой к среднемуголетнему показателю – 97–107%, обеспеченность осадками за май – август 115–123% к норме, гидротермический коэффициент Сеянинова (ГТК) за май – июнь – 1,38–2,06 при среднемуголетнем значении 1,17.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влажность почвы – один из наиболее важных показателей при возделывании любой культуры. При этом как недостаточное

количество влаги, так и ее избыток оказывают негативное влияние на развитие растений [7, 8].

Наблюдения за режимом влажности в годы исследований показали, что по всем системам обработки запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на протяжении всей вегетации были достаточными – 129,5–155,8 мм, т.е. на уровне 86–100% полевой влагоемкости для почвы опытного участка.

Ресурсосберегающие системы основной обработки обеспечивали также близкие варианту вспашки условия влагообеспеченности на протяжении всего периода исследований и в слое почвы 0–30 см. В связи с этим различные системы основной обработки почвы в условиях хорошей обеспеченности осадками не оказывали существенного влияния на запасы продуктивной влаги (см. рис. 1).

Накопление влаги, питательных элементов и создание благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов во многом зависят от плотности почвы [9, 10]. В наших исследованиях плотность почвы в слое 0–10 см во все сроки наблюдений соответствовала оптимальным значениям для зерновых культур (1,01–1,21 г/см³) по всем системам обработки. В пахотном слое 0–20 см она составила 1,11–1,28 г/см³, что также находилось в пределах оптимальных значений. К периоду полной спелости некоторое увеличение плотности почвы (на 0,02 г/см³) отмечено по комбинированной системе обработки на 20–22 см и поверхностной на 10–12 см. По остальным системам обработки плотность почвы оставалась в пределах оптимальных значений. В среднем за годы исследований значительных различий по плотности почвы между вариантами систем основной обработки почвы как в период посев – всходы, так и в конце вегетации не наблюдали (см. рис. 2).

Мнения исследователей по влиянию систем обработки почвы на пищевой режим

¹Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

²Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 486 с.

³Качинский Н. А. Физика почвы. М.: Высш. шк., 1970. Ч. 2. 359 с.

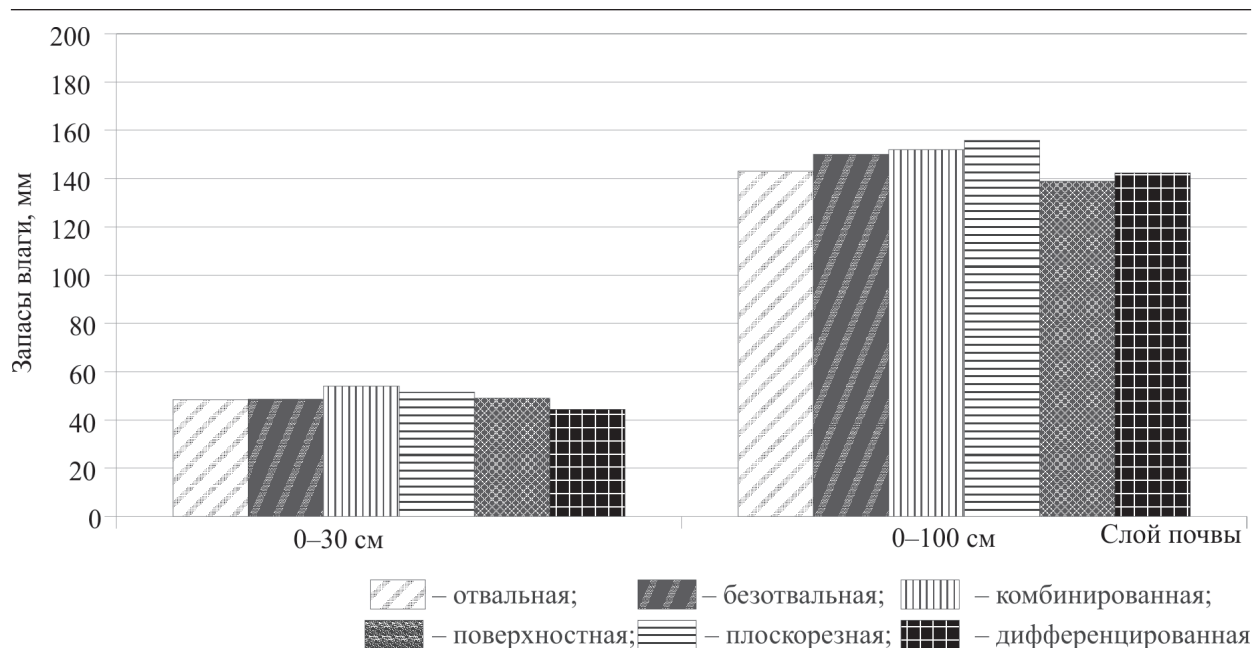


Рис. 1. Запасы продуктивной влаги в период посев – всходы в зависимости от основной обработки почвы (2017–2019 гг.)

Fig. 1. Reserves of productive moisture in the period of sowing – seedlings, depending on the basic tillage, 2017-2019.

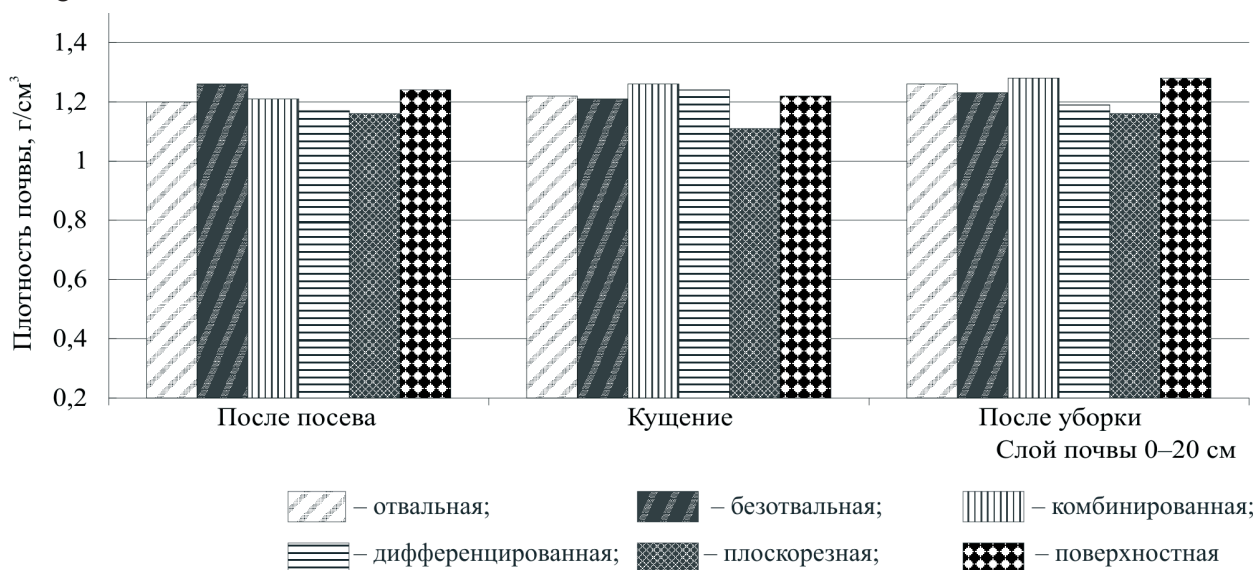


Рис. 2. Плотность почвы в зависимости от обработки почвы (2017–2019 гг.)

Fig. 2. Soil density (g/cm³) depending on soil tillage, 2017-2019.

почв в основном сходятся в том, что ресурсосберегающие обработки ухудшают азотное питание, оказывая незначительное влияние на фосфорное и калийное питание или не оказывая его вовсе [11–13]. В наших исследованиях определение содержания элементов питания показало, что на фоне в целом очень низкой обеспеченности нитратным азотом содержание его в пахотном слое

0–20 см перед посевом было наиболее высоким по отвальной системе обработки – 3,28 мг/кг почвы (см. таблицу). Снижение $N-NO_3$ на 0,40–0,80 мг/кг (12,2–24,4%) по сравнению с вариантом ежегодной вспашки происходило по глубоким безотвальной и комбинированной системам обработки (на 20–22 см). По системам обработки с мелкими рыхлениями снижение произошло на

Содержание N-NO₃, P₂O₅ в слое 0–20 см в зависимости от системы основной обработки почвы (среднее за 2017–2019 гг.)

N-NO₃, P₂O₅ content in the 0–20 cm layer, depending on the basic tillage system, average for 2017–2019

Система основной обработки	Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы		Содержание P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	
	Перед посевом	Полная спелость	Перед посевом	Полная спелость
Отвальная	3,28	2,85	18,6	18,2
Безотвальная	2,48	2,38	14,3	18,5
Комбинированная	2,88	2,09	22,5	19,4
Дифференцированная	3,02	2,40	17,6	15,6
Плоскорезная	3,19	2,91	15,1	15,0
Поверхностная	2,68	2,80	23,2	20,8
HCP ₀₅	0,39	0,46	0,37	0,33

0,09–0,60 мг/кг почвы, или 2,7–18,3%. Наиболее значительное снижение содержания нитратного азота отмечено по безотвальной системе обработки плугом со стойками Сиб-ИМЭ на 20–22 см (24,4%) и по поверхностной обработке БДТ-2,5 на 10–12 см (18,3%). К периоду уборки при общем снижении содержания N-NO₃ наблюдали выравнивание его количества по всем системам обработки.

Необходимо отметить, что выявленное в весенний период содержание N-NO₃ по всем системам обработки было в количественной градации очень низкой обеспеченности. Обработка почвы в данном случае не оказывала существенного влияния на обеспеченность растений нитратным азотом.

Обеспеченность подвижным фосфором в весенний период была средней – 14–21 мг/100 г почвы по Чирикову. В слое почвы 0–20 см она составляла 14,3–23,2 мг/100 г почвы (см. таблицу). Наиболее благоприятные условия для фосфорного питания оказались в этот период в слое почвы 0–20 см по комбинированной системе обработки – 22,5 мг/100 г почвы, а также по обработке с дискованием – 23,2 мг/100 г почвы. Содержание P₂O₅ на них было выше на 4,35–4,53 мг/100 г почвы, или 20,6–24,4%, чем по отвальной системе. Самое низкое содержание подвижного фосфора отмечено по безотвальной и плоскорезной системам обработки, по которым исключалось обрачивание верхнего слоя почвы: на 19,0–23,3%

ниже, чем в контроле. Однако при отвальной системе обработки отмечено самое высокое содержание P₂O₅ в слое почвы 20–40 см – 17,4 мг/100 г почвы, тогда как по ресурсосберегающим системам – 4,1–8,4 мг/100 г почвы, т.е. на 51,7–76,4% меньше. По отвальной системе профиль почвы 0–40 см был обеспечен подвижным фосфором более равномерно.

В период полной спелости почвы при некотором общем снижении содержания P₂O₅ в слое 0–20 см обеспеченность им продолжала оставаться на среднем уровне – 15,0–20,8 мг/100 г почвы. Как и в весенний период, наиболее благоприятные условия по его обеспеченности оказались по системе обработки с дискованием и по комбинированной системе – на 6,6–14,3% выше, чем по отвальной. По остальным системам обработки содержание P₂O₅ было близким контрольному варианту.

В среднем за 2017–2019 гг. лучшую зерновую продуктивность зернопарового севооборота без внесения удобрений обеспечила отвальная система обработки, где выход зерна с 1 га севооборотной площади составил 1,88 т/га. Ресурсосберегающие системы обработки снижали выход зерна на фоне без удобрений на 0,08–0,31 т/га, или 4,2–16,5%, в сравнении с отвальной. Наиболее близкие к контрольному варианту показатели выхода зерна (1,84 т/га) отмечены по комбинированной системе обработки.

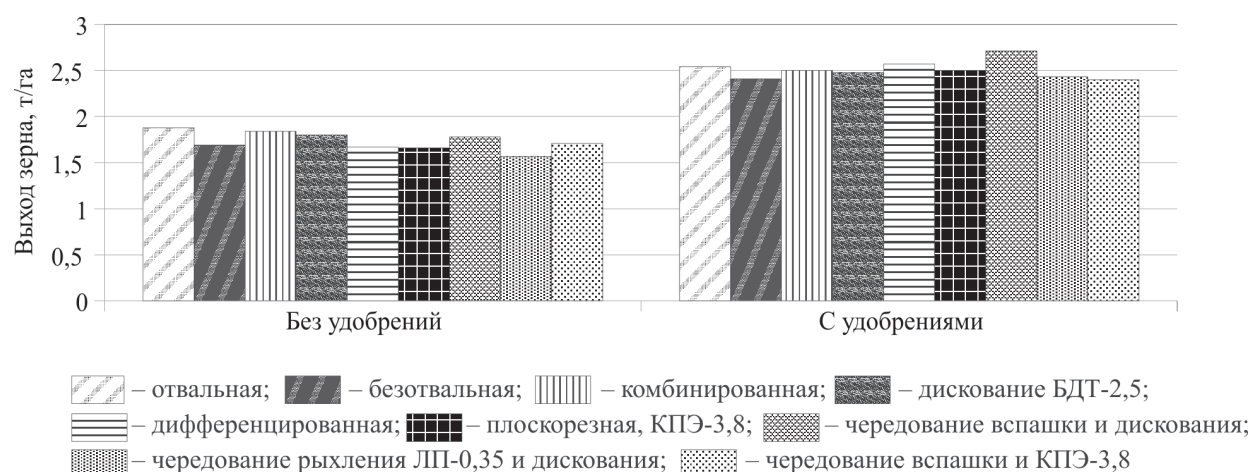


Рис. 3. Выход зерна с 1 га севооборотной площади зернопарового севооборота в зависимости от системы основной обработки почвы (среднее за 2017–2019 гг.)

Fig. 3. Grain yield from 1 ha of crop rotation area of the grain-fallow crop rotation depending on the basic tillage systems, average for 2017–2019.

На фоне применения удобрений выход зерна по ресурсосберегающим системам обработки оказался практически равным отвальной системе, разница в продуктивности в основном не превышала 5%. При этом по комбинированно-минимальной системе обработки с чередованием вспашки и дискования, по плоскорезной системе выход зерна был на 0,03–0,17 т/га выше, чем по отвальной системе (см. рис. 3).

ВЫВОДЫ

1. Различные системы основной обработки тяжелосуглинистой темно-серой лесной почвы в период исследований с благоприятными условиями увлажнения осадками при обеспеченности теплом, близкой к среднегодовому показателю, не оказывали существенного влияния на агрофизические свойства почвы, обеспечивая накопление хороших запасов влаги метрового слоя (129,5–155,8 мм) и формирование сложения пахотного слоя, близкого к оптимальному для зерновых культур (1,11–1,28 г/см³).

2. Обработка почвы при очень низком содержании нитратного азота (2,91–3,28 мг/кг в пахотном слое) не оказывала существенного влияния на обеспеченность им почвы. При средней обеспеченности подвижным фосфором наиболее благоприятные условия для

фосфорного питания в слое 0–20 см складывались в весенний период и период полной спелости по комбинированной и поверхностной системам обработки почвы. Содержание P_2O_5 по ним было выше, чем по отвальной, весной на 20,6–24,4%, осенью на 6,6–14,3%. Безотвальная и плоскорезная системы обработки снижали содержание P_2O_5 в сравнении с отвальной на 19,0–23,3%.

3. Наиболее стабильные положительные результаты по выходу зерна с 1 га севооборотной площади на фоне без удобрений получены по отвальной системе обработки (1,88 т/га) и по комбинированной (1,84 т/га). На фоне применения удобрений выход зерна по ресурсосберегающим системам обработки был практически равным отвальной системе. Разница в продуктивности в основном не превышала 5%. При этом по комбинированно-минимальной системе обработки с чередованием вспашки и дискования, а также по плоскорезной системе выход зерна был на 0,03–0,17 т/га выше, чем по отвальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гармашев В.М., Турусов В.И., Гаврилова С.А. Изменение свойств чернозема обыкновенного при различных способах основной обработки // Земледелие. 2014. № 6. С. 17–19.

2. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур // *Земледелие*. 2016. № 6. С. 16–19.
3. Кураченко Н.Л., Колесников А.С. Влияние обработки почвы на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность яровой пшеницы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2018. Т. 48. № 1. С. 44–50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
4. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Влияние технологии No-till на содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2016. № 3. С. 17–19.
5. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // *Земледелие*. 2013. № 7. С. 3–6.
6. Перфильев Н.В. Научные основы оптимизации системы обработки темно-серой лесной почвы в Северном Зауралье: монография. Тюмень: Издательство НИИСХ Северного Зауралья 2014. 308 с.
7. Камбулов С.И., Рыков В.Б., Трубилин Е.И., Демина Е.Б., Колесник В.В. Влияние технологии обработки почвы на влагообеспеченность обрабатываемого слоя // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. № 135. С. 50–57.
8. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Влияние основной обработки на водный режим темно-серой лесной почвы в Северном Зауралье // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2013. №3. С. 33–40.
9. Постников П.А., Попова В.В., Васина О.В. Плотность серой лесной почвы в зависимости от способов основной обработки // *Владимирский земледелец*. 2017. № 4 (82). С. 8–10.
10. Конищев А.А., Гарифуллин И.И., Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Исследование взаимодействия «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур // *Агрофизика*. 2017. № 4. С. 16–24.
11. Тагиров М.Ш., Шарипова Г.Ф. Изменение агрохимических характеристик серых лесных почв под влиянием различных факторов // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2014. № 1 (31). С. 153–156.
12. Шарков И.Н. Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы // *Земледелие*. 2009. № 3. С. 24–28.
13. Шевченко Н.В. Изменение элементов плодородия чернозема типичного в зависимости от способов основной обработки почвы // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 5. С. 57–59.
14. Данилов А.Н., Летучий А.В., Шагиев Б.З. Влияние удобрений и обработки почвы на элементы ее плодородия и урожайность яровой пшеницы на черноземах Поволжья // *Нива Поволжья*. 2015. № 3 (36). С. 46–53.

REFERENCES

1. Garmashev V.M., Turusov V.I., Gavrilova S.A. Izmenenie svoystv chernozema obyknovennogo pri razlichnykh sposobakh osnovnoi obrabotki [Change of properties of ordinary chernozem at various ways of the basic processing]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2014, no. 6, pp. 17–19. (In Russian).
2. Pykhtin I.G., Gostev A.V., Nitchenko L.B., Plotnikov V.A. Teoreticheskie osnovy effektivnogo primeneniya sovremennykh resursosberegayushchikh tekhnologii vozdelvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [The theoretical basis for the effective use of modern resource-saving technologies for the cultivation of crops]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2016, no. 6, pp. 16–19. (In Russian).
3. Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S. Vliyanie obrabotki pochvy na agrofizicheskoe sostoyanie chernozema i produktivnost' yarovoi pshenitsy [Influence of soil processing on chernozem agrophysical state and spring wheat productivity]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 1, pp. 44–50. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6
4. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G. Vliyanie tekhnologii No-till na sodержanie pitatel'nykh elementov v chernozeme vyshchelochennom lesostepi Zapadnoi Sibiri [Influence of No-till technology on the content of nutrients in leached chernozem of forest-steppe of the Western Siberia]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2016, no. 3, pp. 17–19. (In Russian).
5. Kiryushin V.I. Problema minimizatsii obrabotki pochvy: perspektivy razvitiya i zadachi ispol'zovaniya [The problem of minimization of soil cultivation: prospects and challenges in research]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2013, no. 7, pp. 3–6.

6. Perfil'ev N.V. *Nauchnye osnovy optimizatsii sistemy obrabotki temno-seroi lesnoi pochvy v Severnom Zaural'e* [Scientific basis for optimizing the processing system of dark gray forest soil in the Northern Trans-Urals]. Tyumen': Izdatel'stvo NIISKH Severnogo Zaural'ya [Tyumen: Publishing House of Research Institute of Agriculture of Northern Trans-Urals], 2014. 308 p. (In Russian).
7. Kambulov S.I., Rykov V.B., Trubilin E.I., Demina E.B., Kolesnik V.V. Vliyanie tekhnologii obrabotki pochvy na vlagoobespechennost' obrabatyvaemogo [Influence of the technology of tillage on the moisture of the processed layer]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2018, no. 135, pp. 50–57. (In Russian).
8. Perfil'ev N.V., Vyushina O.A. Vliyanie osnovnoi obrabotki na vodnyi rezhim temno-seroi lesnoi pochvy v Severnom Zaural'e [Effect of basic cultivation on water regime of dark grey forest soil in Northern Trans-Ural Region]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2013, no. 3, pp. 33–40. (In Russian).
9. Postnikov P.A., Popova V.V., Vasina O.V. Plotnost' seroi lesnoi pochvy v zavisimosti ot sposobov osnovnoi obrabotki [Density of grey forest soil depending on the basic tillage methods]. *Vladimirskii zemledelets* [Vladimir Agricolist Journal], 2017, no. 4 (82), pp. 8–10. (In Russian).
10. Konishchev A.A., Garifullin I.I., Perfil'ev N.V., Vyushina O.A. Issledovanie vzaimodeistviya «optimal'noi plotnosti» pochvy s urozhainost'yu zernovykh kul'tur [The interaction of soil “optimum density” with grain productivity]. *Agrofizika* [Agrophysics], 2017, no. 4, pp. 16–24. (In Russian).
11. Tagirov M.Sh., Sharipova G.F. Izmenenie agrokhimicheskikh kharakteristik serykh lesnykh pochv pod vliyaniem razlichnykh faktorov [Change of gray forest soil agrochemical characteristics under the influence of various factors]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Kazan State Agrarian University], 2014, no. 1 (31), pp. 153–156. (In Russian).
12. Sharkov I.N. Minimizatsiya obrabotki i ee vliyanie na plodorodie pochvy [Minimization of soil cultivation and its influence on fertility]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2009, no. 3, pp. 24–28. (In Russian).
13. Shevchenko N.V. Izmenenie elementov plodorodiya chernozema tipichnogo v zavisimosti ot sposobov osnovnoi obrabotki pochvy [Change in fertility elements of typical chernozem, depending on the methods of basic tillage]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], 2015, no. 5, pp. 57–59. (In Russian).
14. Danilov A.N., Letuchii A.V., Shagiev B.Z. Vliyanie udobrenii i obrabotki pochvy na elementy ee plodorodiya i urozhainost' yarovoi pshenitsy na chernozemakh Povolzh'ya [The influence of fertilizers application and tillage on the elements of soil fertility and yield productivity of spring wheat on black soils of Volga area]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], 2015, no. 3 (36), pp. 46–53. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Перфильев Н.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 625501 г. Тюмень, пос. Московский, ул. Бурлаки, 2; e-mail: natalya_sharapov@bk.ru

Вьюшина О.А., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Perfilyev N.V.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 2, Burlaki street, Moskovskiy, Tyumen, 625501, Russia; e-mail: natalya_sharapov@bk.ru

Vyushina O.A., Researcher

Дата поступления в печать 20.11.2019
Received by the editors 20.11.2019

ВЛИЯНИЕ УГЛУБЛЕНИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ ПРИ ПОСЕВЕ РАЗЛИЧНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А.

Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства
г. Благовещенск, Россия

Для цитирования: Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А. Влияние углубления почвы на урожайность сои при посеве различными агрегатами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 13–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-2.

For citation: Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaytekovich Yu.A. Vliyanie uglubleniya pochvy na urozhainost' soi pri poseve razlichnymi agregatami [The effect of soil deepening on soybean yield by using various sowing machines]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 13–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-2.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Исследовано влияние агротехнических приемов и почвенно-климатических условий на выращивание сои в южных районах Амурской области. Схемы двухфакторных полевых опытов по изучению эффективности углубления пахотного слоя почвы при возделывании культуры в 2014–2016 гг. включали следующие варианты. Фактор А – обработка почвы: осенняя – дискование или культивация, весенняя – дискование или культивация, летняя – междурядная культивация с шелеванием и без него. Варианты имели разное сочетание, за контроль принята обработка почвы дискатором осенью и весной. Фактор Б – посев СЗ-5,4 и СП-3,6 Л с междурядьем (варианты) – 15, 45 и 60 см при различных обработках почвы. В 2017–2018 гг. проведены опыты по следующим схемам. Фактор А – обработка почвы: осенняя (глубина обработки на 0,12 м, БДМ-8) и весенняя (перед посевом на 0,10 м, Case Tiger Mate 225 – контроль); осенняя (глубина обработки 0,28 м, Lemken Karat 9/400) и весенняя (перед посевом на 0,10 м, Case Tiger Mate 225). Фактор Б – посевной агрегат: Amazon DMC 9000 (контроль), Amazon DMC 1200, Case Pro Disk 500 AFS, John Deer 1890, Lemken Solitair 12, Horsch Pronto 9 DC, Томь 12, СП-3,6 Л. Глубокая осенняя культивация по сравнению с дискованием обеспечивает более благоприятный водно-воздушный режим для растений и повышение урожайности сои. Посевные агрегаты Case Pro Disk 500 AFS, John

THE EFFECT OF SOIL DEEPENING ON SOYBEAN YIELD BY USING VARIOUS SOWING MACHINES

Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaytekovich Yu.A.

Far Eastern Research Institute of Agricultural Mechanization and Electrification
Blagoveshchensk, Russia

The influence of agricultural methods and soil and climatic conditions on soybean cultivation in the southern regions of the Amur Region was researched. Schemes of two-factor experiments to study the effectiveness of deepening the arable layer of soil during crop cultivation in 2014–2016 included the following options. Factor A – tillage: autumn – disk plowing or cultivation; spring – disk plowing or cultivation; summer – inter-row cultivation with or without para-plowing. The options were combined in different ways, whereby the option of soil tillage with a disc harrow in autumn and spring was taken as control. Factor B: sowing with seeders SZ-5.4 and SP-3.6 L with row spacing (options – 15, 45 and 60 cm) with various tillage systems. In 2017–2018 experiments were carried out according to the following schemes. Factor A – tillage: in autumn tillage depth at 0.12 m with a disc harrower PM-8; in spring, before sowing – at 0.10 m (cultivator Case Tiger Mate 225 – control); autumn – tillage depth at 0.28 m (cultivator Lemken Karat 9/400); spring, before sowing – at 0.10 m (Case Tiger Mate 225). Factor B – seeding units included Amazon DMC 9000 (control); Amazon DMC 1200, Case Pro Disk 500 AFS, John Deer 1890, Lemken Solitair 12, Horsch Pronto 9 DC, Tom' 12, SP-3.6 L. Deep autumn cultivation, in contrast with disk plowing, ensures a more favorable water-air regime for plants and an increase in soybean yield. Seeding units Case Pro Disk 500 AFS, John Deer 1890, Amazon DMC 9000 and SP-3.6 L used in combination with Lemken Karat 9/400 + Case

Deer 1890, Amazon DMC 9000 и СП-3,6 Л на фоне углубления пахотного слоя агрегатом Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 обеспечивают прибавку урожайности сои 25,0–38,3% по сравнению с обработкой почвы дисками. Рекомендовано применение широкозахватных посевных агрегатов при возделывании сои в крупных и средних хозяйствах на полях с выровненным рельефом по высокоинтенсивной технологии. Сеелку СП-3,6 Л (с лаповым сошником) целесообразно использовать для органического растениеводства в мелких сельскохозяйственных предприятиях.

Ключевые слова: углубление, посев, агрегат, урожайность, соя

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для возделывания сои на полях Приамурья редко проводят глубокие обработки почвы, часто ограничиваются дискованием или культивацией. Углубление пахотного слоя способствует проникновению корней культурных растений в нижние слои почвы, более эффективному использованию влаги и элементов питания из корнеобитаемого слоя. В глубоком пахотном слое больше накапливается влаги, равномерно распределяется органическое вещество, активизируется деятельность почвенных микроорганизмов. Растения полнее используют атмосферную влагу и лучше противостоят весенне-летним засухам [1]. Подрезание корней сорняков (активная корневая система осота и вьюнка достигает глубины 30–60 см) на большой глубине способствует их гибели. При глубокой обработке на 60–70% снижается засоренность посевов, ускоряется гибель личинок мух, спор грибов и других возбудителей болезней, улучшается фитосанитарное состояние почвы [2].

Углубление пахотного слоя положительно в экологическом аспекте. Благодаря глубокому рыхлению разрушается плужная подошва, уменьшается сток воды и питательных веществ, особенно на склоновых землях. Оно позволяет предотвратить эрозионные процессы, чрезмерное переувлажнение во вто-

Tiger Mate 255 machines for deepening the arable layer provided an increase in soybean yield by 25.0–38.3% compared to soil tillage with discs. It is recommended to use wide-span seeding units for soybean cultivation in large and medium-sized farms in fields with subdued relief in accordance with high-intensity technology. It is advisable to use SP-3.6 L seeder with a seed shoe for organic crop production in small-scale agricultural enterprises.

Keywords: deepening, sowing, seeding unit, yield, soybean

рой половине лета и переуплотнение от работы тяжелых тракторов, почвообрабатывающих орудий и транспортных средств [3].

На глубокие обработки почвы хорошо отзываются растения с мощной стержнекорневой системой – пропашные и бобовые культуры. Они требуют хорошей аэрации почвы – кислорода не менее 15%, углекислого газа не более 1%. У бобовых культур интенсивнее формируются клубеньки и активизируется азотфиксация на 9–10%, повышается урожайность¹. Создание хорошо окультуренного пахотного слоя почвы – одна из актуальных задач земледелия. Амурским аграриям не всегда удается с осени тщательно подготовить почву, это связано с преобладанием сои в структуре посевных площадей (более 70%), погодными, организационно-хозяйственными и другими условиями.

Посев семян – одна из важных операций в технологии возделывания, обеспечивающая получение высококачественной запланированной урожайности сельскохозяйственных культур. Почва, в которую будут посеяны семена, должна быть заблаговременно тщательно подготовлена и соответствовать требованиям возделывания культуры.

Наибольшую урожайность можно получить при создании оптимальной площади питания растений [4]. Для этого необходимо установить оптимальный способ и норму

¹Тильба В.А., Синеговская В.Т., Фоменко Н.Д. и др. Технология возделывания сои в Амурской области: методические рекомендации. Благовещенск: Типография, непосредственно подчиненная УВД Амурской области, 2009. 72 с.

высева семян, глубину их заделки и выбрать лучший срок посева. Качественное проведение посева могут обеспечить современные посевные комплексы, однако их сравнительные испытания в условиях Амурской области ранее не проводили.

Цель исследований – определить влияние углубления пахотного слоя почвы при посеве различными агрегатами на урожайность сои в климатических условиях Приамурья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2014–2018 гг. в Тамбовском районе Амурской области на опытном поле ФГБНУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (ДальНИИМЭСХ). Рельеф участка ровный, микрорельеф слабо выражен. Почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая. Мощность пахотного слоя до 25 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте от 2,5 до 3,4%. Содержание аммонийного азота 19–28 мг/кг почвы, нитратного – 30–56 мг/кг почвы, подвижного фосфора 46–49 мг/кг почвы, обменного калия 130–190 мг/кг почвы. Пористость почвы 43,8%. Реакция почвенного раствора pH_{KCl} 4,8–5,9.

В табл. 1 указано, что погодные условия в летнее время проведения эксперимента по температурным показателям превышали многолетние данные на 0,3–0,7 °C, по сумме осадков превышали на 5–137 мм.

В 2014–2016 гг. заложен опыт по изучению влияния видов и сроков обработки почвы на урожайность сои при посеве с различными междурядьями. Схема двухфак-

торного опыта представлена следующими вариантами.

Фактор А – обработка почвы: осенняя – дискование (Д, стандарт) или культивация (К), весенняя – дискование (Д) или культивация, летняя – междурядная культивация с шелеванием (К+Ш) и без него, варианты имели разное сочетание (см. табл. 2). За контроль (стандарт) принят вариант обработки почвы дискатором осенью и весной. Обработку почвы осенью и весной дискатором практикуют в крупных, средних и мелких сельскохозяйственных предприятиях области.

Фактор Б – посевной агрегат СЗ-5,4 и СП-3,6 Л с междурядьем (варианты) – 15, 45 и 60 см при различных обработках почвы. За контроль принят сплошной посев с междурядьем 15 см. Посев сои с междурядьем 15 см применяют почти во всех хозяйствах области. Площадь посевной делянки 270 м², учетной – 180 м², размещение делянок систематическое, повторность трехкратная.

В 2017–2018 гг. проводили двухфакторный опыт, включающий два вида осенней обработки почвы, при каждом виде обработки почвы работало семь посевных агрегатов. Схема двухфакторного опыта представлена следующими вариантами. Фактор А – обработка почвы: 1) осенью – глубина обработки на 0,12 м дискатором БДМ-8, весной – перед посевом на 0,10 м культиватором Case Tiger Mate 225 (контроль, стандарт); 2) осенью – глубина обработки 0,28 м культиватором Lemken Karat 9/400, весной – перед посевом на 0,10 м культиватором Case Tiger Mate 225. Фактор Б – посевной агрегат: Amazon DMC 9000 (кон-

Табл. 1. Погодные условия летнего периода вегетации сои

Table 1. Weather conditions of the summer growing season of soybeans

Месяц	Температура воздуха, °C (данные ГМС г. Благовещенска)			Осадки, мм (данные ГМС с. Садовое)		
	2017 г.	2018 г.	средняя многолетняя	2017 г.	2018 г.	средняя многолетняя
Июнь	19,0	17,9	18,8	77	188	85
Июль	22,5	22,3	21,5	68	182	106
Август	19,9	20,1	19,2	154	61	103
За лето	20,5	20,1	19,8	299	431	294

троль, стандарт), Amazon DMC 1200, Case Pro Disk 500 AFS, John Deer 1890, Lemken Solitair 12, Horsch Pronto 9 DC, Томь 12, СП-3,6 Л.

Площадь посевной делянки 3600 м², учетной – 900 м², размещение делянок систематическое, повторность трехкратная.

В опытах предшественником служила пшеница яровая. Сеяли сорт сои Лазурная. Срок посева 20 мая (2017 г.) и 23 мая (2018 г.). Способ посева рядовой. Норма высева 800 тыс. шт./га. Глубина заделки семян 5 см. После посева проводили прикатывание, уход включал боронование до всходов и по всходам сои, обработку гербицидами. Боронование посевов сои проводили легкими боронами БПРЗ-1,2 конструкции ДальНИИМЭСХ [5]. После посева обработали гербицидом Бегин, КЭ (960 г С-Метолахлора/л, химический класс Амиды, Хлорацетамиды) 1,6 л/га. Затем, по вегетации, применяли Базагран, ВР (480 г бентазона/л, химический класс Бензотиадиазоны) 2,0 л/га + Зодиак, ВР (40 г имазамокса/л, химический класс Имидазолиноны) 0,8 л/га + ГалактАлт, КЭ (104 г галоксифоп-Р-метила/л, химический класс Арилоксиалкан карбоновые кислоты) 0,2 л/га [6]. В широкорядных посевах проводили междурядную культивацию с щелеванием долотом и без него. Уборку и учет урожая осуществляли комбайном John Deer 3316.

В опытах проводили следующие сопутствующие наблюдения: фенологические наблюдения – определяли фазы роста и развития сои (начало – у 10% растений, массовое прохождение – более чем у 50%, окончание – не менее чем у 80%), определяли влажность, твердость и плотность почвы по общепринятым методикам². Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову³. Плюс/минус в таблицах означает среднее и среднеквадратичное отклонение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшую урожайность сои (в среднем за три года) получили при обработке почвы осенью и весной тяжелыми культиваторами, также перед проведением сплошного рядового посева с междурядьем 15 см дисками.

Урожайность достоверно (на 0,1–0,27 т/га) превосходила вариант опыта с обработкой почвы дискатором. При посеве с междурядьем 45 см между вариантами обработки почвы наблюдали закономерную прибавку урожайности культуры, но их различия не существенны – 0,01–0,04 т/га. Глубокая осенняя культивация обеспечивает более благоприятный водно-воздушный режим для растений, в конечном итоге и более высокую урожайность по сравнению с дискованием.

Проведенными исследованиями в ДальНИИМЭСХ доказано преимущество полосного посева сеялкой СП-3,6 Л перед сплошным рядовым (15 см) и широкорядным (45 см) способами посева сеялкой СЗ-5,4⁴. По фактору Б (способ посева) получены достоверные прибавки урожайности сои 0,64–1,85 т/га (см. табл. 2).

Углубление почвы долотом одновременно с междурядной обработкой в широкорядных, а также в полосных посевах обеспечивает прибавку урожайности, но не существенную (0,07–0,18 т/га). В совокупности изучаемые факторы АБ показали преимущество осеннего и весеннего дискования при полосном посеве и последующей культивации междурядий с щелеванием по сравнению со сплошным посевом (прибавка урожайности сои 33,7%).

В 2017–2018 гг. на поле, типичном для южных районов Приамурья, проводили сравнительное испытание посевных агрегатов на фоне различных обработок почвы. Осенью поле делили пополам, на первой половине проводили углубление па-

²Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Захарченко А.В., Сафонов А.Ф. Земледелие: практикум. М.: ИНФРА-М, 2013. 424 с.

³Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

⁴Цыбань А.А., Орехов Г.И. Разработка почвообрабатывающей посевной комбинированной машины для технологий возделывания сои в условиях Дальневосточного региона РФ Актуальные проблемы энергетики: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2014. С. 154–159.

Табл. 2. Влияние обработки почвы на урожайность сои при посеве с различными междурядьями
Table 2. Influence of tillage on soybean yield when sowing with different row spacing

Сеялка	Междурядье, см	Обработка почвы			Урожайность, т/га			
		осень	весна	лето	2014 г.	2015 г.	2016 г.	сред- нее
СЗ-5,4, стандарт	15, стандарт	Д, стандарт	Д, стандарт	Нет	0,77	0,85	1,07	0,89
		К	К	Нет	0,85	0,97	1,22	0,95
		К	К+Д	Нет	0,87	1,11	1,34	1,11
		Д	К	К	0,90	1,03	1,48	1,14
		Д	К	К+Щ	0,98	1,06	1,57	1,20
		К	К	К	0,95	0,90	1,53	1,13
		К	К	К+Щ	1,02	1,07	1,59	1,22
СП-3,6 Л	60	Д	Д	К	1,56	2,50	1,71	1,92
		Д	Д	К+Щ	1,64	2,70	1,89	2,08
		Д	К	К	1,56	1,66	1,68	1,63
		К	Д	К+Щ	2,51	2,29	1,83	1,88
		К	К	К	2,22	2,07	1,64	1,98
НСР ₀₅ , т/га				А–0,08; Б–0,11; АБ–0,16	А–0,20; Б–0,29; АБ–0,41	А–0,15; Б–0,21; АБ–0,29		

хотного слоя, вторую половину обрабатывали обычным способом. Весной проводили посев агрегатами согласно разработанной и утвержденной методике. Перед посевом 17 и 20 мая была проведена сплошная предпосевная обработка почвы. Культиватор Case Tiger Mate 225 рыхлил на глубину 0,05 м. Степень засоренности отмечена слабой, встречались единичные сорняки на 1 м², по всем вариантам опытов ее оценивали не более чем один балл. Она существенно не повлияла на показатели почвы и

урожайность сои. Система обработки влияет на агрофизические свойства почвы [7]. В табл. 3 указано, что после обработки агрегатом БДМ-8 + Case Tiger Mate 255 структура почвы была комковатой. После работы на поле агрегатом Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 она стала среднезернистой.

Влажность почвы в слое 0–20 см после обработки агрегатом БДМ-8 + Case Tiger Mate 255 в среднем отмечена на уровне 22,14% (от АСВ), после Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 на 0,47% боль-

Табл. 3. Влияние углубления пахотного слоя на агрофизические свойства почвы (2017–2018 гг.)
Table 3. Effect of deepening of the arable layer on agrophysical properties of soil (2017–2018)

Показатель	БДМ-8 + Case Tiger-Mate 255	LEMKEN Karat 9/400 + Case Tiger-Mate 255
Глубина обработки, см	12	28
Структура	Комковатая	Среднезернистая
Влажность почвы в слое 0–20 см, %	22,14	22,61
Среднеквадратичное отклонение, ±	4,08	3,10
Коэффициент вариации, %	18,43	13,73
Твердость почвы:		
в слое 0–10 см, МПа	0,22	0,18
10–20 см, МПа	1,2	0,8
Средняя плотность почвы в слое 0–20 см, г/см ³	0,81	0,77
Среднеквадратичное отклонение, ±	0,07	0,08
Коэффициент вариации, %	8,65	10,02

ше, что не противоречит данным других исследователей⁵ [8]. Математическая обработка полученных данных показала, что среднеквадратичное отклонение по агрегатам БДМ-8 + Case Tiger Mate 255 составило $\pm 4,08$, после Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 на $\pm 0,98$ меньше, при этом коэффициент вариации в первом варианте на 4,7% больше, чем во втором. Твердость почвы после обработки БДМ-8 + Case Tiger Mate 255 в слое 0–10 см составляла 0,22 МПа, после Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 55 на 0,04 МПа меньше. В слое почвы 10–20 см различия по этому показателю между изучаемыми агрегатами достигали 0,4 МПа. Плотность почвы в слое 0–20 см после прохода агрегата БДМ-8 + Case Tiger Mate 255 в среднем достигла 0,81 г/см³, после Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 на 0,04 г/см³ меньше. Среднеквадратичное отклонение во втором варианте опыта на $\pm 0,01$ г/см³ больше, чем в первом.

Коэффициент вариации между изучаемыми вариантами достиг 15,5%, это подтверждает существенные различия между изучаемыми вариантами и высокую достоверность полученных данных. Отклонение от глубины заделки семян сои в зависимости от посевного агрегата отмечено не более ± 1 см, что соответствовало агротехническим требованиям. Повышенная влажность и пониженная твердость, а также плотность почвы после ее обработки агрегатом Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 благоприятно сказалась на росте корневой системы и вегетативной массы, впоследствии на формировании бобов и урожайности сои, посеянной различными посевными агрегатами. Об улучшении агрофизических свойств почвы и повышении урожайности сои и других культур после углубления пахотного слоя свидетельствуют также работы и других авторов⁶ [9].

Фактическая густота стояния растений ко времени уборки урожая по вариантам отмечена в пределах 72–75 шт./м², отклоне-

ния незначительны. В связи с этим на урожайность сои, как и в первом опыте, в большей степени повлияло углубление пахотного слоя. Различия в потерях семян сои при уборке комбайном John Deere 3316 зарегистрированы в пределах 1,2%. По всем вариантам опытов существенных отклонений по этому показателю не отмечали.

Посевной агрегат Case Pro Disk 500 AFS в варианте почвоуглубления обеспечил существенную прибавку урожайности 0,68 т/га, или 37,7%; John Deere 1890 – 0,45 т/га, или 25,0%; Amazon DMC 9000 – 0,51 т/га, или 28,3%; и СП-3,6 Л – 0,69 т/га, или 38,3%. Amazon DMC 1200 показал незначительное снижение по сравнению с посевом Amazon DMC 9000, преобладающими в хозяйствах, и обработкой почвы дисками (см. табл. 4).

Обработка данных для оценки посевных агрегатов выявила достоверную существенную прибавку урожайности при посеве сои Case Pro Disk 500 AFS – 7,4% и СП-3,6 Л (лаповый) – 7,8% с предварительным углублением пахотного слоя почвы. Наиболее существенно уступают контрольному варианту агрегаты Amazon DMC 1200 и Томь 12. У остальных агрегатов прибавка незначительна или находится в пределах ошибки опыта. Стандартная ошибка по Тюки оказывает влияние на переменную, можно отвергнуть нулевую гипотезу.

Эксплуатационно-технологическая оценка показала, что при комплектации сеялки лаповыми сошниками: $W_0 = 4,4$ га/ч, $W_9 = 3,8$ га/ч. Сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей посевных машин приведен в табл. 5. Показано, что сеялка СП-3,6 Л с лаповым сошником по своим характеристикам уступает широкозахватным агрегатам, но по некоторым превосходит современные аналоги (Agrator DK 5400, СЗР-5,4, «Обь-4,0» и др.) и может использоваться для проведения полосных посевов с другими растениями [10].

⁵Немыкин С.А., Немыкин А.А., Захарова Е.Б. Способы основной обработки и агрофизические свойства почвы // Инновационные процессы и технологии в современном сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Благовещенск, 2–4 декабря 2014 г.), Благовещенск: ДальГАУ, 2014. Ч. 1. С. 96–101.

⁶Захарова Е.Б. Зависимость урожайности сои и агрофизических показателей плодородия от плотности сложения почвы // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье: сб. науч. тр. ДальГАУ. Благовещенск: ДальГАУ, 2003. Вып. 9. С. 9–14.

Табл. 4. Влияние обработки почвы и посевного агрегата на урожайность сои
Table 4. Influence of tillage and a seeding machine on soybean yield

Обработка почвы, фактор А	Посевной агрегат, фактор Б	Урожайность, т/га			Прибавка урожайности, т/га		
		2017 г.	2018 г.	средняя	Фактор А	Фактор Б	Факторы АБ
БДМ-8 + Lemken Karat 9/400 (контроль)	Amazon DMC 9000, стандарт	1,77	1,83	1,80	–	–	–
	Amazon DMC 1200	1,28	1,50	1,39	–	–0,41	–0,41
	Case Pro Disk 500 AFS	1,35	1,61	1,48	–	–0,32	–0,32
	John Deer 1890	1,75	1,99	1,87	–	+0,07	+0,07
	Lemken Solitair 12	1,48	1,66	1,57	–	–0,23	–0,23
	Horsch Pronto 9 DC	1,41	1,69	1,55	–	–0,25	–0,25
	Томь 12	1,18	1,34	1,26	–	–0,54	–0,54
	СП-3,6 Л	1,78	1,98	1,88	–	+0,08	+0,08
					+0,51	–	+0,51
Lemken Karat 9/400+ Lemken Karat 9/400	Amazon DMC 9000, стандарт	2,17	2,45	2,31	–0,03	–0,54	–0,03
	Amazon DMC 1200	1,69	1,85	1,77	+0,68	+0,17	+0,68
	Case Pro Disk 500 AFS	2,39	2,57	2,48	+0,45	–0,06	+0,45
	John Deer 1890	2,14	2,36	2,25	+0,27	–0,24	+0,27
	Lemken Solitair 12	1,99	2,15	2,07	+0,28	–0,23	+0,28
	Horsch Pronto 9 DC	1,83	2,33	2,08	+0,01	–0,50	+0,01
	Томь 12	1,67	1,95	1,81	+0,69	+0,18	+0,69
	СП-3,6 Л	2,41	2,56	2,49			

НСР₀₅, т/га – 2017 г. по факторам А–0,24; Б–0,15; АБ–0,33; в 2018 г по А–0,29; Б–0,14; АБ–0,45

Табл. 5. Техническая характеристика современных посевных агрегатов
Table 5. Technical characteristics of modern seeding machines

Наименование	Ширина захвата, м	Рабочая скорость, км/ч	Производительность, га/ч
Amazon DMC 9000, стандарт	9,0	13,3	8,7
Amazon DMC 1200	12,0	9 – 12,7	10,9 – 11,5
Case Pro Disk 500 AFS	12,0	9 – 12,7	9,3 – 11,2
John Deer 1890	12,0	13,1	10,6
Lemken Solitair 12	12,0	7 – 13	10,4
Horsch Pronto 9 DC	9,0	5 – 12	8,3
Томь 12	12,0	8 – 13	12,8
СП-3,6 Л	3,6	9 – 11	4,1 – 5,0
Agrator DK 5400	5,4	До 10	5,1
СЗР-5,4	5,4	9 – 12	4,9 – 6,5
ППМ «Обь-4,0»	4	7 – 11	2,8 – 4,4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глубокая осенняя культивация обеспечивает более благоприятный водно-воздушный режим для растений, а в конечном итоге и более высокую урожайность сои по сравнению с дискованием. Посевные агрегаты Case Pro Disk 500 AFS, John Deer 1890, Amazon DMC 9000 и СП-3,6 Л на фоне углубления пахотного слоя почвы агрегатом Lemken Karat 9/400 + Case Tiger Mate 255 обеспечивают существенную прибавку урожайности сои на 25,0–38,3% по сравнению с обработкой почвы дисками. Целесообразно использовать широкозахватные высокопроизводительные посевные агрегаты в крупных и средних хозяйствах на полях с выровненным рельефом при возделывании сои по высокоинтенсивной технологии⁷. Сеялку СП-3,6 Л с лаповым сошником рекомендуется применять в мелких сельскохозяйственных предприятиях области при ведении органического растениеводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баздырев Г.И., Лошаков В.Г., Пупонин А.И. Рассадин А.Я., Сафонов А.Ф., Туликов А.М. Земледелие: монография. М.: КолосС, 2002. 552 с.

2. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaytekhovich Yu.A. Efficiency of tank mixture of herbicides reducing weediness and increasing the productivity of soybean crops // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. С. 1451–1455. DOI: 10.35940/ijeat.a1250.109119.
3. Косинский В.С., Рубанов А.М., Ткачев В.В., Сучилина А.А. Основы земледелия и растениеводства: монография. М.: Колос, 1980. 335 с.
4. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. Растениеводство: монография. М.: Колос, 1979. 519 с.
5. Панасюк А.Н., Епифанцев В.В., Осипов Я.А., Сахаров В.А., Демко А.Н., Орехов Г.И. Основные элементы и средства механизации биологизированной технологии выращивания сои в Амурской области // Масличные культуры. 2019. Вып. 4 (180). С. 61–69.
6. Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А., Андриенко С.В. Влияние гербицидов на видовой состав сорняков и продуктивность посевов сои // Земледелие. 2020. № 1. С. 22–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10106.
7. Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелочен-

⁷Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник/под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. П.В. Тихончука. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2016. 431 с

- ного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 16–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-2.
8. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Влияние плотности почвы при различных системах основной обработки на урожайность ячменя // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 5–12.
9. Синещев В.Е., Слесарев В.Н., Ткаченко Г.И., Дудкина Е.А. Гранулометрический и микроагрегатный состав черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 1. С. 18–24.
10. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Tzyban A.A., Demko A.N. Cover Crops As Sources Of Nutrients Increasing Productivity Of Soya Sown With Wide-Space Method In The Climate Of The Amur Region, Russia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. N 10(2). P. 1470–1476.
- REFERENCES**
1. Bazdyrev G.I., Loshakov V.G., Poponin A.I. *Zemledelie* [Agriculture] Moscow, Kolos Publ., 2002, 552p. (In Russian).
2. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaitekhovich Yu.A. Efficiency of tank mixture of herbicides reducing weediness and increasing the productivity of soybean crops. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2019, vol. 9, no. 1. pp. 1451–1455. DOI: 10.35940/ijeat.a1250.109119.
3. Kosinskii V.S., Rubanov A.M., Tkachev V.V., Suchilina A.A. *Osnovy zemledeliya i rastenievodstva* [Fundamentals of agriculture and crop production], Moscow, Kolos Publ., 1980, 335 p. (In Russian).
4. Vavilov P.P., Gritsenko V.V., Kuznetsov V.S. *Rastenievodstvo* [Plant growing], Moscow, Kolos Publ., 1979, 519 p. (In Russian).
5. Panasyuk A.N., Epifantsev V.V., Osipov Ya.A., Sakharov V.A., Demko A.N., Orekhov G.I. Osnovnye elementy i sredstva mekhanizatsii biologizirovannoi tekhnologii vyrashchivaniya soi v Amurskoi oblasti. [The main elements and mechanization means of biologized technology of soybean cultivation in the Amur region]. *Maslichnye kul'tury* [Oil crops]. 2019. Vol. 4 (180). pp. 61–69. (In Russian).
6. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaitekhovich Yu.A., Andrienko S.V. Vliyanie gerbitsidov na vidovoi sostav sornyakov i produktivnost' posevov soi [Influence of herbicides on the weeds species composition and productivity of soybean crops]. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2020, no. 1, pp. 22–26. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10106. (In Russian).
7. Pakul' A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul' V.N. Vliyanie razlichnykh sistem obrabotki pochvy na agrofizicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo. [Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 16–23. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-2.
8. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A. Vliyanie plotnosti pochvy pri razlichnykh sistemakh osnovnoi obrabotki na urozhainost' yachmenya [Effect of soil density under different tillage systems on barley productivity]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, vol. 1, pp. 5–12. (In Russian).
9. Sineshchikov V.E., Slesarev V.N., Tkachenko G.I., Dudkina E.A. Granulometricheskii i mikroagregatnyi sostav chernozemov vyshchelochennykh pri minimizatsii osnovnoi obrabotki [Granulometric and microaggregate composition of leached chernozems at reduced tillage]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, vol. 47, no. 1, pp. 18–24. (In Russian).
10. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Tzyban A.A., Demko A.N. Cover Crops As Sources Of Nutrients Increasing Productivity Of Soya Sown With Wide-Space Method In The Climate Of The Amur Region, Russia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2019, no. 10 (2), pp. 1470–1476.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Епифанцев В.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 675028, г. Благовещенск, ул. Василенко, 5; e-mail: dalniimesh@gmail.com

Панасюк А.Н., доктор технических наук, директор института

Осипов Я.А., кандидат технических наук, заведующий лабораторией

Вайтехович Ю.А., аспирант, младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Epifantsev V.V.**, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 5, Vasilenko St, Blagoveshchensk, 5675028, Russia; e-mail: dalniimesh@gmail.com

Panasyuk A.N., Doctor of Science in Engineering, Director of the Institute

Osipov Ya.A., Candidate of Science in Engineering, Laboratory Head

Vaytekovich Yu.A., Postgraduate, Junior Researcher

*Дата поступления статьи 19.12.2019
Received by the editors 19.12.2019*



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-3

УДК: 633.16: 631.52

СОДЕРЖАНИЕ ЦЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В КОНТРАСТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

¹Сумина А.В., ^{2,3}Полонский В.И.

¹Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова

г. Абакан, Республика Хакасия, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет

г. Красноярск, Россия

³Сибирский федеральный университет

г. Красноярск, Россия

Для цитирования: Сумина А.В., Полонский В.И. Содержание ценных веществ в зерне ячменя, выращенного в контрастных климатических условиях // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 1. С. 23–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-3.

For citation: Sumina A.V., Polonskiy V.I. Soderzhanie tsennykh veshchestv v zerne yachmenya, vyrashchennogo v kontrastnykh klimaticheskikh usloviyakh [Content of valuable substances in barley grain grown under contrast climate conditions]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 23–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-3.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучено влияние абиотических факторов и генотипа на формирование качества урожая ячменя. Исследования (2019 г.) проведены в различных агроклиматических условиях на двух государственных сортоиспытательных участках. Первый расположен в степной зоне предгорий на обыкновенных и южных черноземах Республики Хакасия, второй – в лесостепной почвенно-климатической зоне Республики Тува. В период эксперимента отмечена более контрастная разность суточного хода температуры в условиях Тувы. В качестве объекта исследования использовали следующие сорта ярового пленчатого ячменя сибирской селекции: Уватский, Красноярский 91, Емеля (многорядные), Ача, Биом, Танай, Буян, Такмак, Абалак, Оленек (двурядные). Продукционные характеристики сортов (масса 1000 зерен, урожайность), содержание белка, сахаров, жира и клетчатки в зерне определяли по стандартным ме-

CONTENT OF VALUABLE SUBSTANCES IN BARLEY GRAIN GROWN UNDER CONTRAST CLIMATE CONDITIONS

¹Sumina A.V., ^{2,3}Polonskiy V.I.

¹Katanov Khakass State University

Abakan, Republic of Khakassia, Russia

²Krasnoyarsk State Agrarian University

Krasnoyarsk, Russia

³Siberian Federal University

Krasnoyarsk, Russia

The influence of abiotic factors and genotype on the quality of barley yield was studied. The research was conducted in various agroclimatic conditions at two state variety-testing sites in 2019. The first is located in the steppe zone of foothills on the ordinary and southern chernozems of the Republic of Khakassia, the second – in the forest-steppe soil-climate zone of the Republic of Tuva. During the experiment, a more contrasting difference in the daily temperature range in the conditions of Tuva was noted. The following varieties of spring chaffy barley of Siberian breeding were used as an object of the study: Uvatsky, Krasnoyarsky 91, Emelya (multi-rowed), Acha, Biom, Tanay, Buyan, Takmak, Abalak, Olenek (two-rowed). Production characteristics of the varieties (weight of 1000 grains, yield), the content of protein, sugars, fat and fiber in grain were determined by using standard methods. More stringent conditions for growing plants in the Republic of Tuva, compared to the Repub-

тодикам. Менее благоприятные климатические условия для выращивания растений в Тыве, по сравнению с Хакассией, обусловили уменьшение на 20% величины массы 1000 зерен и урожайности, снижение на 47% содержания белка в зерне и увеличение накопления в нем жиров и клетчатки (на 24 и 48% соответственно). При выращивании ячменя в условиях Тувы отмечены менее значительные межсортные различия в продукционных характеристиках культуры и в содержании ценных веществ в зерне (кроме белка). Определены сорта ячменя с высоким содержанием ценных веществ в зерне для возделывания на территории Республики Тыва в контрастных климатических условиях. Рекомендованы сорт Красноярский 91 (не отмечено снижения массы 1000 зерен и уровня продуктивности) и сорт Биом (наименьшее снижение содержания белка, наибольшее возрастание содержания жира и сахаров в зерне).

Ключевые слова: ячмень, белок, жир, сахара, клетчатка, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

К важнейшим возделываемым в мире зерновым культурам относится ячмень, по валовому сбору он находится на пятом месте после пшеницы, кукурузы, риса, сорго. Зерно ячменя используется при производстве крупяных изделий, в сельском хозяйстве в качестве корма для животных, так же как сырье для получения солода в пивоваренной промышленности. В последнее время в ряде стран резко возрос интерес к функциональному питанию, особенно это касается включения в диету ряда продуктов из ячменя, из-за присутствия в них растворимых пищевых волокон, антиоксидантов, ненасыщенных жиров [1]. Как известно, на содержание ценных химических веществ в зерне ячменя основное влияние оказывают условия его выращивания и генетически контролируемые факторы [2].

В настоящее время по ячменю, выращиваемому в условиях Сибири, в основном опубликованы результаты исследования его продуктивности и основных технологических свойств зерна. Это относится к центральной лесостепи Красноярского края [3], Западной Сибири [4] и отчасти Хакасии [5, 6]. Что касается лесостепной зоны Республики Тыва, то для этой террито-

рии в отношении ярового ячменя практически представлены лишь данные об урожайности [7–9].

Следует подчеркнуть, что в Сибири выполнено недостаточно научных исследований, посвященных определению содержания ценных биологических веществ в зерновых культурах, в частности ячмене [1, 10]. Особенно это относится к республикам Хакасия и Тыва. Для последней такие данные в литературе практически отсутствуют.

Keywords: barley, protein, fat, sugars, fiber, yield

рии в отношении ярового ячменя практически представлены лишь данные об урожайности [7–9].

Следует подчеркнуть, что в Сибири выполнено недостаточно научных исследований, посвященных определению содержания ценных биологических веществ в зерновых культурах, в частности ячмене [1, 10]. Особенно это относится к республикам Хакасия и Тыва. Для последней такие данные в литературе практически отсутствуют.

Цель исследования – проанализировать генотип-средовое влияние на содержание белка, жира, сахаров и клетчатки в зерне различных сортов ячменя, выращенных в контрастных климатических условиях республик Хакасия и Тыва.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования использовали следующие 10 сортов ярового пленчатого ячменя (*Hordeum vulgare* L.): Уватский, Красноярский 91, Емеля (много-рядные), Ача, Биом, Танай, Буян, Такмак, Абалак, Оленек (двурядные). Ячмень выращивали в течение 2019 г. по паровому предшественнику на территории Бейского (Республика Хакасия) и Пий-Хемского (Республи-

ка Тыва) государственных сортоиспытательных участков (ГСУ), резко различающихся по агроклиматическим условиям. Первый из них расположен в степной зоне предгорий на обыкновенных и южных черноземах Республики Хакасия, второй находится в лесостепной почвенно-климатической зоне Республики Тыва. При этом, согласно Метеорологического отчета ГСУ, существенные колебания температуры отмечают на территории последней, где годовые показатели составляют 70–80 °С, суточные – от 20 до 30 °С.

Содержание белка в образцах определяли согласно ГОСТу¹. Сущность метода заключается в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, в последующем его разрушении щелочью с выделением аммиака, отгонке последнего водяным паром в раствор серной или борной кислоты и в его титровании.

Измерение содержания клетчатки в зерне проведено также по ГОСТу². Метод основан на последовательной обработке навески зерна растворами кислоты и щелочи, озоления и количественном определении органического остатка весовым методом. Содержание сырой клетчатки выражали в виде массовой доли в процентах на сухое вещество.

Содержание жира в образцах определяли по ГОСТу³. Сущность метода заключа-

ется в экстракции сырого жира из продукта растворителем, последующем удалении растворителя, высушивании и взвешивании извлеченного жира. В качестве растворителя использовали диэтиловый эфир. Содержание жира рассчитывали в процентах на сухую массу.

Содержание сахаров в зерне находили по ГОСТу⁴, выражая их как массовую долю в процентах на сухое вещество.

Все лабораторные исследования зерна проведены в Государственной станции агрохимической службы «Хакасская» (г. Абакан), в трехкратной повторности. Семенной материал предоставлен сотрудниками указанных выше ГСУ.

Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программы Microsoft Excel 2003.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные о распределении сумм активных температур в течение вегетационного периода 2019 г. на территориях Бейского и Пий-Хемского ГСУ приведены на рисунке. Значение этого показателя в течение трех месяцев (с июня по август) в Тыве было гораздо ниже, чем в Хакасии.

В табл. 1 представлена информация о показателях суточной (дневной и ночной) температуры по месяцам вегетационного пе-

Табл. 1. Значения суточной температуры по месяцам в 2019 г. в двух географических пунктах выращивания ячменя

Table 1. The values of the daily temperature by months in 2019 in two geographical locations of barley cultivation

Пункт выращивания	Показатель суточной температуры	Среднесуточная температура по месяцам			
		май	июнь	июль	август
ГСУ, Хакасия	Максимальная	15,9 ± 1,2	22,5 ± 0,7	23,2 ± 0,7	23,5 ± 0,7
	Минимальная	2,0 ± 0,9	9,5 ± 0,5	12,6 ± 0,4	11,5 ± 0,5*
ГСУ, Тыва	Максимальная	16,4 ± 1,1	23,2 ± 0,9	23,4 ± 0,7	23,9 ± 0,8
	Минимальная	0,8 ± 1,1	8,4 ± 0,6	11,7 ± 0,3	9,8 ± 0,5*

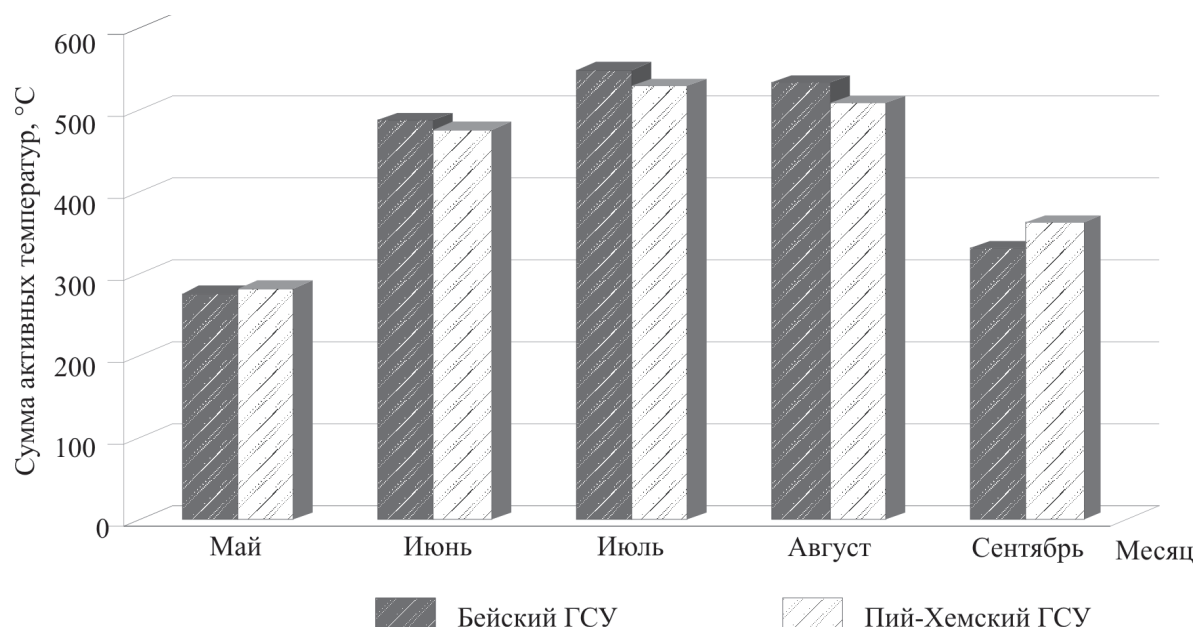
*Различия в температуре между пунктами существенны по t-критерию при $p \leq 0,05$

¹ ГОСТ 10846–91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: Стандартинформ, 1991. 7 с.

² ГОСТ Р 52839–2007 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. М.: Стандартинформ, 2011. 10 с.

³ ГОСТ 13496.15–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

⁴ ГОСТ 26176–91 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. М.: Стандартинформ, 1999. 7 с.



Распределение сумм активных температур по месяцам вегетационного периода 2019 г. на территориях Бейского и Пий-Хемского ГСУ

Distribution of the sums of active temperatures by months of the 2019 growing season in the territories of the Bey and Piy-Khem state variety-testing sites

риода в двух географических пунктах выращивания ячменя. В Пий-Хемском ГСУ максимальные дневные температуры зарегистрированы выше, а минимальные ночные – ниже, чем на Бейском ГСУ. Это создавало более высокую разность суточного хода температуры. Для августа, когда происходит процесс налива зерна, отмечены существенные различия в ночных температурах между двумя пунктами.

В табл. 2 представлены результаты измерения содержания ценных веществ в зерне исследуемых сортов ячменя. Можно видеть существенные различия в величине белка, клетчатки и жира у всех сортов, выращенных в двух географических пунктах, за исключением содержания жира в зерне ячменя Красноярский 91, для которого это статистически доказать не удалось. При этом среднее значение белка в зерне, полученном в Пий-Хемском ГСУ, было на 47% ниже по сравнению с таковым для Бейского ГСУ, а содержание жира и клетчатки в ячмене, собранном в Туве, в противоположность этому было соответственно на 24 и 48% выше, чем в Хакасии. Это свидетельствует о заметном разнонаправленном влиянии на указанные био-

химические показатели условий внешней среды, складывающихся во время налива зерна. По-видимому, один из таких факторов – температурный режим в августе. Существенные различия в содержании сахаров у ячменя, выращенного в двух географических пунктах, найдены только у половины сортов. При этом среднее значение данного биохимического показателя в зерне, полученном в Бейском и Пий-Хемском ГСУ, было практически равным.

Приведенные в табл. 2 данные демонстрируют полученные различия в содержании белка между исследуемыми сортами: варьирование колебаний для Пий-Хемского и Бейского ГСУ составило 30 и 11% соответственно. Что касается содержания клетчатки и сахаров, то полученные результаты показали более заметные различия между исследуемыми сортами для Бейского ГСУ: варьирование колебаний составило более 60 и свыше 50% соответственно. Для ячменя, выращиваемого в Республике Тыва, межсортные различия в содержании клетчатки и сахаров выразились в меньшей степени, на уровне 15 и 39% соответственно. Следует отметить, что различия между сортами в

Табл. 2. Содержание белка, клетчатки, сахаров и жира в зерне исследуемых сортов ячменя, выращенных в двух географических пунктах в 2019 году (расчеты на сухую массу)

Table 2. The content of protein, fiber, sugars and fat in the grain of the studied varieties of barley grown in two geographical locations in 2019 (calculations for dry weight)

Сорт	Содержание, %							
	Белок		Сахара		Клетчатка		Жир	
	Пункт 1**	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2
Уватский	6,6 ± 0,1*	10,7 ± 0,2*	34,3 ± 0,9*	27,8 ± 0,4*	6,9 ± 0,2*	5,8 ± 0,1*	—	—
Емеля	7,6 ± 0,2*	11,4 ± 0,7*	33,7 ± 0,6*	40,3 ± 0,5*	6,7 ± 0,1*	4,3 ± 0,1*	2,1 ± 0,05*	1,7 ± 0,04*
Красноярский 91	6,7 ± 0,1*	10,3 ± 0,5*	30,0 ± 0,6*	26,7 ± 0,1*	6,5 ± 0,1*	3,6 ± 0,1*	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,1
Абалак	7,9 ± 0,1*	10,8 ± 0,2*	35,6 ± 0,3	35,7 ± 0,6	6,7 ± 0,2*	5,3 ± 0,1*	—	—
Ача	8,1 ± 0,1*	10,4 ± 0,3*	38,7 ± 0,3	40,3 ± 0,5	6,2 ± 0,1*	4,2 ± 0,1*	2,0 ± 0,1*	1,6 ± 0,1*
Биом	8,6 ± 0,2*	10,5 ± 0,2*	32,8 ± 0,3*	29,1 ± 0,5*	6,5 ± 0,1*	4,9 ± 0,1*	2,2 ± 0,1*	1,7 ± 0,1*
Буян	7,0 ± 0,2*	11,0 ± 0,4*	27,9 ± 0,4*	34,0 ± 0,2*	6,9 ± 0,1*	4,1 ± 0,1*	2,1 ± 0,1*	1,7 ± 0,1*
Оленек	6,7 ± 0,1*	11,0 ± 0,4*	36,4 ± 0,4	37,2 ± 0,8	6,5 ± 0,1*	4,4 ± 0,1*	—	—
Такмак	6,8 ± 0,2*	11,1 ± 0,6*	32,5 ± 0,4*	37,4 ± 0,4*	6,4 ± 0,1*	3,8 ± 0,1*	—	—
Танай	8,0 ± 0,1*	11,4 ± 0,4*	33,7 ± 0,6	34,2 ± 0,1	6,0 ± 0,1*	4,1 ± 0,1*	—	—
Среднее по сортам	7,4 ± 0,2*	10,9 ± 0,2*	33,6 ± 0,7	34,3 ± 1,2	6,5 ± 0,1*	4,4 ± 0,2*	2,1 ± 0,03*	1,7 ± 0,01*

*Различия существенны между пунктами выращивания для каждого сорта (или среднего по сортам) в пределах конкретного биохимического показателя по *t*-критерию при $p \leq 0,05$

**Пункт 1 – Пий-Хемский ГСУ, пункт 2 – Бейский ГСУ.

содержании жира при выращивании в обоих исследуемых пунктах практически отсутствовали.

В результате исследований получены следующие коэффициенты корреляции между одноименными показателями зерна ячменя, выращенного в Пий-Хемском и в Бейском ГСУ: содержание белка – минус 0,051; жира – 0,873; клетчатки – 0,483; сахаров – 0,492; масса 1000 зерен – 0,635, урожайность – минус 0,071. По содержанию жира корреляционная связь существенна по t -критерию при $p \leq 0,05$. Таким образом, связь между содержанием белка в зерне ячменя, выращенного в двух географических пунктах, полностью отсутствовала, коэффициент корреляции составил очень малую отрицательную величину – минус 0,051. Напротив, указанная связь между содержанием жира в зерне, полученном из разных ГСУ, оказалась существенной и положительной. Величина корреляционной связи между содержанием клетчатки, а также сахаров у ячменя, выращенного в двух указанных пунктах, была средней. Полученные результаты позволяют предполагать слабое влияние внешних условий на накопление белка в зерне (также, вероятно, сильный эффект генотипа) и значительное воздействие на накопление в нем жира.

Значимые различия в величине массы 1000 зерен у всех сортов, выращенных в двух географических пунктах, представлены в табл. 3, за исключением ячменя Красноярский 91, для которого это статистически не доказано. Среднее значение данного показателя зарегистрировано в Бейском ГСУ на 20% выше по сравнению с таковым в Пий-Хемского ГСУ. В среднем у группы многорядных сортов ячменя различия в величине массы 1000 зерен, выращенных в двух географических пунктах, не существенны.

Отмечены межсортовые различия у исследуемых сортов в массе 1000 зерен: варьирование колебаний для Пий-Хемского и Бейского ГСУ составило 34 и 48% соответственно (см. табл. 3). Максимальные значения этого показателя выявлены у сортов Абалак и Биом независимо от пункта выра-

щивания ячменя. При этом связь между массой 1000 зерен ячменя, выращенного в двух разных пунктах, была средней (0,635).

По данным, представленным в табл. 3, абсолютное большинство сортов показали более высокую урожайность при их выращивании в Республике Хакасия. Среднее значение урожайности, зафиксированное в этом пункте, было на 26% выше по сравнению с Пий-Хемским ГСУ. Исходя из средней разницы в массе 1000 зерен между пунктами выращивания ячменя, равной 20%, данный факт, вероятно, означает, что различия в урожайности между указанными географическими пунктами обусловлены главным образом величиной массы 1000 зерен. Это свидетельствует о заметном влиянии на указанные производственные характеристики сортов условий внешней среды, складывающихся во время налива зерна, по-видимому, температурного режима в августе. При этом связь между величиной урожайности ячменя, выращенного в Пий-Хемском ГСУ, и аналогичным показателем ячменя, выращенного в Бейском ГСУ, практически отсутствовала, коэффициент корреляции составил незначительную величину – минус 0,071. Максимальные значения урожайности отмечены у сортов Красноярский 91 и Такмак при выращивании ячменя в Пий-Хемском ГСУ, при выращивании в Бейском ГСУ наибольшая величина урожайности отмечена у сортов Абалак и Танай. Многорядные сорта по сравнению с двурядными в меньшей степени снижали величину урожайности при выращивании ячменя в условиях Тувы.

Сопоставление производственных и биохимических характеристик сортов ячменя, выращиваемого в двух разных географических пунктах, позволяет сказать следующее. В условиях Республики Тыва по сравнению с Хакасией фиксируются два эффекта. С одной стороны, у ячменя снижается в среднем на 26% величина продуктивности (в основном, за счет массы 1000 зерен), почти в 1,5 раза уменьшается содержание белка, а также в меньшей степени сахаров в зерне. С другой стороны, в последнем регистрируется существенное увеличение со-

Табл. 3. Масса 1000 зерен и величина урожайности у исследуемых сортов ячменя, выращенных в двух географических пунктах (2019 г.)

Table 3. The weight of 1000 grains and the yield value of the studied varieties of barley grown in two geographical locations in 2019

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Урожайность, ц/га	
	Пункт 1**	Пункт 2	Пункт 1	Пункт 2
Уватский+	36,4 ± 0,4* вг	42,4 ± 0,5* г	27,5 ± 1,4 аб	24,0 ± 1,2 а
Емеля+	33,6 ± 0,4* в	38,0 ± 0,4* д	27,7 ± 1,4 аб	-
Красноярский 91+	36,1 ± 0,1 в	35,2 ± 1,1 д	31,5 ± 1,6 б	30,7 ± 1,5 бв
НСР _{0,5}	0,76	1,0	1,06	0,73
Среднее по многорядным сортам	35,4 ± 0,7	38,5 ± 1,5	28,9 ± 1,0	27,4
Абалак++	41,6 ± 0,2* б	52,3 ± 0,3* а	26,1 ± 1,3* аб	39,5 ± 2,0* в
Ача++	34,6 ± 0,5* в	49,9 ± 0,3* аб	23,4 ± 1,2* а	36,7 ± 1,8* бв
Биом++	45,2 ± 0,3* а	51,3 ± 0,7* аб	25,4 ± 1,2* а	36,7 ± 1,8* бв
Буян++	39,9 ± 0,6* б	49,9 ± 0,6* б	23,9 ± 1,2* а	31,8 ± 1,6* бв
Оленек++	38,7 ± 0,5* бг	44,6 ± 0,4* в	25,3 ± 1,2* а	32,1 ± 1,6* бв
Такмак++	40,5 ± 0,7* б	45,1 ± 0,3* в	31,2 ± 1,6 б	38,0 ± 1,9 в
Танай++	38,4 ± 0,5* бг	48,7 ± 0,3* б	29,0 ± 1,4* аб	38,8 ± 1,9* в
НСР _{0,5}	0,78	0,88	0,76	0,98
Среднее по двурядным сортам	39,8 ± 0,8*	48,8 ± 0,9*	26,3 ± 0,8*	36,2 ± 0,9*
Среднее по всем сортам	38,0 ± 0,8*	45,7 ± 1,5*	27,1 ± 0,7*	34,2 ± 1,4*

Примечание. Значения с разными буквами различаются существенно между строками в пределах каждой колонки по *t*-критерию при $p \leq 0,05$.

*Различия существенны между пунктами выращивания для каждого сорта в пределах продукционного показателя по *t*-критерию при $p \leq 0,05$.

**Пункт 1 – Пий-Хемский ГСУ, пункт 2 – Бейский ГСУ; + многорядные сорта; ++ двурядные сорта.

держания жира и массовой доли клетчатки. Ранее на основе полученных результатов измерения суммарного содержания антиоксидантов в зерне ячменя, выращенного в центральной части Красноярского края и в Республике Хакасия, высказано предположение, что повышенному накоплению этих химических веществ в зерне способствуют более жесткие, стрессовые условия возделывания ячменя, складывающиеся в последнем географическом пункте (понижение величины ГТК в августе) [11]. По-видимому, данное предположение можно высказать и в отношении накопления жира и клетчатки в зерне в условиях Республики Тыва, как это продемонстрировано в настоящей работе.

Одним из предполагаемых механизмов снижения содержания белка в зерне ячменя, выращиваемого в условиях пониженных ночных температур в Туве, может быть снижение накопления азота в растениях. Последнее, по-видимому, происходит вследствие снижения активности ключевого фермента ассимиляции азота нитратредуктазы, для оптимального функционирования которого требуются иные температуры [12]. При этом качество зерна, выращенного в условиях Республики Тыва, из-за понижения содержания в нем белка в целом, вероятно, снижается мало. В первую очередь изменения в концентрации белка у ячменя в основном касаются менее ценной в питательном отношении фракции проламинов в зерне [13].

Среднее значение массы 1000 зерен и урожайности в Пий-Хемском ГСУ зарегистрировано на 20–26% ниже по сравнению с показателями Бейского ГСУ, а содержание жира в зерне, наоборот, – выше на 24%. Найденное падение зерновой продуктивности в условиях Тувы не сопровождается снижением сбора этого ценного вещества при расчете на единицу площади.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в работе результаты позволяют сделать заключение о возможности возделывания на территории Республики Тыва ячменя с заданным высоким содержанием ценных веществ в зерне. Для выращивания в контрастных климатических условиях рекомендованы сорт Красноярский 91 (не отмечено снижения массы 1000 зерен и уровня продуктивности) и сорт Биом (наименьшее снижение содержания белка, наибольшее возрастание содержания жира и сахаров в зерне).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полонский В.И., Сумина А.В. Содержание бета-глюканов в зерне – перспективный признак при селекции ячменя на пищевое использование // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. № 5. С. 30–44.
2. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е. Селекция ячменя в Сибири: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 1993. 292 с.
3. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Биологические особенности и селекционное значение сортов ячменя сибирской селекции // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 1. С. 13–22.
4. Юсова О.А., Николаев П.Н. Продуктивность и качество зерна ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 6. С. 13–22.
5. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Содержание белков и углеводов в зерне ячменя и овса сибирской селекции // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 1. С. 49–55.
6. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Влияние условий выращивания ячменя на суммарное содержание антиок-

сидантов в зерне и величину продуктивности // *Вестник КрасГАУ*. 2019. Вып. 7. С. 24–30.

7. Ламажсан Р.Р., Липшин А.Г. Изменчивость селекционно-ценных признаков ярового ячменя // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. № 4. С. 17–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-2.
8. Сурин Н.А., Ламажсан Р.Р. Оценка сортов и селекционных линий ярового ячменя в условиях Республики Тыва // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2014. № 3. С. 25–32.
9. Сурин Н.А., Ламажсан Р.Р. Элементы продуктивности селекционных линий ярового ячменя // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2015. № 5. С. 32–39.
10. Полонский В.И., Лоскутов И.Г., Сумина А.В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. Т. 22. Вып. 3. С. 343–352.
11. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Суммарное содержание природных антиоксидантов в зерне ячменя в различных условиях выращивания // *Вестник КрасГАУ*. 2017. Вып. 12. С. 21–28.
12. Kenjebaeva S., Rakova N. Multiple forms of nitrate reductase and their role in nitrate assimilation in roots of wheat at low temperature or high salinity // *Physiologia Plantarum*. 1995. Vol. 93. N 2. P. 249–252.
13. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы: монография. М.: Наука, 1967. 339 с.

REFERENCES

1. Polonskiy V.I., Sumina A.V. Soderzhanie beta-glyukanov v zerne – perspektivnyi priznak pri selektsii yachmenya na pishchevoe ispol'zovanie [β -glucans content as a perspective trait in barley breeding for foodstuff use] *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2013, no. 5, pp. 30–44. (In Russian).
2. Surin N.A., Lyakhova N.E. *Seleksiya yachmenya v Sibiri* [Barley breeding in Siberia]. Novosibirsk: SO RASKhN, 1993, 292 p. (In Russian).
3. Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Biologicheskie osobennosti i selektsionnoe znachenie sortov yachmenya sibirskoi selektsii [Biological features and selec-

- tion value of barley varieties bred in Eastern Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science]. 2016, no. 1, pp. 13–22. (In Russian).
4. Yusova O.A., Nikolaev P.N. Produktivnost' i kachestvo zerna yachmenya v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Productivity and grain quality of barley under conditions of the southern forest steppe in Western Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 6, pp. 13–22. (In Russian).
 5. Polonskiy V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Soderzhanie belkov i uglevodov v zerne yachmenya i ovsa sibirskoi seleksii [Protein and carbohydrate content in barley and oats seeds at Siberian breeding]. *Uspekhi sovremen-nogo estestvoznaniya* [Advances in Current Natural Sciences], 2018, no. 1, pp. 49–55. (In Russian).
 6. Polonskiy V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Vliyanie uslovii vyrashchivaniya yachmenya na summarnoe sodержание antioksidantov v zerne i velichinu produktivnosti [The influence of cultivation conditions on total antioxidants content in barley grain and its yield amount]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2019, no. 7, pp. 24–30. (In Russian).
 7. Lamazhap R.R., Lipshin A.G. Izmenchivost' selektsionno-tsennykh priznakov yarovogo yachmenya [Variability of characteristics valuable for breeding of spring barley]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 17–23. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-2.
 8. Surin N.A., Lamazhap R.R. Otsenka sortov i selektsionnykh linii yarovogo yachmenya v usloviyakh Respubliki Tyva [Evaluation of varieties and breeding lines of spring barley under conditions of Tuva]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2014, no. 3, pp. 25–32. (In Russian).
 9. Surin N.A., Lamazhap R.R. Elementy produktivnosti selektsionnykh linii yarovogo yachmenya [Productivity elements in breeding lines of spring barley]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2015, no. 5, pp. 32–39. (In Russian).
 10. Polonskiy V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Seleksiya na sodержание antioksidantov v zerne kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya [Breeding for antioxidant content in grain as a promising trend in obtaining healthy food products]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2018, vol. 22, iss. 3, pp. 343–352. (In Russian).
 11. Polonskiy V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Summarnoe sodержание prirodnikh antioksidantov v zerne yachmenya v razlichnykh usloviyakh vyrashchivaniya [Total content of natural antioxidants in barley grain under different growing conditions]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2017, iss. 12, pp. 21–28. (In Russian).
 12. Kenjebaeva S., Rakova N. Multiple forms of nitrate reductase and their role in nitrate assimilation in roots of wheat at low temperature or high salinity. *Physiologia Plantarum*, 1995, vol. 93, no. 2, pp. 249–252.
 13. Pavlov A.N. *Nakoplenie belka v zerne pshenitsy i kukuruzy* [The accumulation of protein in the grain of wheat and corn], Moscow, Nauka Publ., 1967, 339 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Сумина А.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 655017, Республика Хакасия, г. Абакан, пр. Ленина 90; e-mail: alenasumina@list.ru

Полонский В.И., доктор биологических наук, профессор; e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Sumina A.V.**, Candidate of Science in Agriculture, Assistant Professor; **address:** 90, prospect Lenina, Abakan, Republic of Khakasia, 655017, Russia; e-mail: alenasumina@list.ru

Polonskiy V.I., Doctor of Science in Biology, Professor; e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Дата поступления статьи 20.12.2019
Received by the editors 20.12.2019

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТООБРАЗЦОВ ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО

Осипова Ю.С., Иванова И.Ю., Леонтьева В.В.

Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого
п. Опытный, Чувашская республика, Россия

Для цитирования: Осипова Ю.С., Иванова И.Ю., Леонтьева В.В. Оценка экологической устойчивости сортообразцов хмеля обыкновенного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 32–39. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-4.

For citation: Osipova Yu.S., Ivanova I.Yu., Leontieva V.V. Otsenka ekologicheskoi ustoichivosti sortobraztsov khmelya obyknovennogo [Evaluation of ecological stability of common hop varieties]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 32–39. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-4.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения урожайности сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) в условиях южной части Волго-Вятского региона. Исследования адаптивного потенциала и коэффициента вариации (*V*) урожайности проведены на 250 образцах хмеля из различных регионов России и 17 зарубежных стран. Эксперимент осуществлен в трех закладках за 1989, 2004, 2018 гг. (третий год жизни) и 1990, 2005, 2019 гг. (четвертый год жизни) в коллекционном питомнике на территории Чувашской Республики. Насаждения коллекции сортообразцов хмеля располагаются на темно-серой лесной тяжело суглинистой почве со средним уровнем плодородия. Почва питомника – слабокислая, площадь питания $2,5 \times 1,2$ м. Коллекция сортообразцов хмеля состоит только из женских растений и сохраняется в живом виде. Во время исследований погодные условия вегетационных периодов роста и развития растений хмеля различались по годам. Наиболее благоприятные метеорологические данные для выращивания культуры зарегистрированы в 2019 г. В коллекционном питомнике применяли рекомендованную в регионе технологию возделывания хмеля. Изучение сортов по группам спелости проводили в сравнении с сортом-стандартом Подвязный (Россия). Среди изученных образцов хмеля по трем закладкам установлено, что максимальной адаптивностью обладает сорт среднеспелой группы Кругляк-серяк (Украина) (1,76), лучшей стабильностью – сорт Серебрянка Калистов-

EVALUATION OF ECOLOGICAL STABILITY OF COMMON HOP VARIETIES

Osipova Yu.S., Ivanova I.Yu., Leontieva V.V.

Chuvash Research Agricultural Institute –
Branch of the Federal Agrarian Research Center
of the North-East named after N.V. Rudnitsky
Opytny settlement, Chuvash Republic, Russia

The results of the research into the yield of common hop varieties (*Humulus lupulus* L.) in the conditions of the southern part of Volga-Vyatka region are presented. The study of adaptive potential and yield variation coefficient (*V*) was carried out on 250 hop samples from various regions of Russia and 17 foreign countries. The experiment was carried out in three layouts in 1989, 2004, 2018 (third year of life) and in 1990, 2005, 2019 (fourth year of life) in a collection nursery in Chuvash Republic. The plantations of the hop variety collection were located on the dark-grey forest heavy loamy soil with an average level of fertility. The soil of the nursery was weakly acidic, the feeding area was 2.5×1.2 m. The collection of hop varieties consists only of female plants and is kept in the live form. Weather conditions in the vegetation season of the growth and development of hop plants during the research period varied from year to year. The most favorable meteorological data for crop cultivation was recorded in 2019. The hop cultivation technology recommended in the region was used in the collection nursery. The study of varieties by ripeness groups was carried out as compared with the standard variety Podvyazny (Russia). Among the hop samples studied in three layouts, it was found that the mid-ripening variety Kruglyak-Seryak (Ukraine) (1.76) has the maximum adaptability, and Serebryanka Kalistovskaya (Russia) in the fourth year of life ($V = 1.70\%$) has the best

ская (Россия) на четвертый год жизни ($V = 1,70\%$). Данные образцы рекомендованы к использованию в селекционной работе для выведения экологически устойчивых сортов хмеля.

Ключевые слова: хмель, сорт, урожайность, адаптивность, вариабельность

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие экономики страны в настоящее время основано на стабильности генетических ресурсов растениеводства. В связи с этим в национальной стратегии сохранения биоразнообразия России важная роль отводится изучению сортового разнообразия хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) [1]. С начала XX в. основное производство хмеля в России сосредоточено в Чувашской Республике. Почвенно-климатические условия Чувашии благоприятствуют возделыванию этой культуры [2]. Единственная в России коллекция мировых сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) содержит 250 образцов из различных регионов России и 17 зарубежных стран. Она расположена в Чувашском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (НИИСХ). Коллекция в четвертой закладке сохраняется и поддерживается с 1981 г. По количеству сортообразцов, составу и их происхождению она уникальна и соответствует мировому уровню [3, 4]. Многолетние исследования сортообразцов хмеля обыкновенного, собранных в четырех закладках в коллекционном питомнике, имеют большое значение для селекции в поиске новых генетических доноров на экологическую устойчивость.

В агрономическом отношении экологически устойчивый сорт способен формировать стабильную высокую урожайность в благоприятных и неблагоприятных условиях возделывания. Объективную оценку экологической устойчивости сорта можно получить путем проведения многолетнего экологического испытания в одной среде [5, 6]. Важное свойство сорта при селекции культуры на любой хозяйственно ценный при-

знак – урожайность [7]. Она зависит от генотипа сорта и от погодных условий вегетационного периода [8, 9]. В литературных источниках достаточно полно изучена реакция сортов многих культур на абиотические факторы [10–15], но отсутствует информация по оценке сортов хмеля на адаптивность и вариабельность урожайности.

Keywords: hops, variety, yield, adaptability, variability

знак – урожайность [7]. Она зависит от генотипа сорта и от погодных условий вегетационного периода [8, 9]. В литературных источниках достаточно полно изучена реакция сортов многих культур на абиотические факторы [10–15], но отсутствует информация по оценке сортов хмеля на адаптивность и вариабельность урожайности.

Цель исследований – оценить урожайность сортообразцов коллекции хмеля обыкновенного на адаптивность и стабильность для возделывания в южной части Волго-Вятского региона России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В коллекционном питомнике изучали 250 сортообразцов. Из них из России – 76 сортов, Чехии – 28, Великобритании – 27, Германии – 23, Украины – 23, Польши – 13, по 6–11 сортов – из Югославии, Литвы, Франции, Бельгии и США, по 1–3 сорта – из Швеции, Швейцарии, Дании, Голландии, Болгарии, Японии и Новой Зеландии. Коллекция сортообразцов хмеля состоит только из женских растений и сохраняется в живом виде.

В коллекционном питомнике ежегодно проводят весеннюю ручную обрезку главных корневищ каждого растения. Одновременно учитывают количество выпавших растений и проводят посадку свежесрезанными стеблевыми черенками. По результатам учетов и наблюдений определяют прохождение фенологических фаз, продолжительность вегетационного периода, степень поражения болезнями. Перед уборкой сортообразцов хмеля в коллекции проводят оценку состояния растений по 5-балльной шкале. Учет урожая проводят методом выборочных кустов при достижении фазы технической спелости шишек. Урожайность сырых

шишек с куста определяют взвешиванием [1, 2]. При ручной «щипке» отбирают пробы шишек для определения содержания альфа-кислот (основного компонента горьких веществ хмеля) кондуктометрическим способом [1].

Для объективного сравнения результатов изучения сортов по группам спелости в каждом ряду по диагонали участка размещен сорт-стандарт Подвязный, который включен в Государственный реестр и имеет допуск по всем регионам. Насаждения коллекции сортообразцов хмеля располагаются на темно-серой лесной тяжело суглинистой почве со средним уровнем плодородия. Почва слабокислая, площадь питания $2,5 \times 1,2$ м.

В коллекционном питомнике применяют рекомендованную Чувашским НИИСХом технологию возделывания хмеля. В соответствующие сроки выполняют обработку почвы, разокучивание гребней, ручную обрезку главных корневищ, рамовку, заводку хмеля (по два стебля на две поддержки), пасынкование, подкормку минеральными удобрениями, мероприятия по защите растений и другие технологические операции.

Исследования 2004, 2005 гг. проходили в условиях избыточного увлажнения и значительного недобора тепла за все месяцы вегетационного периода. Урожай сортообразцов по всем группам сортов коллекции имел значительные отличия по сравнению годами с более благоприятными условиями.

Погодные условия 2018 г. за вегетационный период роста и развития растений хмеля сложились неблагоприятно для возделывания культуры. Получить высокий урожай хмеля возможно при сумме положительных температур 2200°C за вегетацию, при достаточном количестве осадков и их распределении по периодам роста и развития хмеля. Особенно высокая потребность в осадках появляется с конца мая по июнь во время интенсивного роста и в июле – августе, то есть в период цветения и формирования шишек хмеля¹.

По метеорологическим данным 2018 г. среднемесячная температура воздуха за вегетационный период составляла $18,7^{\circ}\text{C}$, то есть она была выше 2017 г. на $3,1^{\circ}\text{C}$, осадков выпало $155,3$ мм, то есть 72% к многолетней норме. Сумма активных температур составила 2646°C .

В этих условиях рост и развитие растений хмеля проходил в соответствии с нормой. Всходы были отмечены в III декаде мая. Растения раннеспелых и среднеранних сортов достигли верха шпалеры к III декаде июня, боковые побеги были развиты по всей длине куста. Цветение раннеспелых и среднеранних сортов проходило во II декаде июля. Среднеспелые цвели в III декаде июля и I декаде августа.

Погодные условия 2019 г. в вегетационный период роста и развития растений хмеля были благоприятными. По метеорологическим данным 2019 г. среднемесячная температура воздуха за вегетационный период составляла $17,9^{\circ}\text{C}$, что ниже 2018 г. на $0,8^{\circ}\text{C}$, осадков выпало $243,3$ мм, то есть 97% к многолетней норме. Сумма активных температур составила 2303°C . В этих условиях рост и развитие растений хмеля проходили в соответствии с нормой. Первые всходы отмечены в I декаде мая, их регистрировали до III декады в соответствии с сортовыми особенностями. Растения раннеспелых и среднеранних сортов достигли верха шпалеры к III декаде июня, боковые побеги были развиты по всей длине куста. Цветение раннеспелых и среднеранних сортов проходило во II декаде июля. Среднеспелые сорта цвели в III декаде июля и I декаде августа. Цветение среднепоздних и позднеспелых сортов проходило с I по III декады августа. Формирование шишек растений позднеспелых сортов проходило в конце августа и в I декаде сентября. Фазы цветения и формирования шишек вплоть до уборки проходили в условиях высокой температуры с недостатком влаги, что не позволило многим сортам достичь высокого содержания альфа-кислот. В

¹Годованый А.А., Ляшенко Н.И., Рейтман И.Г., Ежов И.С. Хмель и его использование. Киев: Урожай, 1990. 336 с.

целом, погодные условия 2019 г. были благоприятными для роста и развития разных сортов хмеля.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проведены с целью выявления сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) по адаптивному потенциалу и коэффициенту вариации (*V*) к природно-климатическим условиям Волго-Вятского региона. В ходе эксперимента изучено 250 образцов в трех закладках за 1989, 2004, 2018 гг. (третий год жизни) и 1990, 2005, 2019 гг. (четвертый год жизни). Анализ проявления признака «масса растения» в меняющихся условиях среды пунктов и

лет испытания позволил определить разнообразие изучаемого набора сортов по параметрам адаптивности и вариации. При изучении адаптивных свойств сортов хмеля в коллекции во второй, третьей и четвертой закладках установлено, что на третий год жизни коэффициент адаптивности находился в диапазоне – 0,44–1,84, на четвертый – 0,33–2,00.

Максимальный и минимальный коэффициенты адаптивности по группам спелости в почвенно-климатических условиях южной части Волго-Вятского региона в трех закладках на третий год жизни (1989, 2004 и 2018 гг.) относительно сорта-стандарта Подвязный (Россия) представлены в табл. 1.

Табл. 1. Коэффициент адаптивности сортов коллекции хмеля на третий год жизни

Table 1. Adaptability coefficient of hop collection varieties in the third year of life

Номер сорто- образ- ца	Название сортообразца	Урожайность, кг/куст			Доля урожайности относительно среднего значения			Коэффици- ент адап- тивности	Коэффи- циент ва- риации, %
		1989 г.	2004 г.	2018 г.	1989 г.	2004 г.	2018 г.		
Максимальный коэффициент адаптивности относительно стандарта по группам спелости.									
Раннеспелые									
1	Подвязный (стандарт)	–	4,0	3,0	–	148,1	97,3	1,23	20,20
3	Golden Star	–	4	5,2	–	148,1	168,6	1,58	18,45
28	Галинский	–	3,1	6,0	–	114,8	194,6	1,55	47,14
Среднеранние									
29	Звениговский	–	3,5	6,6	0,0	129,6	214,0	1,72	43,41
Среднеспелые									
60	Серебрянка Калистовская	4,4	3,9	4,0	165,5	144,4	129,7	1,47	6,45
79	Гуслицкий	3,2	5,6	3,8	120,4	207,4	123,2	1,50	29,74
89	Кругляк-серяк	4,4	4,2	4,0	165,5	155,6	129,7	1,76	4,46
90	Группа 4	3,4	5,1	4,1	127,9	188,9	132,9	1,50	20,34
Минимальный коэффициент адаптивности относительно стандарта по группам спелости									
Раннеспелые									
1	Подвязный (стандарт)	–	4,0	3,0	–	148,1	97,3	1,23	20,20
4	Клон сорта Ранний «Выльский»	–	1,9	2,4	–	70,4	77,8	0,74	16,44
9	Орловский	2,0	2,7	1,6	75,2	100,0	51,9	0,76	26,51
Среднеранние									
27	Э-88/20	–	2,8	1,4	–	103,7	45,4	0,75	47,14
42	Опольско	–	2,1	2,3	–	77,8	74,6	0,76	6,43
47	Э-88/07	–	2,0	1,8	–	74,1	58,4	0,66	7,44
Среднеспелые									
66	Рунт Крой	1,8	1,2	1,8	67,7	44,4	58,4	0,57	21,65
70	Malling	1,6	0,8	3,3	60,2	29,6	107,0	0,66	67,20

Среди раннеспелой группы по адаптивному показателю выделились два сорта: Golden Star (Англия) – 1,58, и Галинский (Россия) – 1,55, но только первый имел коэффициент вариации меньше сорта-стандарта (18,45%).

По среднеранней группе только у одного сорта адаптивность превысила сорт-стандарт Подвязный – Звениговский (Россия) (1,72), но с высокой вариабельностью ($V = 43,41\%$).

В среднеспелой группе сорта Серебрянка Калистовская (Россия) и Кругляк-серяк (Украина) имея высокую адаптивность (1,47 и 1,76) отличились самыми стабильными показателями вариации по всей коллекции (6,45 и 4,46%).

Самую низкую адаптивность показали сорта:

- из раннеспелой группы – Орловский (Россия) – 0,76 ($V = 26,51\%$); клон сорта Ранний «Выльский» (Россия) – 0,74 ($V = 16,44\%$);

- из среднеранней – Э-88/20 (Россия) – 0,75 ($V = 47,14\%$); Опольско (Украина) – 0,76 ($V = 6,43\%$); Э-88/07 (Россия) – ($V = 7,44\%$);

- из среднеспелой – Рунт Крой (Чехословакия) – 0,57 ($V = 21,65\%$); Malling (Англия) – 0,66 ($V = 67,20\%$).

По урожайности и доли урожайности относительно среднего значения выделился сорт Галинский с урожайностью – 6,0; Звениговский – 6,6.

Максимальный коэффициент адаптивности относительно сорта-стандарта Подвязный (Россия) в почвенно-климатических условиях южной части Волго-Вятского региона на четвертый год жизни в трех закладках (1990, 2005, 2018 гг.) выявлен также у сорта Кругляк-серяк (Украина) – 1,44. По вариабельности урожайности наиболее стабилен сорт Серебрянка Калистовская (Россия) – $V = 1,70\%$ (см. табл. 2).

По группам спелости лучшие результаты были получены у следующих сортов:

Табл. 2. Коэффициент адаптивности сортов коллекции хмеля на четвертый год жизни

Table 2. Adaptability coefficient of hop collection varieties in the fourth year of life

Номер сортооб- разца	Название сортообразца	Урожайность, кг/куст			Доля урожайности относительно среднего значения			Коэффици- ент адаптив- ности	Коэффици- ент вариаци- и, %
		1990 г.	2005 г.	2019 г.	1990 г.	2005 г.	2019 г.		
Максимальный коэффициент адаптивности относительно стандарта по группам спелости.									
Раннеспелые									
1	Подвязный, стандарт	-	3,8	4,2	—	124,7	121,8	1,23	7,07
3	Golden Star	4,3	3,5	5,1	147,8	114,9	147,9	1,37	18,60
Среднеранние									
29	Звениговский	—	3,1	4,5	—	101,8	130,5	1,16	26,05
36	Роуденецкий	4,6	2,3	3,6	158,1	75,5	104,4	1,13	32,95
Среднеспелые									
60	Серебрянка Калистовская	—	4,2	4,1	—	137,9	118,9	1,28	1,70
87	Zlatan	4,4	3,1	—	151,3	101,8	—	1,27	24,51
89	Кругляк-серяк	4,0	5,2	4,3	137,5	170,7	124,7	1,44	13,88
91	Югославский зеленосте- бельный	3,4	5,5	4,0	116,9	180,5	116,0	1,38	25,16
109	Ротер Кушер	—	5	3,6	—	164,1	104,4	1,34	23,02
Минимальный коэффициент адаптивности относительно стандарта по группам спелости.									
Раннеспелые									
22	Э-88/14	—	1,5	1,8	0,0	49,2	52,2	0,51	12,86
24	Э-88/16		1,2	3	0,0	39,4	87,0	0,63	60,61

- в раннеспелой группе – Golden Star (Англия) – 1,34 ($V = 18,60\%$);
- в среднеранней – Звениговский (Россия) – 1,16 ($V = 26,05\%$); Роуденецкий (Чехословакия) – 1,13 ($V = 32,95\%$);
- в среднеспелой – Серебрянка Калистовская (Россия) – 1,28 ($V = 1,70\%$); Zlatan (Чехословакия) – 1,27 ($V = 24,51\%$); Кругляк-серяк (Украина) – 1,44 ($V = 13,88\%$); Югославский зеленостебельный (Югославия) – 1,38 ($V = 25,16\%$); Ротер Кушер (Чехословакия) – 1,34 ($V = 23,02\%$).

По урожайности и доли урожайности относительно среднего значения выделился сорт Golden Star – 5,1, Югославский зеленостебельный – 5,5.

Самую низкую адаптивность показали российские сорта из раннеспелой группы – Э-88/14 – 0,51 ($V = 12,86\%$); Э-88/16 – 0,63 ($V = 60,61\%$).

ВЫВОДЫ

По комплексу параметров адаптивности и вариабельности на третий и четвертый годы жизни среди изученных образцов максимальный коэффициент адаптивности показал сорт среднеспелой группы Кругляк-серяк (Украина). По вариабельности урожайности данный сорт на третий год был наиболее стабильным. На четвертый – сорт Серебрянка Калистовская (Россия). Выделенные сортообразцы рекомендованы к использованию в селекционной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова Л.Ю., Наумова Л.Г., Рябчун И.О. Информационные системы генетических ресурсов винограда // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016. № 40. С. 1–13.
2. Иванова А.О., Дементьев Д.А. Состояние хмелеводства в Чувашской Республике // Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 2. С. 20–26.
3. Фадеев А.А., Никонова З.А. Оценка сортообразцов коллекции хмеля обыкновенного по фенологическим и морфологическим признакам // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 2. С. 40–42.
4. Никонова З.А., Короткова З.П. Создание и сохранение коллекции хмеля обыкновенного в качестве генофонда для селекции // Нива Поволжья. 2017; № 4 (45). С. 104–108. DOI: 10.24412/FeqWLgNakHY.
5. Децына А.А., Илларионова И.В. Экологическое испытание новых сортов подсолнечника селекции ВНИИМК // Масличные культуры. 2019. № 2 (178). С. 22–26. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-2-178-22-26.
6. Мамеев В.В., Никифоров В.М. Оценка урожайности, адаптивности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Брянской области // Вестник Курской ГСХА. 2015. № 7. С. 125–129.
7. Данилова Е.С., Данилова Ю.С., Никонова З.А. Мониторинг хозяйственно ценных признаков коллекции отечественных и зарубежных сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2011. № 6 (25). С. 18–22.
8. Donner P., Pokorny J., Jezek J., Krofta K., Patzak J., Pulkrabek J. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. Plant Soil Environ, 2020. N 66 (1). P. 41–46. DOI: 10.17221/627/2019-PSE.
9. Patzak J., Henychova A. Evaluation of genetic variability within actual hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars by an enlarged set of molecular markers. Czech J. Genet. Plant Breed. 2018. N 54, P. 86–91. DOI: 10.17221/175/2016-CJG-PU.
10. Санага В.А. Оценка сортов ярового ячменя по урожайности, экологической пластичности и адаптивности // Аграрная Россия. 2018. № 1. С. 3–8. DOI: 10.30906/1999-5636-2018-1-3-8.
11. Казарин В.Ф., Казарина А.В., Марунова Л.К. Урожайность и параметры адаптивности донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medik) в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т 20. № 2 (4). С. 712–716.
12. Созонова А.Н., Иваненко А.С. Оценка сортов сои по урожайности и параметрам адаптивности в лесостепи Тюменской области // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 75–78.

13. Игнатъев С.А., Регидин А.А. Оценка параметров адаптивности коллекционных образцов эспарцета // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 3. С. 53–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-53-58.
14. Васильев А.А., Гасымов Ф.М., Глаз Н.В. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов груши в условиях Челябинской области // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 3. С. 333–337.
15. Новикова Л.Ю. Информационная система для оценки адаптивности сортов винограда к изменению климата // *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. 2019. Т. 24. С. 67–73. DOI: 10.30679/2587-9847-2019-24-67-73.

REFERENCES

1. Novikova L.YU., Naumova L.G., Ryabchun I.O. *Informatsionnye sistemy geneticheskikh resursov vinograda* [Information systems of grapes genetic resources]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia], 2016, no. 40, pp. 1–13. (In Russian).
2. Ivanova A.O., Dement'ev D.A. Sostoyaniye khmelevodstva v Chuvashskoi Respublike [The state of hop growing in the Chuvash Republic]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skohozyajstvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], 2019, no. 2, pp. 20–26. (In Russian).
3. Fadeev A.A., Nikonova Z.A. Ocenka sortobrazcov kollektsii khmelya obyknovennogo po fenologicheskim i morfologicheskim priznakam [Evaluation of the common hop variety samples according to the phenological and morphological features]. *Vestnik Rossijskoy sel'skohozyajstvennoy nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Science], 2018, no. 2, pp. 40–42. (In Russian).
4. Nikonova Z.A., Korotkova Z.P. Sozdanie i sokhraneniye kollektsii khmelya obyknovennogo v kachestve genofonda dlya selektsii [Creating and preservation of collections of hop as the gene fund for breeding]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], 2017, no. 4 (45), pp. 104–108. (In Russian). DOI: 10.24412/FeqWLgNakHY.
5. Detsyna A.A., Illarionova I.V. Ekologicheskoe ispytanie novykh sortov podsolnechnika selektsii VNIIMK [Ecological testing of the new sunflower varieties of the breeding of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops]. *Maslichnye kul'tury* [Oil Crops], 2019, no. 2(178), pp. 22–26. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608H-2019-2-178-22-26.
6. Mameev V.V., Nikiforov V.M. Otsenka urozhainosti, adaptivnosti, ekologicheskoi stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoi pshenitsy v usloviyakh Bryanskoi oblasti [Evaluation of yield, adaptability, environmental stability and plasticity of winter wheat varieties in the conditions of Bryansk region]. *Vestnik Kurskoi GSKhA* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], 2015, no. 7, pp. 125–129. (In Russian).
7. Danilova E.S., Danilova Yu.S., Nikonova Z.A. Monitoring khozyaistvenno tsennyykh priznakov kollektsii otechestvennykh i zarubezhnykh sortov khmelya obyknovennogo (*Humulus Lupulus* L.) [An estimation of the main economic characteristics of hop (*Humulus Lupulus* L.) cultivar collection]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East], 2011, no. 6 (25), pp. 18–22. (In Russian).
8. Donner P., Pokorný J., Ježek J., Krofta K., Patzak J., Pulkrábek J. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *Plant Soil Environ*, 2020, no. 66 (1), pp. 41–46. (In Czech). DOI: 10.17221/627/2019-PSE.
9. Patzak J., Henychová A. Evaluation of genetic variability within actual hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars by an enlarged set of molecular markers. *Czech J. Genet. Plant Breed*, 2018, no. 54, pp. 86–91. (In Czech). DOI: 10.17221/175/2016-CJGPU.
10. Sapega V.A. Otsenka sortov yarovogo yachmenya po urozhainosti, ekologicheskoi plastichnosti i adaptivnosti [Assessment productivity, ecological plasticity and adaptability of spring barley varieties]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2018, no. 1, pp. 3–8. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2018-1-3-8.
11. Kazarin V.F., Kazarina A.V., Marunova L.K. Urozhainost' i parametry adaptivnosti donnika belogo odnoletnego (*Melilotus albus* Medik) v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [Yield and parameters of adaptability of the white one-year melilot (*Melilotus albus* Medik) in the conditions of forest-steppe of Middle

- Volga region]. *Izvestiya Samarskogo nauchno-tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2018, vol. 20, no. 2 (4), pp. 712–716. (In Russian).
12. Sozonova A.N., Ivanenko A.S. Otsenka sortov soi po urozhainosti i parametram adaptivnosti v lesostepi Tyumenskoi oblasti [Evaluation of productivity and adaptability of soybean varieties in the forest-steppe of the Tyumen region]. *Permskii agrarnyi vestnik* [Perm Agrarian Journal], 2019, no. 1 (25), pp. 75–78. (In Russian).
13. Ignat'ev S.A., Regidin A.A. Otsenka parametrov adaptivnosti kollektсионnykh obraztsov espartseta [The evaluation of adaptability parameters of the collection samples of sainfoin]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain Economy of Russia], 2019, no. 3, pp. 53–58. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-53–58.
14. Vasil'ev A.A., Gasymov F.M., Glaz N.V. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov grushi v usloviyakh Chelyabinskoi oblasti [Assessment of ecological plasticity and stability of pear varieties of Chelyabinsk region]. *APK Rossii* [Agro-Industrial Complex of Russia], 2019, vol. 26, no. 3, pp. 333–337. (In Russian).
15. Novikova L.Yu. Informatsionnaya sistema dlya otsenki adaptivnosti sortov vinograda k izmeneniyu klimata [Information system for assessing the adaptability of grape varieties to climate change]. *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya* [Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking], 2019, vol. 24, pp. 67–73. (In Russian). DOI: 10.30679/2587-9847-2019-24-67-73.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Осипова Ю.С., аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: osipova.yuliya90@mail.ru

✉ **Иванова И.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 429911, Чувашская Республика, Цивильский район, пос. Опытный, ул. Центральная, д.2., e-mail: m35y24@yandex.ru

Леонтьева В.В., аспирант, научный сотрудник, e-mail: chniish@mail.ru

Финансовая поддержка

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0092).

AUTHOR INFORMATION

Osipova Yu.S., Post-Graduate Student, Junior Researcher; e-mail: osipova.yuliya90@mail.ru

✉ **Ivanova I.Yu.**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 2, Tsentral'naya St., Opytnyi settlement, Tsvil'skiy district, Chuvash Republic, 429911, Russia; e-mail: m35y24@yandex.ru

Leontieva V.V., Post-Graduate Student, Researcher; e-mail: chniish@mail.ru

Дата поступления статьи 26.12.2019
Received by the editors 26.12.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-5

УДК: 633.15:632.954

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ФИТОТОКСИЧНОСТИ ГЕРБИЦИДА АДЕНГО В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ

Костюк А.В., Лукачева Н.Г.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

Для цитирования: Костюк А.В., Лукачева Н.Г. Оценка эффективности и фитотоксичности гербицида Аденго в посевах кукурузы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 40–47. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-5.

For citation: Kostyuk A.V., Lukacheva N.G. Otsenka effektivnosti i fitotoksichnosti gerbitsida Adengo v posevakh kukuruzy [Estimation of efficiency and phytotoxicity of Adengo herbicide in corn crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 40–47. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-5.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Исследования проведены в Приморском крае в 2017, 2018 гг. в посевах кукурузы гибридной популяции П 8521 на зерно. Почва опытных участков лугово-бурная оподзоленная, содержащая в пахотном горизонте 3,5% гумуса. Агротехника на основе безотвальной обработки почвы. Предшественник – соя. Гербицид Аденго применяли до всходов, в фазы 2–3 и 5–6 листьев у кукурузы. Опыт проводили на двух участках: первом – с засоренным фоном в норме расхода 0,5 л/га, втором – чистом от сорняков с регулярной прополкой вручную – расход 0,5 и 1,0 л/га (двукратная норма от рекомендованной). Засоренность первого участка составила в среднем 272–626 растений на 1 м² с общей надземной массой 4181–4305 г/м². Около 80% сорных растений – однолетние злаки и амброзия полыннолистная. Гербицид Аденго, внесенный после посева до всходов кукурузы и сорняков, препятствовал прорастанию сизезбекии пушистой, канатника Теофраста, мари белой и горца почечуйного. Амброзии полыннолистной, акалифы южной и однолетних злаков возросло на 96, 65 и 78% соответственно меньше, чем в контроле. При проведении обработки в фазу 2–3 листьев у кукурузы гербицидная активность

ESTIMATION OF EFFICIENCY AND PHYTOTOXICITY OF ADENGO HERBICIDE IN CORN CROPS

Kostyuk A.V., Lukacheva N.G.

The Far Eastern Research Institute
of Plant Protection

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

The study was conducted in the Primorsky Territory in 2017–2018 in the corn crops of the hybrid population P 8521 for grain. The soil of the experimental plots was meadow-brown podzolized, containing 3.5% humus in the arable horizon. Agricultural technology used was based on non-moldboard soil tillage system. The predecessor was soya. Adengo herbicide was used before seedling, in phases of 2–3 and 5–6 leaves in corn. The experiment was carried out in two plots: the first grown with weeds, at a consumption rate of 0.5 l/ha, the second – clean from weeds with regular manual weeding, at a consumption rate of 0.5 and 1.0 l/ha (twice the recommended rate). The infestation of the first plot averaged 272–626 plants per 1 m² with a total above-ground mass of 4181–4305 g/m². About 80% of weeds were annual grasses and common ragweed. Adengo herbicide, applied after sowing and before seedlings of corn and weeds, prevented the germination of St. Paul's wort, velvet leaf, lamb's quarters and smartweed. Common ragweed, Asian copperleaf and annual grasses sprouted 96, 65 and 78%, respectively, less than in the control. When applying treatment in the phase of 2–3 leaves in corn, the herbicidal activity of the preparation increased compared to its pre-emergence application from 46 to 71%. When applied during these periods, Adengo did not

препарата повысилась по сравнению с его довсходовым внесением от 46 до 71%. При применении в эти сроки Аденго не действовал на многолетние двудольные сорняки. Главным преимуществом изучаемого препарата, примененного в фазу 5–6 листьев, отмечена гербицидная активность в отношении многолетних двудольных сорняков – бодяка щетинистого и осота полевого. При использовании Аденго в фазы 2–3 и 5–6 листьев сохранено 5,34 и 5,46 т зерна /га соответственно, то есть больше, чем при его довсходовом внесении – 4,76 т/га (в контроле 0,76 т/га). Во втором опыте, чистом от сорняков, фитотоксичное действие гербицида на растения кукурузы независимо от сроков внесения в течение вегетационного сезона снизило урожайность зерна. Во всех вариантах использования препарата получено на 0,08–0,78 т зерна /га меньше, чем в контроле (без гербицидов – 8,64 т/га). При применении Аденго в фазу 5–6 листьев в норме расхода 1,0 л/га (двукратной от рекомендованной) растения кукурузы существенно отставали в росте и развитии, полученная урожайность отмечена ниже на 0,78 т/га контрольного варианта. Практически на всех вариантах опыта масса, длина початка и число зерен с него, масса 1000 зерен зарегистрированы достоверно меньше, чем в контроле.

Ключевые слова: гербицид, Аденго, сорняки, фитотоксичность, урожайность, кукуруза

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза занимает первое место в мировом производстве продовольственных культур. В 2016 г. на площади около 188 млн га собрано около 1,1 млрд т зерна культуры. Площади посева кукурузы на зерно в Российской Федерации по сравнению с 2011 г. выросли в 1,7 раза и составили 2 млн 887 тыс. га [1, 2].

Высокая засоренность товарных и семеноводческих посевов кукурузы – одна из главных причин снижения урожая зерна. Применение эффективных гербицидов позволяет очистить посевы кукурузы от сорняков и обеспечить формирование максимального урожая. Хозяйственная эффективность гербицидов определяется не только их воздействием на сорняк, но и устойчивостью культурных растений к действующему веществу [3].

Претензии мирового и национального сообщества к использованию химических средств защиты растений для защиты урожая сель-

скохозяйственных культур в связи с их вредным влиянием на окружающую среду обоснованы, несмотря на существенное снижение норм расхода за последние 30 лет [4]. В условиях смешанного типа засорения наиболее эффективны баковые смеси гербицидов, а также новые препараты, имеющие в своем составе несколько действующих веществ (д.в.), обеспечивающих полную защиту культуры от всего спектра сорных растений [5]. Одним из таких новых гербицидов является Аденго, состоящий из двух д.в. (изоксафлютола и тенкарбазон-метила) и антидота ципросульфида. Препарат зарегистрирован для применения в фазы до появления всходов и по вегетирующим растениям (2–3 листьев у кукурузы и ранние фазы роста однолетних двудольных и злаковых сорняков) при нормах расхода 0,4 и 0,5 л/га.

Keywords: herbicide, Adengo, weeds, efficiency, phytotoxicity, yield, corn

скохозяйственных культур в связи с их вредным влиянием на окружающую среду обоснованы, несмотря на существенное снижение норм расхода за последние 30 лет [4].

В условиях смешанного типа засорения наиболее эффективны баковые смеси гербицидов, а также новые препараты, имеющие в своем составе несколько действующих веществ (д.в.), обеспечивающих полную защиту культуры от всего спектра сорных растений [5]. Одним из таких новых гербицидов является Аденго, состоящий из двух д.в. (изоксафлютола и тенкарбазон-метила) и антидота ципросульфида. Препарат зарегистрирован для применения в фазы до появления всходов и по вегетирующим растениям (2–3 листьев у кукурузы и ранние фазы роста однолетних двудольных и злаковых сорняков) при нормах расхода 0,4 и 0,5 л/га.

Центром биологической регламентации использования пестицидов во Всероссийском научно-исследовательском институте

защиты растений (ВИЗР) проведена оценка эффективности этого гербицида в различных почвенно-климатических условиях Европейской части России. Гербицид Аденго показал высокую эффективность при обоих сроках применения, обеспечивая тем самым увеличение урожая зерна кукурузы до 42% [6]. Препарат обеспечивает надежную защиту семеноводческих посевов этой культуры [3, 7–10]. Наилучший результат в борьбе с карантинным сорняком амброзией полыннолистной получен при внесении препарата в фазу трех листьев кукурузы при практически полном уничтожении сорняка [11].

Наличие в составе гербицида Аденго антидота (ципротруфамид) обеспечивает высокий уровень толерантности кукурузы к препарату и дает возможность применять его в более поздние фазы развития культуры, вплоть до восьмого листа, это дает возможность сдерживать появление поздних волн сорняков в посевах кукурузы [12].

В России недостаточно научных исследований по вопросу фитотоксичности гербицидов на культурные растения. Потери урожая сельскохозяйственных культур в результате гербицидного стресса могут достигать 35–50%. Не всегда негативное действие гербицидного стресса проявляется непосредственно сразу после обработки растений. При использовании низких доз этот процесс нивелируется защитными системами растений и происходит активизация их жизнедеятельности, за счет чего продуктивность растений может увеличиваться [13].

В обычных полевых опытах угнетающее или стимулирующее действие гербицидов на культурные растения в большинстве случаев трудно определить, поскольку оно маскируется гораздо большим положительным эффектом, обусловленным снижением засоренности посева. Эту задачу возможно решить путем применения гербицидов на специально подобранном, либо с проведением ручной прополки, чистом от сорняков посевах [14]. Исследования подобного рода проводили в Дальневосточном научно-исследовательском институте защи-

ты растений (ДВНИИЗР). Урожайность зерна кукурузы в вариантах, где гербициды сочетали с ручными прополками, несколько различалась от полученного в контроле с ручной прополкой. На вариантах с применением Дублона Голд, МайсТера и Стеллара разница в урожайности находилась в пределах 1–2% в ту или иную сторону, при внесении Титуса Плюс она была выше на 7% [15, 16].

Цель исследований – изучить эффективность гербицида Аденго в посевах кукурузы на зерно и его возможное фитотоксичное действие на растения и урожайность культуры, определить влияние гербицида Аденго на структуру урожая кукурузы в чистом от сорняков посевах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытных полях ДВНИИЗР в 2017, 2018 гг. Почва опытных участков лугово-бурная оподзоленная среднесуглинистая, содержащая в пахотном горизонте 3–4% гумуса, $pH_{\text{con}} 5,0–5,4$.

Вегетационные периоды 2017 и 2018 гг. характеризовались неравномерным выпадением осадков. Так, в 2017 г. в III декаде июня и в I – июля, также в I – августа и в I декаде сентября выпало всего 14,8–23,2 мм осадков при норме 69–102 мм. В I декаде августа, наоборот, выпало 97,8 мм, что превысило среднемноголетние значения в 2,9 раза. В 2018 г. во II декаде июня и в III – июля отмечен недостаток влаги в почве (выпало всего 12,2 и 3,6 мм). Август и I декада сентября характеризовались переизбытком влаги в почве. За этот период выпало 381 мм осадков (в III декаде августа 191,8 мм) при норме 165,6 мм. В остальные месяцы вегетационных периодов 2017–2018 гг. осадков отмечено на уровне нормы. Температурный фон в июле превышал средние многолетние показатели на 1,5–4,9 °C. В целом погодноклиматические условия вегетационных сезонов 2017 и 2018 гг. были относительно благоприятны для нормального роста и развития растений кукурузы.

Агротехника выращивания кукурузы общепринятая для данного региона – на основе безотвальной обработки почвы. Перед

предпосевной культивацией вносили минеральное удобрение (диаммофоска) в норме 150 кг/га физической массы. Кукурузу гибридной популяции П 8521 высевали с нормой высева 70 000 семян/га. Предшественник – соя.

Гербицид Аденго применяли до всходов, в фазы 2–3 и 5–6 листьев у кукурузы на двух фонах: засоренном в норме расхода 0,5 л/га и чистом от сорняков – 0,5 и 1,0 л/га (двукратная от рекомендованной). Последний участок в течение вегетационного сезона регулярно пропалывали. Рабочие растворы гербицидов вносили ручным штанговым опрыскивателем конструкции Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ВНИИФ) с нормой расхода рабочего раствора 200 л/га. Площадь опытных делянок 22,5 м², повторность четырехкратная, расположение рендомизированное. Початки после просушивания обмолачивали на стационарной молотилке.

Все исследования выполняли согласно утвержденному методическому руководству¹, также по Н.А. Майсуряну [17]. Цифровой материал обрабатывали математически по Б.А. Доспехову² и В.А. Короневскому [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Участки засоренного фона, на которых применяли гербицид Аденго, насчитывали 272–626 растений на 1 м², которые к середине вегетации наращивали общую надземную массу 4181–4305 г/м (см. табл. 1). Около 80% ее давали однолетние злаки (в основном просо куриное) и амброзия полынно-листная.

Гербицид Аденго, внесенный после посева до всходов кукурузы и сорняков, на 67% очищал посев от сорных растений и лишь на 46% снижал наращивание ими надземной массы. Наиболее эффективно на 85–99% он сдерживал рост и развитие однолетних двудольных сорняков, в том числе доминировавшей в этой группе амброзии полынно-листной на 96–100%. Препарат препятствовал прорастанию сизигиевой пушистой, канатника Теофраста, мари белой и горца почечуйного. Акалифа южная была уничтожена на 65%. Однолетних злаков и коммелины обыкновенной возросло на 78 и 17% меньше, и они наращивали надземную массу на 69 и 58%, соответственно, меньше таковой в контроле. Аденго не действовал на многолетние двудольные сорные растения (бодяк щетинистый и осот полевой), которые ввиду отсутствия конкуренции нарастили веге-

Табл. 1. Эффективность гербицида Аденго в посеве кукурузы на зерно (среднее за 2017, 2018 гг.)
Table 1. Efficiency of herbicide Adengo in corn crops for grain (average 2017 and 2018)

Вариант опыта	Гибель сорняков, % к контролю										Урожайность зерна, ц/га	Прибавка урожая, ц/га
	Общая		Однолетние однодольные				Двудольные					
			злаковые		коммелина обыкновенная		однолетние		многолетние			
	число	масса	число	масса	число	масса	число	масса	число	масса		
Контроль* (без гербицидов)	550	4243	238	1640	36	445	207	1589	69	569	7,6	—
Аденго, 0,5 л/га: до всходов	67	46	78	69	17	58	85	99	+9	+ 183	55,2	47,6
фаза 2–3 листьев	69	71	83	80	8	77	82	98	16	+ 48	61,0	53,4
фаза 5–6 листьев	51	78	69	79	+11	40	45	93	53	67	62,2	54,6
НСР ₀₅											6,2	

* Число (шт./м²) и масса (г/м²) сорняков.

¹Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный Город, 2009. 252 с.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

тативную массу почти в 3 раза превышающую контрольную.

При проведении обработки в фазу 2–3 листьев у кукурузы гербицидная активность Аденго повышалась до 71% (масса). Он более эффективно сдерживал рост и развитие однолетних злаков и коммелины обыкновенной. Так же, как и при довсходовом внесении препарат не действовал на бодяк щетинистый и осот полевой, вегетативная масса которых превышала таковую в контроле в 1,5 раза.

Главным преимуществом Аденго, примененного в фазу 5–6 листьев, отмечена гербицидная активность в отношении многолетних двудольных сорняков – бодяка щетинистого и осота полевого, надземная масса которых была меньше, чем в контроле, на 67%.

Урожайные данные полностью соответствовали уровням гербицидной активности, которые были показаны препаратом Аденго в течение вегетационного периода. На контрольном варианте было получено 7,6 ц/га зерна кукурузы. При использовании Аденго в фазы 2–3 и 5–6 листьев сохранено 53,4 и 54,6 ц/га соответственно, что больше, чем при его довсходовом внесении 47,6 ц/га. Изменение условий произрастания отражается на высоте растений. Есть данные, что в период формирования кукурузой девяти листьев высота растений с применением Аденго превышала контроль до 16 см [19].

В параллельном чистом от сорняков опыте изучали фитотоксичность гербицида Аденго и урожайность зерна кукурузы. Препарат вносили на растения в рекомендуемой норме расхода (0,5 л/га) и двукратной от нее (1,0 л/га).

Учет, проведенный в фазу 10–12 листьев у кукурузы, показал, что на контрольном варианте (без гербицидов) растения кукурузы имели высоту в среднем 136 см и наращивали вегетативную массу 391 г/растение (см. табл. 2). На делянках, где гербицид Аденго вносили до всходов и в фазу 2–3 листьев у кукурузы растения были на 1–4 см ниже или равны, их надземная масса была меньше на 3–8 г/растение или равна таковой на контроле. При обработке кукурузы в фазу 5–6 листьев они существенно, на 6–7 см ($HCP_{05} = 5,3$ см), отставали в росте. Кроме того, при опрыскивании препаратом двукратной нормой растения задержались в развитии (67 г/растение, $HCP_{05} = 36$ г/растение).

При проведении учета в фазу молочной спелости початков установлено, что гербицид Аденго, примененный в фазу 5–6 листьев в норме расхода двукратной от рекомендованной, продолжал оказывать существенное фитотоксичное действие на растения кукурузы. Они были на 8 см ($HCP_{05} = 5,6$ см) ниже и наращивали зеленую массу на 66 г/растение меньше ($HCP_{05} = 60$ г/растение), чем в контроле.

Табл. 2. Влияние гербицида Аденго на растения и урожайность зерна кукурузы (среднее за 2017, 2018 гг., ручная прополка)

Table 2. Herbicide Adengo effect on plants and yield of corn (average 2017 and 2018)

Вариант опыта	Срок обработки	Фаза 10–12 листьев		Молочная спелость початков		Урожайность зерна, ц/га	Процент от контроля
		высота одного растения, см	зеленая масса одного растения, г	высота одного растения, см	зеленая масса одного растения, г		
Контроль		136	411	243	788	86,4	100
Аденго, л/га:							
0,5	До всходов	132	411	244	791	84,2	97,4
1,0		133	402	241	770	82,8	95,8
0,5	Фаза 2–3 листьев	135	409	243	790	85,6	99,1
1,0		136	408	243	777	82,9	95,9
0,5	Фаза 5–6 листьев	129	378	238	736	82,1	95,0
1,0		130	344	235	722	78,6	91,0
HCP_{05}		5,3	36	5,6	60	5,8	

Табл. 3. Влияние гербицида Аденго на элементы структуры урожая (среднее за 2017 и 2018 гг., ручная прополка)

Table 3. Herbicide Adengo effect on elements structure of yield (average 2017 and 2018)

Вариант опыта	Длина початка, см	Число зерен в початке, шт.	Масса, г		
			початка	зерна с початка	1000 зерен
Контроль (без гербицидов)	19,9	556	208	175	274
Аденго, л/га:					
до всходов					
0,5	19,5	558	188	162	268
1,0	18,8	536	177	153	268
фаза 2–3 листьев					
0,5	18,8	551	175	153	274
1,0	18,8	529	176	150	263
фаза 5–6 листьев					
0,5	18,6	532	166	146	263
1,0	18,4	526	160	140	251
НСР ₀₅	0,5	16,6	10,1	9,1	1,6

Фитотоксичное действие, оказываемое гербицидом Аденго в течение вегетационного периода на растения культуры, отрицательно сказалось на урожайности зерна. Во всех вариантах с его использованием получено на 0,8–7,8 ц зерна кукурузы /га меньше, чем в контроле (86,4 ц/га). При применении Аденго в фазу 5–6 листьев в норме расхода 1,0 л/га (двукратной от рекомендованной), она достоверно (НСР₀₅ = 5,8 ц/га) на 7,8 ц/га отличалась от контрольной. Следовательно, в случае передозировки гербицид способен оказывать существенное фитотоксичное действие на растения кукурузы и, в конечном счете, значительно снижать урожайность зерна культуры.

Практически во всех вариантах, где применяли гербицид Аденго, масса початка, масса зерна с него, масса 1000 зерен, длина початка и число зерен в початке были достоверно меньше на 20–48 г (НСР₀₅ = 10,1 г), 13–35 г (НСР₀₅ = 9,1 г), 6–23 г (НСР₀₅ = 1,6 г), 0,4–1,5 см (НСР₀₅ = 0,5 см) и 5–30 шт. (НСР₀₅ = 16,6 шт.) соответственно, чем в контроле (см. табл. 3).

ВЫВОДЫ

1. Гербицид Аденго (0,5 л/га) можно использовать как до появления всходов кукурузы и сорняков, так и до фазы 5–6 листьев культуры. Наиболее эффективно подавило рост и развитие сорных растений опрыскивание препаратом в послевсходовый период,

что позволило сохранить на 5,8–7,0 ц/га зерна больше, чем при довсходовом внесении.

2. На чистом от сорняков фоне выявлено, что применение Аденго в норме расхода двукратной от рекомендованной при опрыскивании в фазу 5–6 листьев у кукурузы может оказывать фитотоксичное действие на растения культуры и существенно (до 7,8 ц/га) снижать урожайность зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головки Т.К., Далькэ И.В., Шморгунов Г.Т., Триандафилов А.Ф., Тулинов А.Г. Рост растений и продуктивность кукурузы в холодном климате // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 2. С. 19–23. DOI: 10.31857/S2500-26272019219-23.
2. Сотченко В.С., Горбачева А.Г., Орлянский Н.А., Орлянская Н.А., Ветошкина И.А., Панфилова О.Н., Кривошеев Г.Я. Оптимизация семеноводства гибридной кукурузы и использование селекционных индексов // Кукуруза и сорго. 2017. № 3. С. 3–9.
3. Багринцева В.Н. Защита кукурузы от сорняков в товарных и семеноводческих посевах // Кукуруза и сорго. 2012. № 1. С. 27–28.
4. Промоненков В.К., Овчаренко М.М., Горшков М.И., Анисимов С.В. Энергоинформационное воздействие гербицида на растения // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10022.
5. Гринько А.В. Эффективность гербицидов при комплексном засорении кукурузы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4. С. 53–57.

6. Маханькова Т.А., Голубев А.С. Борушко П.И. Новый гербицид Аденго для защиты кукурузы // Защита и карантин растений. 2013. № 3. С. 29–31.
7. Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Густота стояния растений – один из основных факторов высокой урожайности гибридов кукурузы // Земледелие. 2019. № 1. С. 21–23. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10106.
8. Багринцева В.Н., Шмалько И.А. Оптимальная густота растений раннеспелых гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2018. № 4. С. 27–31. DOI: 10.25715/KS. 2018. 140.21598.
9. Багринцева В.Н., Иваненко И.Н. Отзывчивость гибридов кукурузы и их родительских форм на азотное удобрение // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 4. С. 17–21.
10. Багринцева В.Н., Кузнецова С.В., Губа Е.И. Послеуборочные гербициды с почвенным действием для кукурузы // Кукуруза и сорго. 2015. № 1. С. 22–26.
11. Кузнецова С.В., Багринцева В.Н. Гербициды для борьбы с амброзией в посевах кукурузы // Защита и карантин растений. 2019. № 6. С. 41–43.
12. Иванова Е.С. Обоснование оптимальных сроков применения гербицидов кросс-спектра в посевах кукурузы в Зауралье // Кукуруза и сорго. 2016. № 1. С. 19–24.
13. Наумов М.М., Зимина Т.В., Хрюкина Е.И., Рябчинская Т.А. Роль полифункциональных регуляторов роста растений в преодолении гербицидного стресса // Агрохимия. 2019. № 5. С. 21–28. DOI: 10.1134/S00021881190077.
14. Зуза В.С. Толерантность культурных растений к гербицидам // Агрохимия. 2006. № 10. С. 46–51.
15. Костюк А.В., Лукачёва Н.Г. Оценка экологической безопасности применения гербицида Стеллар // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 30–35.
16. Костюк А.В., Лукачёва Н.Г. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы и толерантность культуры к ним // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 1. С. 38–43. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-5.
17. Майсунян Н.А. Растениеводство: монография. М.: Колос, 1964. 399 с.
18. Короневский В.А. К методике статистической обработки данных многолетних по-

левых опытов // Земледелие, 1985. № 11. С. 56–57.

19. Кашикуев М.В., Хуцинова М.М., Канукова Ж.О. Довсходовое применение гербицидов в посевах кукурузы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 22–28. DOI: 10.30850/VRSN/2019/4/22-28.

REFERENCES

1. Golovko T.K., Dal'ke I.V., Shmorgunov G.T., Triandafilov A.F., Tulinov A.G. Rost rastenii i produktivnost' kukuruzy v kholodnom klimate [Growth of plants and productivity of corn in cold climate]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian Agricultural Sciences], 2019, no. 2, pp. 19–23. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500-26272019219-23.
2. Sotchenko V.S., Gorbacheva A.G., Orlyanskii N.A., Orlyanskaya N.A., Vetoshkina I.A., Panfilova O.N., Krivosheev G.Ya. Optimizatsiya semenovodstva gibridnoi kukuruzy i ispol'zovanie selektsionnykh indeksov [Seed growing optimization of hybrid corn with the use of selection indices]. *Kukuruza i sorgo* [Corn and Sorghum], 2017, no. 3, pp. 3–9. (In Russian).
3. Bagrintseva V.N. Zashchita kukuruzy ot sornyakov v tovarnykh i semenovodcheskikh posevakh [Corn protection against weeds in commodity and seed crops]. *Kukuruza i sorgo* [Corn and Sorghum], 2012, no. 1, pp. 27–28. (In Russian).
4. Promonenkov V.K., Ovcharenko M.M., Gorskho M.I., Anisimov S.V. Energoinformatsionnoe vozdeistvie gerbitsida na rasteniya [Energy-informational effect of the herbicide on plants]. *Agrokhemicheskii vestnik* [Agrochemical Herald], 2019, no. 2, pp. 22–25. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10022.
5. Grin'ko A.V. Effektivnost' gerbitsidov pri kompleksnom zasoreнии kukuruzy [The effect of herbicides application to control complex weed infestation of maize crops]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2014, no. 4, pp. 53–57. (In Russian).
6. Makhan'kova T.A., Golubev A.S. Borushko P.I. Novyi gerbitsid Adengo dlya zashchity kukuruzy [A new herbicide Adengo for corn protection]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2013, no. 3, pp. 29–31. (In Russian).
7. Shmal'ko I.A., Bagrintseva V.N. Gustota stoyaniya rasteniy – odin iz osnovnykh faktorov

- visokoi urozhainosti gibridov kukuruzy [Plant density is one of the main factors of high yield of corn hybrids]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2019, no. 1, pp. 21–23. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10106.
8. Bagrintseva V.N., Shmal'ko I.A. Optimal'naya gustota rastenii rannespelykh gibridov kukuruzy [Optimum plant density for early maturing hybrids of corn]. *Kukuruza i sorgo* [Corn and Sorghum], 2018, no. 4, pp. 27–31. (in Russian). DOI: 10.25715/KS. 2018. 140.21598.
9. Bagrintseva V.N., Ivanenko I.N. Otzyvchivost' gibridov kukuruzy i ikh roditel'skikh form na azotnoe udobrenie [Corn hybrids and their parental forms responsiveness to nitrogen fertilizers]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian Agricultural Sciences], 2017, no. 4, pp. 17–21. (In Russian).
10. Bagrintseva V.N., Kuznetsova S.V., Guba E.I. Poslevskhodovye gerbitsidy s pochvennym deistviem dlya kukuruzy [Post-emergence herbicides with soil action for maize]. *Kukuruza i sorgo* [Corn and Sorghum], 2015, no. 1, pp. 22–26. (In Russian).
11. Kuznetsova S.V., Bagrintseva V.N. Gerbitsidy dlya borbi s ambrosiei v posevakh kukuruzy [Herbicides to control Ambrosia Artemisiifolia in maize crop]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2019, no. 6, pp. 41–43. (In Russian).
12. Ivanova E.S. Obosnovanie optimal'nykh srokov primeneniya gerbitsidov kross-spektra v posevakh kukuruzy v Zaural'e [The substantiation of the optimal terms of the use of herbicides of cross-spectrum in maize seedlings in Trans-Ural Region]. *Kukuruza i sorgo* [Corn and Sorghum], 2016, no. 1, pp. 19–24. (In Russian).
13. Naumov M.M., Zimina T.V., Hryukina E.I., Ryabchinskaya T.A. Rol' polifunktsional'nykh regulyatorov rosta rastenii v preodolenii gerbitsidnogo stressa [Role of multifunctional plant growth regulators in overcoming the herbicidal stress]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2019, no. 5, pp. 21–28. (In Russian). DOI: 10.1134/S00021881190077.
14. Zuza V.S. Tolerantnost' kul'turnich rastenii k gerbitsidam [Tolerance of cultivated plants to herbicides]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2006, no. 10, pp. 46–51 (In Russian).
15. Kostyuk A.V., Lukacheva N.G. Otsenka ekologicheskoi bezopasnosti primeneniya gerbitsida Stellar [Environmental safety assessment of Stellar herbicide application]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 4(251), pp. 30–35. (In Russian).
16. Kostyuk A.V., Lukacheva N.G. Effektivnost' primeneniya gerbitsidov v posevakh kukuruzy i tolerantnost' kul'turi k nim [Efficiency of herbicides in maize sowing and culture tolerance to them]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 1, pp. 38–43. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-5.
17. Maisuryan N.A. *Rasteniyevodstvo* [Plant growing]. Moscow, Kolos Publ., 1964, 399 p. (In Russian).
18. Koronevskii V.A. K metodike statisticheskoi obrabotki dannykh mnogo-letnykh polevykh opytov [On the technique of statistical processing of data from many years of field experiments]. *Zemledelie* [Zemledelie], 1985, no. 11, pp. 56–57. (In Russian).
19. Kashukoev M.V., Khutsinova M.M., Kanukova Zh.O. Dovskhodovoe primeneniye gerbitsidov v posevakh kukuruzy [Pre-emergence herbicide application in corn crop]. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Sciences]. 2019, no. 4, pp. 22–28. (In Russian). DOI: 10.30850/VRSN/2019/4/22-28.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Костюк А.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** 692684, Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42-а, Россия; e-mail: dalniizr@mail.ru

Лукачева Н.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kostyuk A.V.**, Candidate of Science in Agriculture, Head, **address:** 42a, Mira St, Kamen-Rybolov, Khankaiskiy District, Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: dalniizr@mail.ru

Lukacheva N.G., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи 11.12.2019
Received by the editors 11.12.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-6

УДК: 632.401/08:616.5-002.828

ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА *MICROSPORUM CANIS*

¹Кухар Е.В., ¹Киян В.С., ²Глотова Т.И., ²Глотов А.Г.

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

г. Нур-Султан, Республика Казахстан

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Для цитирования: Кухар Е.В., Киян В.С., Глотова Т.И., Глотов А.Г. Фенотипические и молекулярно-генетические свойства *Microsporium canis* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 48–56. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-6.

For citation: Kukhar E.V., Kiyan V.S., Glotova T.I., Glotov A.G. Fenotipicheskie i molekulyarno-geneticheskie svoystva *Microsporium canis* [Phenotypic and molecular genetic properties of *Microsporium canis*]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 48–56. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-6.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

PHENOTYPIC AND MOLECULAR GENETIC PROPERTIES OF *MICROSPORUM CANIS*

¹Kukhar E.V., ¹Kiyan V.S.,
²Glotova T.I., ²Glotov A.G.

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

Проведены многолетние исследования (2012–2018) культур микроскопических грибов (дерматомицетов), выделенных от клинически больных кошек. Отбор проб биоматериала осуществлен от домашних животных с признаками поражения кожи и шерстного покрова в ветеринарных клиниках Республики Казахстан. Молекулярно-генетические исследования, видовая идентификация и определение свойств выделенных культур проведены с помощью утвержденных методических рекомендаций и определителей патогенных и условно-патогенных грибов. Изучены культурально-морфологические (фенотипические), кератинолитические, биохимические и молекулярно-генетические свойства основного вида микроскопических грибов, вызывающего дерматомикозы, – *Microsporium canis*. В результате исследований получены следующие четыре штамма гриба *Microsporium canis*: 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz и 428 Kz. Изученные штаммы характеризовались разнообразием фенотипических свойств (формирование разных по морфологии колоний на пита-

Long-term studies (2012–2018) of cultures of microscopic fungi (dermatomycetes) isolated from clinically sick cats were carried out. Samples of biomaterial were taken from domestic animals with signs of skin and coat damage in veterinary clinics of the Republic of Kazakhstan. Molecular genetic studies, species identification and determination of the properties of selected cultures were carried out in accordance with the approved methodological recommendations and with the use of determinants of pathogenic and potentially pathogenic fungi. Cultural-morphological (phenotypic), keratinolytic, biochemical and molecular genetic properties of the main species of microscopic fungi that cause dermatomycosis – *Microsporium canis* were studied. As a result of research, four strains of the fungus *Microsporium canis*, 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz, and 428 Kz, were obtained. The studied strains were characterized by a variety of phenotypic properties (they formed colonies with different morphology on nutrient media and had a different

тельных средах, разнообразная окраска воздушного и субстратного мицелия), сходством микроструктур (септированный бамбукообразный мицелий с характерным ветвлением, двухслойные веретенообразные макроконидии), биохимических свойств (наличие высокой сахаролитической и уреазной активности) и кератинолитической активностью. Фенотипические характеристики полностью соответствовали культуре микроскопического гриба *Microsporium canis*. Молекулярно-генетические исследования установили идентичность последовательностей полученных штаммов гриба *Microsporium canis* 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz и 428 Kz с опубликованными в GenBank последовательностями штаммов EU181444.1, EF581130.1 и EF581129.1. Молекулярно-генетические исследования позволили идентифицировать полученные культуры дерматомицетов как анаморфную стадию *Microsporium canis*, а также как стадию телеоморфа (*Arthroderma otae*).

Ключевые слова: дерматомицеты, фенотипические свойства, штаммы, воздушный и субстратный м ицелий, макроконидии

ВВЕДЕНИЕ

Microsporium canis – основной вид микроскопических грибов, вызывающих дерматомикозы, которые сопровождаются поражениями кожи и ее производных, передающихся от животного к человеку. В связи с тем, что грибы данной группы поражают кожу, их называют дерматофитами или дерматомицетами. Они широко распространены в природе, имеют большой набор ферментов, легко приспосабливаются к разнообразным источникам питания, могут развиваться на различных субстратах растительного и животного происхождения. По характеру метаболизма, химическому составу клеточных стенок и последовательности рибосомальной РНК данный вид микроскопических грибов относят к эумицетам, классу – аскомицеты. Долгое время их считали типичными представителями несовершенных грибов. Только к концу XX в. благодаря молекулярно-генетическим исследованиям у грибов установлено наличие совершенной стадии, выявлены половые формы – телеоморфы – представители рода *Arthroderma* семейства Arthrodermataceae [1].

color of air and substrate mycelium), as well as similar microstructures (they had septate bamboo-like mycelium with characteristic branching, bilayer spindle-shaped macroconidia), biochemical properties (the presence of high saccharolytic and urease activity) and keratinolytic activity. Phenotypic characteristics fully corresponded to the culture of the microscopic fungus *Microsporium canis*. Molecular genetic studies established the identity of the sequences of the obtained strains of the fungus *Microsporium canis* 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz and 428 Kz with the sequences of strains EU181444.1, EF581130.1 and EF581129.1 published in GenBank. Molecular genetic studies made it possible to identify the cultures of dermatomycetes that were obtained as an anamorphic stage of *Microsporium canis*, as well as a teleomorph known as *Arthroderma otae*.

Keywords: dermatomycetes, phenotypic properties, strains, air and substrate mycelium, macroconidia

В литературе практически отсутствует информация о молекулярно-генетических свойствах *M. canis*, выделенных от домашних животных в Республике Казахстан. Чаще всего изучали только культурально-морфологические и биохимические свойства выделенных культур грибов [2–5].

Выявление *M. canis* посредством посева проб биоматериала, отобранного из очагов поражения животных, на агар Сабуро – самый информативный, но достаточно длительный метод исследования [3, 5, 6]. В условиях ветеринарных клиник диагностика заболевания, вызванного *M. canis*, большей частью ограничивается исследованием проб биоматериала от больных животных под лампой Вуда и их микроскопией, однако эти методы обладают достаточно низкой чувствительностью.

Изучение фенотипических и молекулярно-генетических свойств новых изолятов гриба *M. canis* необходимо для идентификации этиологического агента и его спецификации на уровне штамма. Исследователи ранее использовали различные молекулярные методы для этих целей: анализ полиморфизма

длины рестрикционных фрагментов митохондрий, секвенирование внутренней транскрибированной области (internal transcribed region – ITS) РНК, секвенирование генов, кодирующих белки, амплификацию полиморфной ДНК с произвольно праймированной ПЦР и ПЦР-фингерпринтинг [7–14]. Применение этих методов привело к значительному прогрессу в видовой идентификации и характеристике штаммов *M. canis*. В ходе исследований установлено, что рибосомные области, состоящие из внутренних транскрибированных областей (ITS-1 и ITS-2) являются вариабельными у *M. canis* [15]. Тест-системы на основе ПЦР, выявляющие регионы ITS, – ценный инструмент для видовой идентификации дерматофитов.

Цель исследований – изучение фенотипических и молекулярно-генетических свойств изолятов *Microsporium canis*, выделенных от клинически больных кошек на территории Республики Казахстан.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2012–2018 гг. в ветеринарных клиниках, где отбирали пробы биоматериала от животных с признаками поражения кожи. Молекулярно-генетические исследования проводили в национальной научной лаборатории биотехнологии коллективного пользования Национального центра биотехнологии (ННЛБ КП НЦБ) и лаборатории биотехнологии – диагностическом центре Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий (ИЭВСиДВ СФНЦА РАН).

Поверхностное культивирование для выделения моноспоровых культур грибов и изучение их фенотипических свойств осуществляли на чашках Петри и блоках по Кадену с питательными средами: Сабуро, Чапека, медовый, кукурузный и картофельный агар при температуре 28 °C

Микроморфологию *M. canis* изучали в световом микроскопе при увеличениях 40

и 400. Для этой цели готовили нативные в 50%-м растворе глицерина и окрашенные по Граму препараты через 24, 48, 72 ч и более роста грибов. Видовую идентификацию выделенных культур и определение у них кератинолитической активности проводили с помощью определителя патогенных и условно-патогенных грибов¹.

Для изучения биохимических свойств у выделенных культур грибов использовали среды Гисса с глюкозой, лактозой, маннозой, маннитом, сахарозой (сахаролитическая активность), среду Кристенсена с 40%-й мочевиной (уреазная активность).

Получение ДНК грибов проводили по описанной методике [16]. Для выделения ДНК использовали цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ). К 0,1 г лиофилизированного мицелия в ступке добавляли жидкий азот и измельчали клетки. Для выделения геномной ДНК измельченный мицелий переносили в пробирку Эппендорфа и добавляли 700 мкл буфера для лизиса (2% ЦТАБ) с добавлением 0,2% (мас./об. – массы к объему) В-меркаптоэтанола (Biomatic). Смесь инкубировали при 65 °C в течение 40 мин. Добавляли равный объем хлороформа к объему изоамилового спирта (24 : 1 об./об. – объема к объему). После гомогенизации смеси и центрифугирования при 13 000 об/мин в течение 10 мин при 4 °C супернатант ресуспендировали в стерильную пробирку Эппендорфа. ДНК осаждали двумя объемами холодного 2-пропанола с добавлением 10% (мас./об.) натрий ацетатного буфера (3 М, pH 8) при минус 20 °C в течение 2 ч, дважды промывали 500 мкл 70% этанола, просушивали и ресуспендировали в 100 мкл ТЕ-буфера (40 ММ Трис/HCl, pH 8,0, 2 мМ ЭДТА). Конечную ДНК обрабатывали РНКазой при инкубации при 37 °C в течение 30–60 мин. ДНК элюировали в конечном объеме 200 мкл, разводили до концентрации 50 нг/мкл в воде класса ПЦР. Образцы ДНК хранили при минус 20 °C для дальнейшего использования.

¹ Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. М.: Мир. 2001. 486 с.

Проведена ПЦР-амплификация внутренних транскрибируемых спейсерных (ITS) областей рибосомальной ДНК (рДНК). Область ITS1-5,8S-ITS2 кластера генов ядерной рДНК амплифицирована с использованием пары праймеров: ITS1 (5'-TCGGTAGGTGAACCTGCGG-3'); TS4 (5'-CCTCCGCTTATTGATATGC-3') [17].

ПЦР проводили в общем реакционном объеме 25 мкл, содержащем 5 мкл 5X буфера (Promega), 1 мкл dNTP (20 мМ), 1,5 мкл MgCl₂ (25 мМ), 0,25 U (5 U/мкл) ДНК-полимеразы Taq. 2 мкл праймера (20 пмоль/мкл) и 2 мкл геномной ДНК (50 нг/мкл). Программа амплификации включала в себя начальную денатурацию при 95 °С в течение 3 мин, затем 35 циклов денатурации при 98 °С (15 с), отжиг при 59 °С (60 с), удлинение при 72 °С (120 с) и окончательный период продления 10 мин при 72 °С в термоциклере Biometra (Германия). После амплификации продукты ПЦР подвергали электрофорезу в 1,5%-х агарозных гелях, забуференных 0,5X TBE (4,5 мМ Tris, 4,5 мМ борной кислоты и 1 мМ EDTA, pH 8), окрашивали бромидом этидия и фотографировали.

Продукты ПЦР очищали ферментативными методами с использованием ExoI и SAP, затем последовательности определяли путем секвенирования циклов. Секвенирование проводили с применением BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) согласно инструкции производителя, с последующим разделением фрагментов на автоматическом генетическом анализаторе 3730 × 1 DNA Analyzer (Applied Biosystems) [18–22].

Для сравнительного анализа использовали последовательности штаммов *M. canis* (EU181444.1, EF581130.1, EF581129.1) и *Arthroderma otae* (AB193649.1, AB193632.1, AB193630.1), опубликованные в GenBank.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате микологического исследования проб биоматериала от кошек получены четыре штамма гриба *M. canis*: 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz и 428 Kz. Установлено, что

они отличались разнообразием фенотипических признаков (см. рис. 1).

Штамм *M. canis* 13 Kz формировал на агаре Сабуро пушистые круглые, со стелющимся, белым с желтовато-серым оттенком, слегка порошистым в центре воздушным мицелием с исчерченными радиально колониями. Обратная сторона колонии и субстратный мицелий на агаре Сабуро окрашены в оранжево-коричневый цвет. По краю колонии отмечали формирование пушистого мицелия в виде тонких нитей как на поверхности, так и в глубине агара.

Зрелые колонии штамма *M. canis* 376 Kz выглядели мучнистыми и бугристыми в центре. Обратная сторона имела оранжево-коричневый цвет, субстратный мицелий интенсивно желтый. Край колонии представлен в виде клочков ваты, рост субстратного мицелия выражен слабо.

Штамм *M. canis* 384 Kz формировал комковатые в центре и слабо радиально исчерченные на периферии колонии. Воздушный мицелий окрашивался в бело-серый цвет, субстратный – в оранжево-коричневый.

Штамм *M. canis* 428 Kz рос в виде пушистых белых, местами комковатых, неправильной формы с выраженной зональностью колоний. Обратная сторона имела оранжевый цвет. Растущий край колонии *M. canis* отмечен неровным, субстратный мицелий – хорошо выражен в глубине агара.

У всех штаммов гриба *M. canis* выявлено наличие сходных микроструктур – септированного бамбукообразного мицелия с характерным ветвлением (см. рис. 2).

У штамма *M. canis* 376 Kz выявили септированный прямой бесцветный мицелий, 13 Kz и 384 Kz – септированный бамбукообразный, у штамма 428 Kz – септированный бесцветный с выраженным ветвлением.

В результате микроскопии у всех штаммов *M. canis* выявлены однообразные, характерные веретенообразные макроконидии с двухконтурной клеточной стенкой (см. рис. 3).

Анализ биохимических свойств позволил выявить у всех тестируемых штаммов гриба *M. canis* выраженную сахаролитическую и уреазную активность.

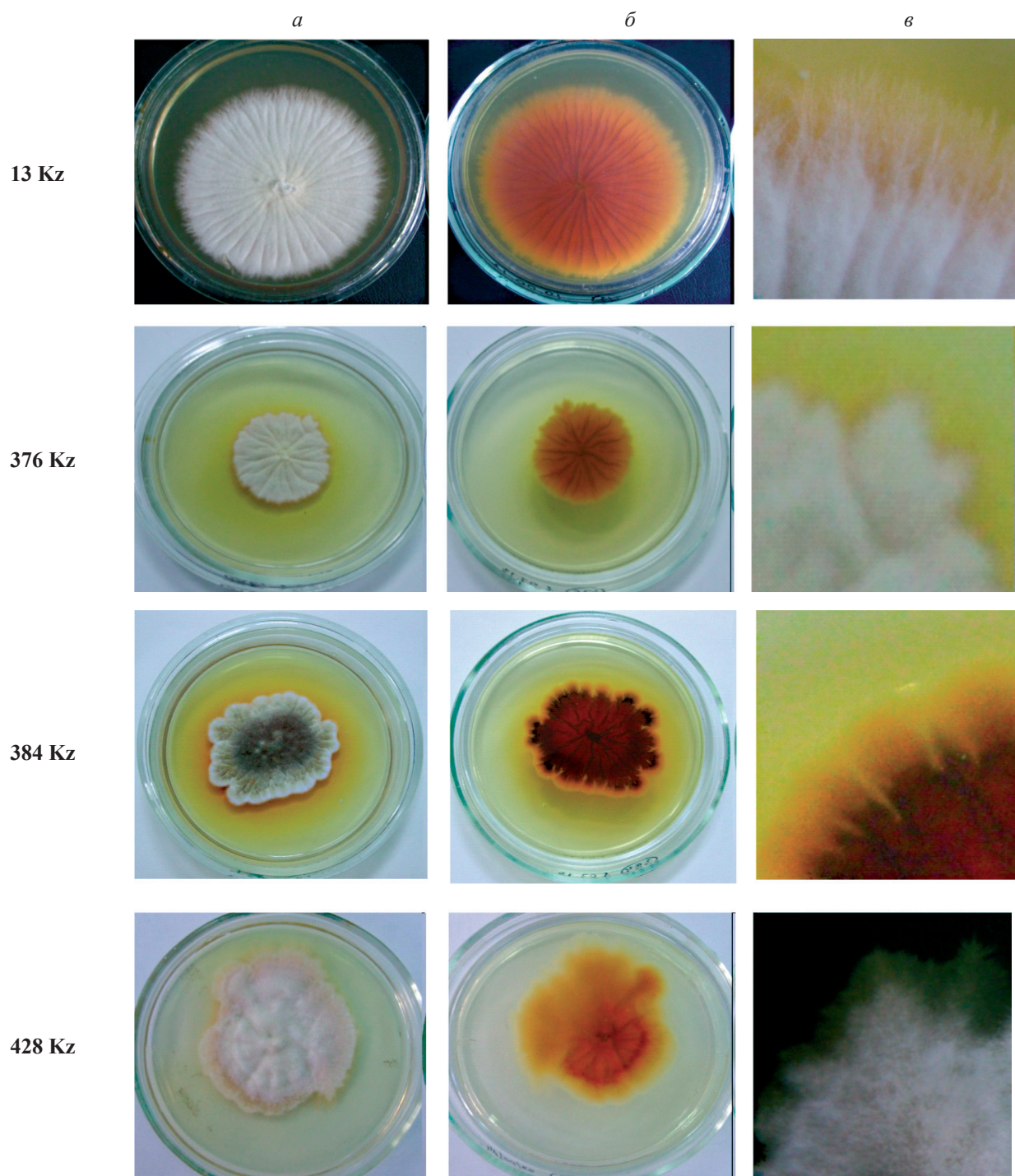


Рис. 1. Колонии штаммов *Microsporum canis* 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz и 428 Kz, агар Сабуро, 28 °C, 25 сут (а – лицевая сторона, б – обратная сторона, в – край колонии)

Fig. 1. Colonies of strains of *Microsporum canis* 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz and 428 Kz, Saburo agar, 28 °C, 25 days (a – front side, b – back side, c – the edge of the colony)

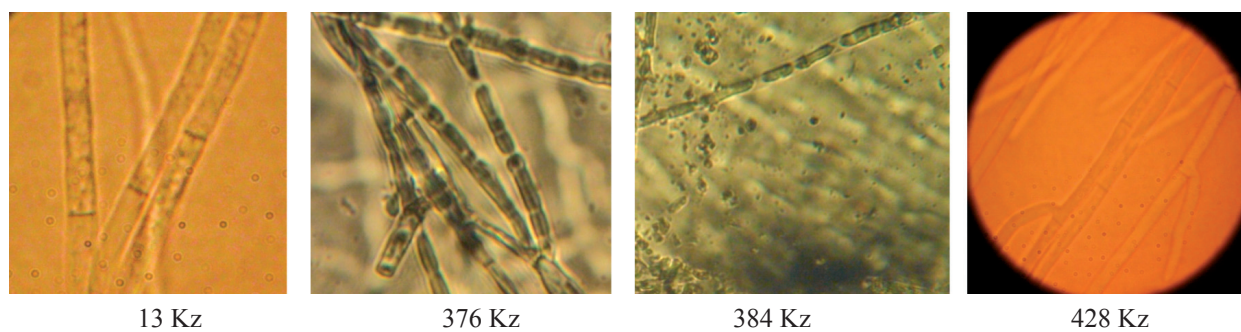


Рис. 2 Строение мицелия у штаммов *Microsporium canis* на агаровых блоках с агаром Сабуро, 28 °С, × 400, 6 сут

Fig. 2. The structure of mycelium in strains of *Microsporium canis* on agar blocks with Saburo agar, 28 °С, × 400, 6 days



Рис. 3. Морфология макроконидий *Microsporium canis* на агаровых блоках с агаром Сабуро, 28 °С, × 400, 14 сут

Fig. 3. Morphology of macroconidia *Microsporium canis* on agar blocks with Saburo agar, 28 °С, × 400, 14 days

Все выделенные штаммы *M. canis* проявили выраженную кератиолитическую активность при проведении теста на перфорацию волоса, что является доказательством их этиологической роли в выявленной патологии кожи и ее производных у домашних животных.

При идентификации культур зоофильных штаммов *Microsporium* spp., выделенных от домашних кошек стандартным диагностическим методом, проведенным посредством посева проб биоматериала на глюкоз-

ный агар Сабуро, установлено следующее. Фенотипически все штаммы 13 Kz, 376 Kz, 384 Kz и 428 Kz являлись видом *M. canis*, обладали характерными культуральными и морфологическими признаками. Также штаммы практически не отличались по наличию сахаролитической активности. Все четыре штамма активно сбраживали глюкозу, сахарозу, мальтозу, лактозу и маннит, которые входили в состав среды Гисса. Штамм 13 Kz отличался от других штаммов более слабо выраженной уреазной активностью.

Установлено, что классическая морфологическая диагностика достаточно достоверно позволяет идентифицировать штаммы *M. canis*. На высокий процент диагностической достоверности указывает и наличие клинически выраженных признаков заболевания у больных животных.

В результате молекулярно-генетических исследований культуры дерматомицетов идентифицировали как анаморфную стадию *M. canis* и в то же время – как стадию телеоморфа (*Arthroderma otae*). Подтверждено, что выделенные от кошек микроскопические грибы принадлежали роду *Microsporium*, виду *canis*. Нуклеотидные последовательности штамма *M. canis* 376 Kz депонированы в GenBank под номером SUB6566355 Seq_376-Kz MN661346. Анализ нуклеотидной последовательности штаммов *M. canis* посредством анализа ITS региона подтвердил результаты изучения их культурально-морфологических и биохимических свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Штаммы дерматомицетов, выделенные от клинически больных кошек на территории Республики Казахстан, в результате исследований определены как представители зоофильных дерматофитов *Microsporium canis*. Штаммы *M. canis* характеризуются разнообразием фенотипических признаков, наличием типичных морфологических структур, сахаролитической, уреазной и кератинолитической активностью. Анализ нуклеотидных последовательностей внутренних транскрибированных областей позволил подтвердить результаты изучения культурально-морфологических свойств выделенных культур гриба и идентифицировать штаммы как анаморфы *Microsporium canis* и как телеоморфы *Arthroderma otae*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Weitzman I., McGinnis M.R., Padhye A., Ajello L. The genus *Arthroderma* and its later synonym *Nannizzia*. *Mycotaxon*. 1986. Vol. 25. P. 505–518.
2. Глотова Т.И. Вспышка микроспории у домашних кошек // Ветеринария. 1997. № 11. С. 47–50.
3. Глотова Т.И. Дерматомикозы собак и кошек в условиях города // Ветеринария. 1998. № 1. С. 32–33.
4. Шалаев И.М., Глотова Т.И., Тугунова Т.Б., Лайшев К.А., Глотов А.Г. Особенности распространения и лечения дерматофитозов собак и кошек в условиях Крайнего Севера // Российский ветеринарный журнал. 2007. № 3. С. 6–9.
5. Кухар Е.В., Глотова Т.И., Глотов А.Г. Серологическая диагностика микроспории у собак и кошек // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2016. № 4. С. 6–9.
6. Frymus T., Gruffydd-Jones T., Pennisi M.G., Addie D., Belák S., Boucraut-Baralon C., Egberink H., Hartmann K., Hosie M.J., Lloret A., Lutz H., Marsilio F., Möstl K., Radford A.D., Thiry E., Truyen U., Horzinek M.C. Dermatophytosis in cats: ABCD guidelines on prevention and management // *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2013. Vol. 15(7). P. 598–604. DOI: 10.1177/1098612X13489222.
7. Kawasaki M., Aoki M., Ishizaki H., Nishimura K., Miyaji M. Phylogeny of *Epidermophyton floccosum* and other dermatophytes // *Mycopathologia*. 1996. Vol. 134 (3). P. 121–128. DOI: 10.1007/bf00436718.
8. Graser Y., Kuijpers A.F., El Fari M., Presber W., De Hoog G.S. Molecular and conventional taxonomy of the *Microsporium canis* complex // *Medical Mycology*. 2000. Vol. 38. P. 143–153. DOI: 10.1080/mmy.38.2.143.153.
9. Sharma R., Rajak R.C., Pandey A.K., Graser Y. Internal Transcribed Spacer (ITS) of rDNA of appendaged and non-appendaged strains of *Microsporium gypseum* reveals *Microsporium appendiculatum* as its synonym // *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2006. Vol. 89 (1). P. 197–202. DOI: 10.1007/s10482-005-9018-x.
10. Jung H.J., Kim S.Y., Jung J.W., Park H.J., Lee Y.W., Choe Y.B., Ahn K.J. Identification of dermatophytes by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis of metalloproteinase-1 // *Ann Dermatol*. 2014. Vol. 26 (3). P. 338–342.
11. Kano R., Okabayashi K., Nakamura Y., Ooka S., Kashima M., Mizoguchi M. Differences among chitin synthase 1 gene sequences in *Trichophyton rubrum* and *T. violaceum* // *Medical Mycology*. 2000. Vol. 38 (1). P. 47–50. DOI: 10.1080/mmy.38.1.47.50.
12. Mochizuki T., Tanabe H., Kawasaki M., Ishizaki H., Jackson C.J. Rapid identification of *Trichophyton tonsurans* by PCR-RFLP analysis of ribosomal DNA regions // *Journal of Dermatological Science*. 2003. Vol. 32 (1). P. 25–32. DOI: 10.1016/s0923-1811(03)00030-6.
13. Liu D., Coloe S., Baird R., Pedersen J. // Application of PCR to the identification of dermatophyte fungi. *Journal of Medical Microbiology*. 2000. Vol. 49 (6). P. 493–497. DOI: 10.1099/0022-1317-49-6-493
14. Graser Y., El Fari M., Presber W., Sterry W., Tietz H.J. Identification of common dermatophytes (*Trichophyton*, *Microsporium*, *Epidermophyton*) using polymerase chain reactions // *British Journal of Dermatology*. 1998. Vol. 138 (4). P. 576–582. DOI: 10.1046/j.1365-2133.1998.02165.x.
15. Turin L., Riva F., Galbiati G., Cainelli T. Fast simple and highly sensitive double-rounded polymerase chain reaction assay to detect medically relevant fungi in dermatological specimens // *European Journal of Clinical Investigation*. 2000. Vol. 30 (6). P. 511–518. DOI: 10.1046/j.1365-2362.2000.00659.x.
16. Sadfi-Zouaoui N., Hannachi I., Rouaissi M., Hajlaoui M.R., Rubio M.B., Monte E., Boudabous A., Hermosa M.R. Biodiversity of *Tricho-*

- derma* strains in Tunisia // Canadian Journal of Microbiology. 2009. Vol. 55 (2). P. 154–162. DOI: 10.1139/w08-101.
17. White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White (ed.). PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, Inc., New York, 1990. P. 315–322.
18. White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: a guide to methods and applications. USA. New York: Academic Press, 1990. 482 p.
19. Werle E., Schneider C., Renner M., Völker M., Fiehn W. Convenient single-step, one tube purification of PCR products for direct sequencing // Nucleic Acids Research. 1994. Vol. 22. P. 4354–4355. DOI: 10.1093/nar/22.20.4354.
20. Korf I., Yandell M., Bedell J. BLAST. O'Reilly Media, 2003. 360 p.
21. Kumar S., Tamura K., Nei M. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment // Briefings in bioinformatics. 2004. Vol. 5. P. 150–163.
22. Clayton R.A., Sutton G., Hinkle P.S., Bult Jr.C., Fields C. Intraspecific variation in small-subunit rRNA sequences in GenBank: why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa // International Journal of Systematic Bacteriology. 1995. Vol. 45. P. 595–599. DOI: 10.1099/00207713-45-3-595.
1. Weitzman I., McGinnis M.R., Padhye A., Ajello L. The genus *Arthroderma* and its later synonym *Nannizzia*. *Mycotaxon*, 1986, vol. 25, pp. 505–518.
2. Glotova T.I. Vspyshka mikrosporii u domashnikh koshek [Microsporia outbreak in domestic cats]. *Veterinariya* [Veterinary Science], 1997, vol. 11, pp. 47–50 (In Russian).
3. Glotova T.I. Dermatomikozy sobak i koshek v usloviyakh goroda [Dermatomycosis of dogs and cats in the city]. *Veterinariya* [Veterinary Science], 1998, vol. 1, pp. 32–33 (In Russian).
4. Shalaev I.M., Glotova T.I., Tugunova T.B., Lajshiev K.A., Glotov A.G. Osobennosti rasprostraneniya i lecheniya dermatofitozov sobak i koshek v usloviyakh Kraynego Severa [Features of the spread and treatment of dermatophytosis in dogs and cats in the Far North]. *Rossiiskij veterinarnyj zhurnal* [Russian Veterinary Journal], 2007, vol. 3, pp. 6–9. (In Russian).
5. Kuhar E.V., Glotova T.I., Glotov A.G. Serologicheskaya diagnostika mikrosporii u sobak i koshek [Serological diagnosis of microsporia in dogs and cats] *Rossiiskij veterinarnyj zhurnal. Melkie domashnie i dikiye zhivotnye* [Russian Veterinary Journal. Small pets and wild animals] 2016, vol. 4, pp. 6–9. (In Russian).
6. Frymus T., Gruffydd-Jones T., Pennisi M.G., Addie D., Belák S., Boucraut-Baralon C., Egberink H., Hartmann K., Hosie M.J., Lloret A., Lutz H., Marsilio F., Möstl K., Radford A.D., Thiry E., Truyen U., Horzinek M.C. Dermatophytosis in cats: ABCD guidelines on prevention and management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 2013, vol. 15 (7), pp. 598–604. DOI: 10.1177/1098612X13489222.
7. Kawasaki M., Aoki M., Ishizaki H., Nishimura K., Miyaji M. Phylogeny of *Epidermophyton floccosum* and other dermatophytes. *Mycopathologia*, 1996, vol. 134 (3), pp. 121–128. DOI: 10.1007/bf00436718.
8. Graser Y., Kuijpers A.F., El Fari M., Presber W., De Hoog G.S. Molecular and conventional taxonomy of the *Microsporium canis* complex. *Medical Mycology* 2000, vol. 38, pp. 143–153. DOI: 10.1080/mmy.38.2.143.153.
9. Sharma R., Rajak R.C., Pandey A.K., Graser Y. Internal Transcribed Spacer (ITS) of rDNA of appendaged and non-appendaged strains of *Microsporium gypseum* reveals *Microsporium appendiculatum* as its synonym. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 2006, vol. 89 (1), pp. 197–202. DOI: 10.1007/s10482-005-9018-x.
10. Jung H.J., Kim S.Y., Jung J.W., Park H.J., Lee Y.W., Choe Y.B., Ahn K.J. Identification of dermatophytes by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis of metalloproteinase-1. *Ann Dermatol*, 2014, vol. 26 (3), pp. 338–342.
11. Kano R., Okabayashi K., Nakamura Y., Ooka S., Kashima M., Mizoguchi M. Differences among chitin synthase 1 gene sequences in *Trichophyton rubrum* and *T. violaceum*. *Medical Mycology*, 2000, vol. 38 (1), pp. 47–50. DOI: 10.1080/mmy.38.1.47.50.
12. Mochizuki T., Tanabe H., Kawasaki M., Ishizaki H., Jackson C.J. Rapid identification of *Trichophyton tonsurans* by PCR-RFLP analysis of ribosomal DNA regions. *Journal of Dermatological Science*, 2003, vol. 32 (1), pp. 25–32. DOI: 10.1016/s0923-1811(03)00030-6.

13. Liu D., Coloe S., Baird R., Pedersen J. Application of PCR to the identification of dermatophyte fungi. *Journal of Medical Microbiology*, 2000, vol. 49 (6), pp. 493–497. DOI: 10.1099/0022-1317-49-6-493.
14. Graser Y., El Fari M., Presber W., Sterry W., Tietz H.J. Identification of common dermatophytes (Trichophyton, Microsporum, Epidermophyton) using polymerase chain reactions. *British Journal of Dermatology*, 1998, vol. 138 (4), pp. 576–582. DOI: 10.1046/j.1365-2133.1998.02165.x.
15. Turin L., Riva F., Galbiati G., Cainelli T. Fast simple and highly sensitive double-rounded polymerase chain reaction assay to detect medically relevant fungi in dermatological specimens. *European Journal of Clinical Investigation*, 2000, vol. 30 (6), pp. 511–518. DOI: 10.1046/j.1365-2362.2000.00659.x.
16. Sadfi-Zouaoui N., Hannachi I., Rouaissi M., Hajlaoui M.R., Rubio M.B., Monte E., Boudabous A., Hermosa M.R. Biodiversity of Trichoderma strains in Tunisia. *Canadian Journal of Microbiology*, 2009, vol. 55 (2), pp. 154–162. DOI: 10.1139/w08-101.
17. White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J., White T.J. (ed.). *PCR protocols: a guide to methods and applications*. New York, Academic Press, Inc., 1990, pp. 315–322.
18. White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: *PCR Protocols: a guide to methods and applications*. USA. New York: Academic Press, 1990, 482 p.
19. Werle E., Schneider C., Renner M., Volker M., Fiehn W. Convenient single-step, one tube purification of PCR products for direct sequencing. *Nucleic Acids Research*, 1994, vol. 22, pp. 4354–4355. DOI: 10.1093/nar/22.20.4354.
20. Korf I., Yandell M., Bedell J. *BLAST*. O'Reilly Media, 2003, 360 p.
21. Kumar S., Tamura K., Nei M. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. *Briefings in bioinformatics*. 2004, vol. 5, pp. 150–163.
22. Clayton R.A., Sutton G., Hinkle P.S., Bult Jr. C., Fields C. Intraspecific variation in small-subunit rRNA sequences in GenBank: why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1995, vol. 45, pp. 595–599. DOI: 10.1099/00207713-45-3-595.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кухар Е.В., доктор биологических наук, доцент, e-mail: kucharev@mail.ru

Киян В.С., доктор PhD, руководитель, e-mail: vskiyan@gmail.com

✉ **Глотова Т.И.**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦАРН, а/я 463, e-mail: t-glotova@mail.ru

Глотов А.Г., доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий лабораторией, e-mail: glotov_vet@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Kukhar E.V., Doctor of Science in Biology, Assistant Professor, e-mail: kucharev@mail.ru

Kiyan V.S., PhD, Head, e-mail: vskiyan@gmail.com

✉ **Glotova T.I.**, Doctor of Science in Biology, Professor, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia, e-mail: t-glotova@mail.ru

Glotov A.G., Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Head of the Laboratory, e-mail: glotov_vet@mail.ru

Дата поступления статьи 27.12.2019
Received by the editors 27.12.2019

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ СОДЕРЖАНИЯ БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ НА ИХ МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И СОХРАННОСТЬ

¹Фахрутдинова Р.Ш., ¹Афоница И.А., ²Сошникова Т.А.

¹Томский сельскохозяйственный институт –
филиал Новосибирского государственного аграрного университета
Томск, Россия

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Томск, Россия

Для цитирования: Фахрутдинова Р.Ш., Афоница И.А., Сошникова Т.А. Влияние способов содержания бычков герефордской породы на их мясную продуктивность и сохранность // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 57–63. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-7.

For citation: Fakhrutdinova R.Sh., Afonina I.A., Soshnikova T.A. Vliyanie sposobov soderzhaniya na myasnuyu produktivnost' i sokhrannost' bychkov porody gereford. [Influence of housing methods of young bulls of Hereford breed on their meat productivity and survival rate]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 57–63. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-7.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

В сравнительном аспекте изучены показатели продуктивности, сохранности и поведенческие реакции бычков герефордской породы при выращивании их в зимний период в условиях северной части Колпашевского района Томской области. В период содержания отмечена низкая средняя температура воздуха: от 20 °С в октябре до –50 °С в декабре – январе и –49 °С в феврале. Бычков контрольной группы во время зимовки содержали в помещении типа «трехстенка», опытной – в помещении облегченного типа. Прирост живой массы молодняка опытной группы был выше в 2,2 раза, по убойной массе на 68,3 кг и массе внутреннего жира на 6,0 кг больше по сравнению с показателями контрольной. В опытной группе сохранность бычков к убою была в 2 раза выше, чем в контрольной. Опытные животные по живой массе в возрасте 15 мес к убою превосходили контрольных на 19%. Этологические исследования показали, что помещения разных типов оказывают существенное влияние на поведение животных. Продолжительность приема корма бычков контрольной группы была меньше на 54 мин, или 15%. Животные также тратили на 95 мин меньше, или 20,21%, на жвачку по сравнению с опытными бычками. Бычки при содер-

INFLUENCE OF HOUSING METHODS OF YOUNG BULLS OF HEREFORD BREED ON THEIR MEAT PRODUCTIVITY AND SURVIVAL RATE

¹Fakhrutdinova R.Sh., ¹Afonina I.A.,
²Soshnikova T.A.

¹Tomsk Agricultural Institute, Branch of the
Novosibirsk State Agrarian University
Tomsk, Russia

²Tomsk State University of Control Systems
and Radioelectronics
Tomsk, Russia

The indicators of productivity, survival rate and behavior of young bulls of Hereford breed were studied in a comparative aspect when they were raised in winter in the northern part of Kolpashevsky district of the Tomsk region. During the housing period, low average air temperatures were observed: from 20°C in October to –50°C in December – January and –49°C in February. Bulls of the control group were kept in a unit of the "three-wall" type during wintering, while bulls of the experimental group – in a lightweight unit. The increase in live weight of bulls of experimental group was 2.2 times higher than that in the control group, the slaughter weight was by 68.3 kg and the weight of internal fat was by 6.0 kg more than in the control. In the experimental group, the survival rate of bulls before slaughtering was 2 times higher than that in the control. In terms of live weight, experimental animals from the age of 15 months to slaughter exceeded the control group by 19%. Ethological studies showed that different types of housing units had a significant impact on animal behavior. The feed intake of the bulls of the control group was shorter by 54 minutes, (15%) than that of the experimental group. Animals also

жании в помещении облегченного типа больше времени находились в движении, вследствие чего отдыхали меньше на 45 мин, что способствовало усилению обменных процессов в организме. Животные опытной группы на 50 мин больше затрачивали на поедание корма по сравнению с бычками, находившимися в «трехстенке». Температура воздуха в помещении типа «трехстенка» была близка к температуре воздуха окружающей среды, при этом бычки большую часть времени затрачивали на отдых лежа. Рентабельность выращивания бычков опытной группы превышала показатель контрольной в 1,6 раза. В помещениях облегченного типа условия содержания в зимний период при экстремально низкой температуре воздуха оказались наиболее благоприятными.

Ключевые слова: мясная продуктивность, сохранность, бычки, герефордская порода

ВВЕДЕНИЕ

Мясное скотоводство в России имеет все шансы создания отечественной сырьевой базы говядины и перспективу вхождения в число экспортеров говядины со статусом экологически чистой продукции¹ [1, 2]. Однако в связи с широким разнообразием поясов, большинство из которых отличается суровым климатом, разведение импортного скота, закупленного за большие финансовые средства, не всегда эффективно [3, 4].

Наряду с полноценным кормлением скота мясного направления продуктивности не менее важны условия их содержания, особенно в зимний период, которые значительным образом влияют на биологическую полноценность говядины и продуктивность убойного скота [5–8].

Цель исследования – изучить влияние содержания бычков герефордской породы на их мясную продуктивность и сохранность в условиях хозяйства, расположенного в северной части Колпашевского района Томской области.

Задачи исследования – изучить влияние условий содержания бычков герефордской породы на их откормочную и мясную про-

ductivity; проанализировать влияние условий содержания бычков на их сохранность; изучить влияние содержания бычков в разных типах помещений на их поведенческие реакции; экономически обосновать результаты проведенных исследований.

Keywords: meat productivity, survival rate, bulls, Hereford breed

дуктивность; проанализировать влияние условий содержания бычков на их сохранность; изучить влияние содержания бычков в разных типах помещений на их поведенческие реакции; экономически обосновать результаты проведенных исследований.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальную часть работы проводили в условиях хозяйства Колпашевского района Томской области с 1 октября 2018 г. по 28 февраля 2019 г.

Для проведения опыта по принципу аналогов с учетом породы, возраста, живой массы сформировали две группы (контрольную и опытную) подопытных животных по 10 гол. в каждой. Бычков контрольной группы содержали в помещении типа «трехстенка», опытной – в помещении облегченного типа. Содержание животных было групповое беспривязное.

Кормление подопытных животных в дневное время производили на выгульно-кормовой площадке, оборудованной кормушками. Для отдыха скота сформировали навозно-соломенный курган.

¹Ранделин Д.А. Научно-практическое обоснование производства конкурентоспособной говядины на основе оптимизации использования породных ресурсов мясного скота: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Волгоград, 2018. 49 с.

Кормление подопытных животных соответствовало нормам ВИЖа². Общая питательность рационов животных была примерно одинаковой. Объем кормов по мере роста животных увеличивали, однако общая структура рациона оставалась без изменений. Средняя постановочная масса составила 265 кг, продолжительность опыта – 150 дней.

Контроль над ростом молодняка осуществляли путем индивидуального ежемесячного взвешивания до утреннего кормления, по результатам которого рассчитывали общий прирост живой массы и среднесуточный прирост.

Суточный ритм поведения животных изучали по методике В.И. Великжанина [9]. Показатели мясной продуктивности исследовали на основе контрольного убоя трех животных в возрасте 15 мес. Определяли предубойную, убойную массу, массу туши и внутреннего жира.

Полученные экспериментальные данные обработаны при использовании методов вариационной статистики с применением компьютерной программы Microsoft Office Excel 2010.^{3,4}

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение исследуемого периода среднесуточный прирост живой массы бычков изменялся в зависимости от погодных условий. С ноября отмечено резкое снижение энергии роста бычков контрольной группы, и эта тенденция продолжалась в последующие периоды, особенно с декабря по февраль. Выявлено превосходство животных опытной группы по среднесуточному приросту живой массы. Увеличение этого показателя составило от 1,5 до 2,6 раза ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольной группой (см. табл. 1).

К концу эксперимента бычки опытной группы превосходили своих сверстников из контрольной по приросту живой мас-

Табл. 1. Динамика среднесуточного прироста живой массы подопытных бычков герефордской породы, г ($n = 10$)

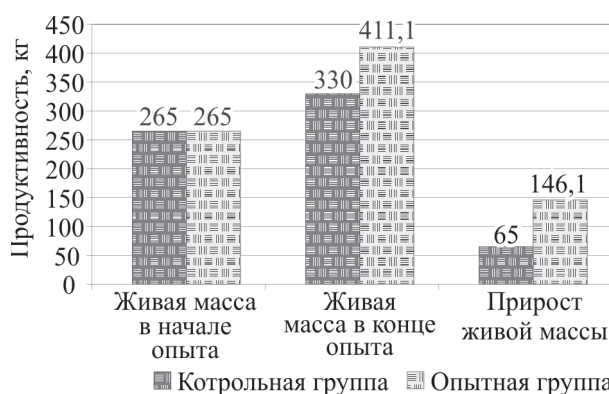
Table 1. Dynamics of the average daily gain in live weight of experimental bulls of Hereford breed, g ($n = 10$)

Возраст, мес	Группа	
	контрольная	опытная
10–11	600,0 ± 10,31	902,7 ± 9,34*
11–12	400,0 ± 12,30	985,0 ± 10,30*
12–13	390,0 ± 11,23	988,2 ± 9,32*
13–14	390,6 ± 10,11	997,2 ± 9,31*
14–15	380,0 ± 11,71	997,1 ± 9,90*
Среднее	433,3 ± 5,92	974,0 ± 9,92*

* $p \leq 0,05$.

сы на 88,1 кг, или в 2,2 раза, что связано с более высоким усвоением питательных веществ из корма при содержании животных в условиях помещения облегченного типа (см. рис. 1).

По результатам исследований сохранности животных контрольной группы за период опыта три бычка получили обморожение конечностей, два выбракованы по причине простудных заболеваний, три бычка травмированы. Таким образом, в контрольной группе падеж за период опыта составил пять бычков, что составило 50% сохран-



Показатели откормочной продуктивности бычков герефордской породы

Hereford bull feeding productivity indicators

²Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие, 3-е изд-е, перераб. и доп. / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. М., 2003 56 с.

³Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд.-во МГУ, 1970. 367 с.

⁴Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос, 1976. 304 с.

ности. Выбраковку животных при содержании в помещении облегченного типа не проводили, так как сохранность их составила 100% (см. табл. 2).

При убое бычков в 15-месячном возрасте отмечено, что животные опытной группы показали хорошую мясную продуктивность. От бычков этой группы получены туши массой в среднем 225,1 кг, которые были выше на 61,4 кг ($p \leq 0,05$), чем в контрольной (см. табл. 3). Туши отличались хорошей упитанностью и жировым поливом. Бычки опытной группы характеризовались наибольшим содержанием мякоти в туше и превосходили молодняк контрольной по данному показателю на 6,4% ($p \leq 0,05$). Низкое содержание костей в туше опытных бычков способствовало повышению коэффициен-

та мясности, который был на 1,6% ($p \leq 0,05$) выше, чем у контрольных.

При проведении исследований обнаружены изменения не только в живой массе, скорости роста, но и в поведении животных при содержании в разных типах помещения в условиях наиболее низких температур зимнего периода.

В декабре (-50°C), январе (-47°C) и феврале (-49°C) отмечены самые низкие показатели средней температуры воздуха. Продолжительность приема корма бычков контрольной группы была меньше на 54 мин (15,0%) ($p \leq 0,05$). Животные также меньше на 95 мин (20,2%) ($p \leq 0,05$) тратили на жвачку по сравнению с бычками опытной группы. Температура воздуха в помещении типа «трехстенка» была близка к температуре воздуха окружающей среды, при этом бычки контрольной группы больше на 171 мин (23,6%) затрачивали на отдых (см. табл. 4).

Животные опытной группы лучше оплачивали корма продукцией. В опытной группе получен прирост на 81,1 кг ($p \leq 0,05$) больше, а затраты корма ниже в 2,2 раза ($p \leq 0,05$) ниже, чем в контрольной (см. табл. 5).

Табл. 2. Сохранность бычков герефордской породы в зимний период ($n = 10$)

Table 2. Survival rate of bulls of Hereford breed in the winter period ($n = 10$)

Причина падежа	Группа	
	контрольная	опытная
Обморожение конечностей	3	—
Простудные заболевания	2	—
Травма	3	1
Пало гол., %	5	—
Сохранность, %	50	100

Табл. 3. Результаты контрольного убоя подопытных бычков герефордской породы в возрасте 15 мес ($n = 10$)

Table 3. The results of the control slaughter of experimental bulls of Hereford breed at the age of 15 months ($n = 10$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Предубойная живая масса, кг	$330,0 \pm 6,22$	$411,1 \pm 5,62$
Масса парной туши, кг	$163,7 \pm 6,03$	$225,1 \pm 6,11^*$
Масса внутреннего жира, кг	$5,9 \pm 1,90$	$11,9 \pm 2,01$
Убойная масса туши, кг	$169,6 \pm 5,91$	$237,9 \pm 5,21^*$
Убойный выход, %	$51,4 \pm 5,41$	$57,9 \pm 4,22$
Выход мякоти, %	$76,7 \pm 2,75$	$83,1 \pm 3,91^*$
Выход кости, %	$23,3 \pm 0,92$	$16,9 \pm 0,79^*$
Коэффициент мясности	3,3	4,9*

* $p \leq 0,05$.

Табл. 4. Затраты суточного времени на элементы поведения бычков герефордской породы в зимний период ($n = 10$)

Table 4. Amount of time spent on behavioral routine by bulls of Hereford breed in the winter ($n = 10$) daily

Элементы поведения животных в течение суток	Группа			
	контрольная		опытная	
	мин	%	мин	%
Прием корма	$306 \pm 1,0^*$	21,25	$360 \pm 1,2$	25,01
Отдых:	$725 \pm 1,5^*$	50,55	$554 \pm 1,0$	38,47
лежа	$491 \pm 1,0$	67,72	$375 \pm 1,0$	67,69
стоя	$234 \pm 1,0$	32,28	$179 \pm 1,0$	32,32
Движение	$34 \pm 1,0$	2,36	$56 \pm 1,0$	3,89
Жвачка:	$374 \pm 1,0^*$	26,04	$470 \pm 1,0$	32,64
лежа	$244 \pm 1,0$	65,60	$230 \pm 1,0$	48,94
стоя	$130 \pm 1,0$	34,40	$240 \pm 1,0$	51,06

* $p \leq 0,05$.

Условия содержания бычков опытной группы способствовали снижению себестоимости 1 кг мяса на 20,46% по сравнению с контрольной (см. табл. 6).

Табл. 5. Оплата корма продукции от бычков герефордской породы ($n = 10$)

Table 5. Feed products in two groups of bulls of Hereford breed ($n = 10$)

Показатель	Группа	
	контроль- ная	опытная
Прирост живой массы, кг	65,0	146,1
Затраты кормов на период выращивания (150 дней), к. ед.	1080,0	1080,0
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, к. ед.	16,6	7,4

Табл. 6. Себестоимость 1 кг прироста живой массы бычков герефордской породы, р. ($n = 10$)

Table 6. The cost of 1 kg increase in live weight of bull of Hereford breed, р. ($n = 10$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Корма	89,29	68,09
Заработная плата с отчислениями на социальные нужды	14,77	14,77
Энергоресурсы	21,87	18,30
Прочие затраты	13,58	9,81
Итого	139,51	110,97

Табл. 7. Экономическая эффективность содержания бычков герефордской породы в помещении легкого типа ($n = 10$)

Table 7. Economic efficiency of keeping bulls of Hereford breed in a light-type unit ($n = 10$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Валовый прирост живой массы за период опыта, кг	650,0	1461,0
Себестоимость 1 кг мяса прироста, р.	139,51	110,97
Общая себестоимость прироста живой массы, тыс. р.	90,68	162,13
Цена реализации 1 кг мяса прироста, р.	250	250
Выручка от валового прироста живой массы тыс. р.	162,50	365,25
Прибыль, тыс. р.	71,82	203,12
Уровень рентабельности, %	79,20	125,28

Выращивание бычков на мясо до 15-месячного возраста в экстремальных условиях северной части Колпашевского района дает хороший хозяйственный эффект лишь при содержании их в помещении облегченного типа. Уровень рентабельности выращивания животных опытной группы выше в 1,6 раза по сравнению с показателем контрольной (см. табл. 7).

ВЫВОДЫ

1. Наилучшие показатели по приросту живой массы, выходу туши, массе внутреннего жира имели животные опытной группы, что свидетельствует об эффективности содержания бычков в помещении облегченного типа.

2. Прирост живой массы молодняка опытной группы был выше в 2,2 раза, по убойной массе туши на 68,3 кг и массе внутреннего жира на 6,0 кг больше по сравнению с показателями контрольной.

3. В опытной группе сохранность бычков к убою была в 2 раза выше, чем в контрольной.

4. Рентабельность выращивания бычков опытной группы превышала показатель контрольной в 1,6 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунин И.М. Племенные ресурсы специализированного мясного скотоводства – основа интенсивного производства говядины в России // Зоотехния. 2018. № 2. С. 2–4.
2. Амерханов Х.А. Мирошников С.А., Костюк Р.В. Проект концепции устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации на период до 2030 года // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 1. С. 7–12.
3. Ранделин Д.А., Сударев Н.П., Абылкасымов Д., Щукина Т.Н. Мясное скотоводство в Российской Федерации и перспективы его развития // Зоотехния. 2018. № 2. С. 24–26.
4. Тюлебаев С.Д., Столновский Ю.А., Лукьянов А.А. К созданию нового типа мясного скота для северо-запада и центральных регионов Российской Федерации // Зоотехния. 2019. № 1. С. 7–10.

5. Дунин И.М., Кочетков А.А. Перспективы и риски развития мясного скотоводства в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 6. С. 2–5.
6. Донецких А.Г. Продуктивность и биологические особенности симментальской, абердин-ангусской и герефордской пород крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 4. С. 74–76.
7. Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., Чудинова Ю.В., Гаг А.В., Кинсфатор О.А. Исследование биологических особенностей и продуктивных качеств галловейской породы крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в условиях Томской области: монография. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2018. 102 с.
8. Кононенко С.И., Забашта Е.Н. Критерии производства органической говядины // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 52. № 3. С. 68–72.
9. Великжанин В.И. Классификация систем поведения сельскохозяйственных животных // Поведение животных в условиях промышленных комплексов. М.: Колос, 1979. С. 24–54.
4. Tyulebaev S.D., Stolnovskii Yu.A., Luk'yanov A.A. K sozdaniyu novogo tipa myasnogo skota dlya severa-zapada i tsentral'nykh regionov Rossiiskoi Federatsii [To the creation of a new type of meat cattle for the northwest and the central regions of the Russian Federation]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2019, no. 1, pp. 7–10. (In Russian).
5. Dunin I.M., Kochetkov A.A. Perspektivy i riski razvitiya myasnogo skotovodstva v Rossiiskoi Federatsii [Prospects and risks of meat husbandry development in Russia]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2017, no. 6, pp. 2–5.
6. Donetskikh A.G. Produktivnost' i biologicheskie osobennosti simmental'skoi, aberdin-angusskoi i gerefordskoi porod krupnogo rogatogo skota [Productivity and biological features of Simmental, Aberdeen-Angus and Hereford Cattle Breeds]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2019, no. 4, pp. 74–76. (In Russian).
7. Fakhrutdinova R.Sh., Afonina I.A., Chudinova Yu.V., Gaag A.V., Kinsfaktor O.A. *Issledovanie biologicheskikh osobennostei i produktivnykh kachestv galloveiskoi porody krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti v usloviyakh Tomskoi oblasti* [The study of the biological characteristics and productive qualities of the Galloway breed of beef cattle in the conditions of the Tomsk region: monograph.]. Novosibirsk: «Zolotoi kolos» Publ., 2018, 102 p. (In Russian).
8. Kononenko S.I., Zabashta E.N. Kriterii proizvodstva organicheskoi govyadiny [Criteria for organic beef production]. *Izvestiya Gor'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Journal of Proceedings of Gorsky State Agrarian University]. 2018, vol. 52, no. 3, pp. 68–72. (In Russian).
9. Velikzhanin V.I. *Klassifikatsiya sistem povedeniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Povedenie zhivotnykh v usloviyakh promyshlennyykh kompleksov* [Classification of farm animal behavior systems перевод. Behavior of animals in industrial complexes]. M.: Kolos Publ., 1979, pp. 24–54. (In Russian).
1. Dunin I.M. Plemennye resursy spetsializirovannogo myasnogo skotovodstva – osnova intensivnogo proizvodstva govyadiny v Rossii [Breeding resources of specialized beef cattle – the basis of intensive meat production in Russia]. *Zootekhnika*. [Zootechnika], 2018, no. 2, pp. 2–4. (In Russian).
2. Amerkhanov Kh.A., Miroshnikov S.A., Kostyuk R.V. Proekt kontseptsii ustoichivogo razvitiya myasnogo skotovodstva v Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda [Draft concept for the sustainable development of beef cattle breeding in the Russian Federation for the period up to 2030]. *Vestnik myasnogo skotovodstva* [The Herald of Beef Cattle Breeding], 2017, no. 1, pp. 7–12. (In Russian).
3. Randelin D.A., Sudarev N.P., Abylkasymov D., Shchukina T.N. Myasnoe skotovodstvo v Rossiiskoi Federatsii i perspektivy ego razvitiya [Status of beef cattle-breeding in the Russian Federation and perspectives of its further development]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2018, no. 2, pp. 24–26. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Фахрутдинова Р.Ш.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томск, ул. Карла Маркса, 19; e-mail: zootehnik_tshi@mail.ru

Афонина И.А., кандидат биологических наук, доцент; e-mail: afonina_ia@mail.ru

Сошникова Т.А., кандидат биологических наук, доцент; e-mail: tatyana_s@vtomske.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Fakhrutdinova R.Sh.**, Candidate of Science in Agriculture, Assistant Professor, **address:** 19, Karl Marx St, Tomsk, 634050, Russia; e-mail: zootehnik_tshi@mail.ru

Afonina I.A., Candidate of Science in Biology, Assistant Professor; e-mail: afonina_ia@mail.ru

Soshnikova T.A., Candidate of Science in Biology, Assistant Professor; e-mail: tatyana_s@vtomske.ru

*Дата поступления статьи 18.10.2019
Received by the editors 18.10.2019*



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-8

УДК: 631.313.5+631.514

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БОРОН И ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ В ПОЧВЕ

¹Яковлев Н.С., ¹Назаров Н.Н., ²Лапшин И.П., ¹Рассомахин Г.К., ¹Маркин В.В.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Тюмень, Россия

Для цитирования: Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Лапшин И.П., Рассомахин Г.К., Маркин В.В. Исследование процесса скольжения кольцевых рабочих органов борон и почвообрабатывающих агрегатов в почве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 64–72. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-8.

For citation: Yakovlev N.S., Nazarov N. N., Lapshin I.P., Rassomakhin G.K., Markin V.V. Issledovanie protsesssa skol'zheniya kol'tsevykh rabochikh organov boron i pochvobratyvyayushchikh agregatov v pochve [Study of the sliding process of harrow ring working bodies and soil-tillage units in soil]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 64–72. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-8.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

STUDY OF THE SLIDING PROCESS OF HARROW RING WORKING BODIES AND SOIL-TILLAGE UNITS IN SOIL

¹Yakovlev N.S., ¹Nazarov N.N., ²Lapshin I.P., ¹Rassomakhin G.K., ¹Markin V.V.

¹Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Northern Trans-Ural State Agricultural University
Tyumen, Russia

Представлены результаты теоретических и полевых исследований скольжения кольца кольцевого катка при качении его по полю под углом атаки. Расчетным путем определена скорость скольжения кольца катка в зависимости от технических и кинематических параметров кольца. Анализ показал, что скорость скольжения кольца катка зависит от угловой скорости катка, диаметра кольца, угла атаки кольца и глубины обработки им почвы. На скорость скольжения также оказывают влияние изменение влажности и твердости почвы, ее механический состав, скорость движения и форма рабочих органов. Полевые исследования проводили на среднесуглинистых выщелоченных черноземных почвах Новосибирской области. Эксперимент проведен с кольцами, которые используются на почвообрабатывающих агрегатах «Лидер», кольцевых боронах «Лидер БКМ-3,6» и «Лидер БКС-8». Исследования проводили в два периода. Первый –

The paper presents the results theoretical and field study of the ring of a ring roller when it slides across the field at the angle of attack. By calculation, the sliding speed of the roller ring is determined depending on the technical and kinematic parameters of the ring. The analysis showed that the sliding speed of the roller ring depends on the angular velocity of the roller, the diameter of the ring, the angle of attack of the ring and the depth of soil tillage. The sliding speed is also influenced by changes in soil moisture and hardness, its mechanical composition, speed of movement and the shape of the working bodies. Field studies were performed on medium loamy leached chernozem soil of Novosibirsk Region. The experiment was carried out with rings that are used on the Leader tillage units and ring harrows Leader BKM-3.6 and Leader BKS-8. The study was carried out in two periods. The first period was characterized by relative soil moisture

при относительной влажности почвы 19,4% и плотности почвы 1,0 г/см³, второй – при влажности 14,0% и плотности – 1,35 г/см³. Коэффициент скольжения определяли для колец диаметром 500, 600 и 700 мм на рабочих скоростях 2; 2,8 и 3,3 м/с, угол атаки кольца устанавливали 20, 25 и 30 град. Установлены наиболее рациональные параметры колец для борон: диаметр кольца – 600 мм; угол атаки 25 град; рабочая скорость в почве с плотностью 1,0 и 1,35 г/см³ – 3,3 м/с. Для почвообрабатывающих агрегатов с катками диаметром 500 мм рекомендуется устанавливать угол атаки 20 град. Рабочая скорость в почве плотностью 1,0 г/см³ должна быть 3,3 м/с, с плотностью 1,35 г/см³ – 2,8 м/с.

Ключевые слова: почвообрабатывающий агрегат, скольжение, угол атаки, плотность почвы, влажность почвы

ВВЕДЕНИЕ

Рабочие органы почвообрабатывающих машин работают в абразивной почвенной среде и подвергаются интенсивному износу, изменяют форму, размеры и геометрию режущих кромок. Эти изменения приводят к потере работоспособности машины и возникновению отказа. Часть отказов почвообрабатывающих машин связана не с выходом из строя отдельных деталей или узлов, а с ухудшением их характеристик и выходом за допустимые пределы. Изменение геометрических размеров почвообрабатывающих рабочих органов также оказывает большое влияние на тяговое сопротивление машин.

Для ландшафтных систем земледелия в Сибирском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) СФНЦА РАН разработаны почвообрабатывающие и посевные машины с кольцевыми рабочими органами, которые обеспечивают качественную обработку поверхностного слоя почвы и очистку его от сорняков¹ [1, 2]. Однако износ рабочих органов снижает их работоспособность. На скорость износа ока-

of 19.4% and soil density of 1.0 g/cm³, the second – by moisture content of 14.0% and density – of 1.35 g/cm³. The slip coefficient was determined for rings with a diameter of 500, 600 and 700 mm at operating speeds of 2, 2.8 and 3.3 m/s, the angle of attack of the ring was set to 20, 25 and 30 degrees. The most rational parameters of rings for harrows were established: ring diameter – at 600 mm; angle of attack – at 25 degrees; working speed in soil with density of 1.0 and 1.35 g/cm³ – 3.3 m/s. For tillage machines with rollers with a diameter of 500 mm, it is recommended to set the angle of attack of 20 degrees. The working speed in the soil with density of 1.0 g/cm³ should be 3.3 m/s, with density of 1.35 g/cm³ – 2.8 m/s.

Keywords: tillage unit, sliding, angle of attack, soil density, soil moisture content

зывают влияние такие факторы, как изменение влажности и твердости почвы, ее механический состав, скорость движения и форма рабочих органов, а также свойства материалов, из которых они изготовлены. Продолжительность работы кольцевых рабочих органов без ремонта характеризуют количеством обработанных гектаров или часов непрерывной работы. Изнашивающая способность почвы – это результат режущего или скользящего воздействия составляющих почву абразивных частиц. В основе абразивного изнашивания лежит процесс микрорезания поверхности деталей вершинами абразивных зерен [3]. Особенность износа кольцевых рабочих органов заключается в том, что кроме скольжения почвы по поверхности кольца, оно скользит по твердому необрабатываемому слою почвы. Поскольку сила давления кольца на почву значительно больше массы почвы, проходящей через кольцо, то тыльная часть кольца изнашивается гораздо быстрее, чем режущая кромка (см. рис. 1). В этом случае большую роль играет скольжение кольца катка при качении его под углом атаки по полю, что является причиной его износа.

¹Nazarov N. Yakovlev N. Ivanov N. Blynsky Y. Project designing of crop production agricultural technologies // XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry IOP Conf. Series: Earth Environmental Science. 2019.



Рис. 1. Батарея рабочих органов кольцевой бороны:

a – каток кольцевой бороны в сборе; *б* – износ тыльной стороны кольца и его деформация

Fig. 1. The battery of the working bodies of the ring harrow:

a – roller of the ring harrow assembled; *b* – wear of the back side of the ring and its deformation

Цель работы – определить технические и технологические параметры кольца катка, при которых его износ является минимальным.

Задачи исследования – теоретически определить зависимость скорости скольжения кольца катка от его технических и кинематических параметров; выявить наиболее рациональные параметры кольца катка, при которых его скольжение будет минимальным.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Кольцо катка кольцевой бороны движется в почве на глубине h под углом атаки γ . Кольцо нагружено силой от массы машины G и движущей силой P_0 , которая делится на две составляющие: нормальную P_n , действующую вдоль обода кольца, и тангенсальную P_t , действующую перпендикулярно ободу кольца. Под действием силы P_t кольцо рабочей гранью воздействует на почву, разрыхляет ее и отбрасывает в сторону, противоположную углу атаки, а сила P_n вращает кольцо [4, 5]. Сила сопротивления почвы F_0 имеет две составляющие: силу F_n , препятствующую перекачиванию кольца в почве, и силу F_t , пересыпающую почву через кольцо (см. рис. 2).

Нормальную P_n и тангенсальную P_t составляющие определим, как

$$P_n = P_0 \cdot \cos \gamma, \quad P_t = P_0 \cdot \sin \gamma, \quad (1)$$

где P_0 – сила, движущая кольцо катка в почве; γ – угол атаки кольца, град.

Нормальную F_n и тангенсальную F_t составляющие силы сопротивления передвижению кольца в почве, определим как

$$F_n = F_0 \cdot \cos \gamma, \quad F_t = F_0 \cdot \sin \gamma. \quad (2)$$

Для определения смещения точек обода катящегося кольца относительно почвы будем считать, что в момент контакта тела являются отвердевшими [6, 7].

На жесткое кольцо кольцевого катка, катящегося по мягкой почве, действуют вертикальная сила от массы машины G и сила сопротивления передвижению кольца катка в почве F_n . Вектор результирующей силы F от силы сопротивления передвижению кольца в почве F_n и массы машины G проходит через точку B , лежащую на ободу кольца (см. рис. 3). Смещение точки обода кольца относительно почвы определяется скоростью скольжения.

Фактически на линии поверхности контакта кольца с почвой может происходить не скольжение, а деформация кольца. В связи с

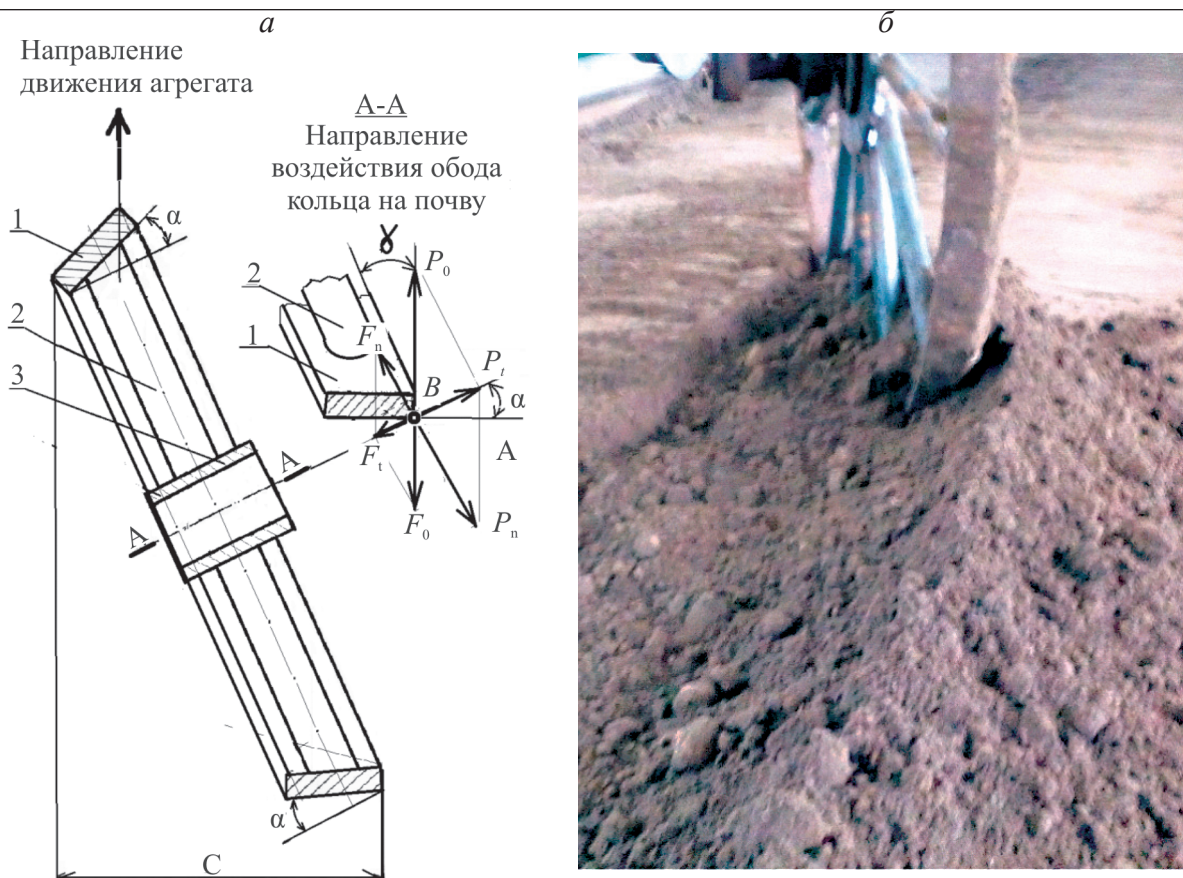


Рис. 2. Силы, действующие на рабочую грань конусного кольца:

a – схема действия сил на режущую кромку кольца; *б* – кольцо экспериментальной установки в работе

Fig. 2. Forces acting on the working face of the conical ring:

a – diagram of the action of forces on the cutting edge of the ring; *b* – the ring of the experimental unit in operation

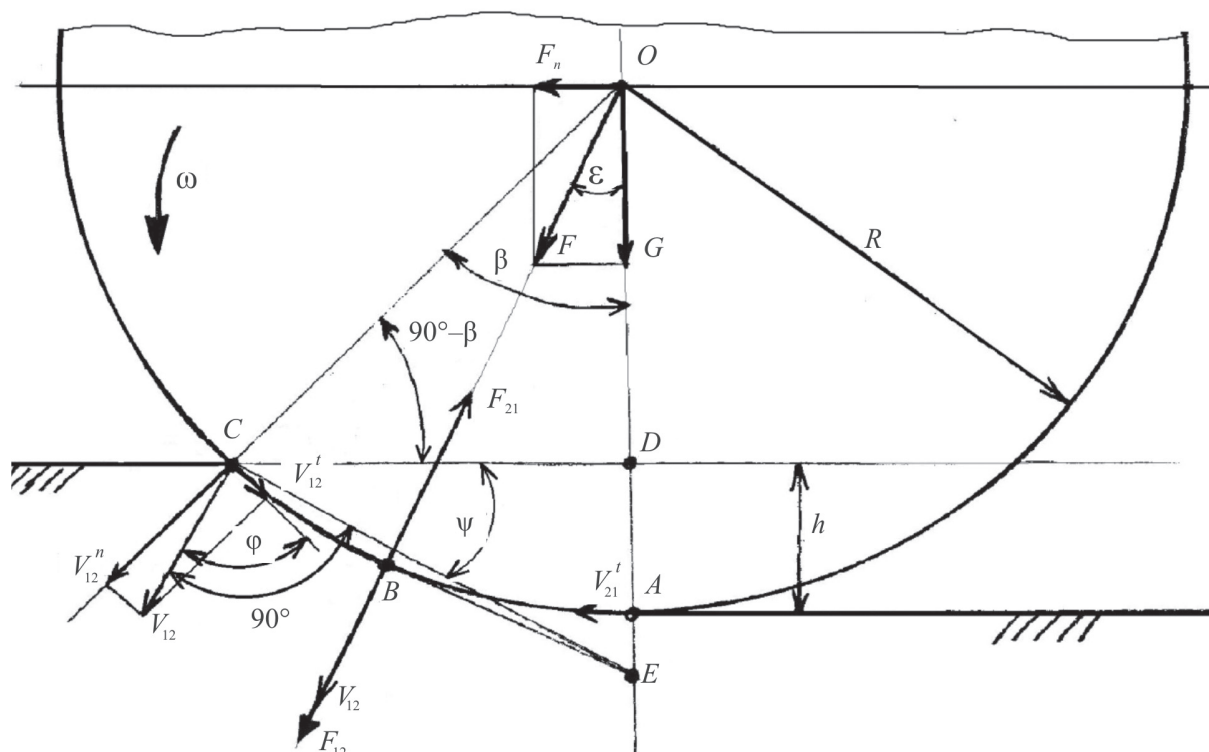


Рис. 3. Силы, действующие на конусное кольцо

Fig. 3. Forces acting on the conical ring

этим, рассматривая взаимодействие кольца с почвой, определим касательную, составляющую скоростей точек обода кольца. Величина этой составляющей влияет на износ обода как в случае скольжения, так и в случае деформации [8–10]. Полагаем, что равнодействующая P_{21} реакции основания кольца проходит через точку B и тогда равновесие системы будет при условии $F + P_{21} = 0$. Вектор V_{12} скорости точки B обода кольца совпадает с направлением вектора $F = P_{12}$. В связи с этим мгновенный центр скоростей будет находиться в точке E , на пересечении перпендикуляра к вектору скорости V_{12} в точке B с вертикалью, проходящей через центр кольца, точку O . Скорость скольжения кольца в точке C (место касания кольцом почвы) определим по формуле

$$V_{12}' = V_{12} \cdot \cos \varphi, \quad (3)$$

где V_{12}' – скорость скольжения кольца в точке C , м/с; V_{12} – мгновенная скорость кольца в точке C , м/с; φ – угол между вектором мгновенной скорости и вектором скорости скольжения кольца. Мгновенная скорость будет равна

$$V_{12} = \omega \cdot CE = \omega \cdot \frac{CD}{\cos \psi} = \frac{\omega \cdot R \cdot \sin \beta}{\cos \psi}, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость кольца катка, рад/с; R – радиус кольца, м; β – угол входа кольца катка в почву, град; ψ – угол между поверхностью поля и перпендикуляром к вектору мгновенной скорости в точке C , град. Углы φ и ψ связаны между собой соотношением $\varphi = \beta + \psi$.

Подставляя (4) в формулу (3), получим

$$V_{12}' = \frac{\omega \cdot R \cdot \sin \beta \cdot \cos \varphi}{\cos \psi} = \omega \cdot \sqrt{h \cdot (2R - h)} \cdot \frac{\cos (\beta + \psi)}{\cos \psi}, \quad (5)$$

где R – радиус кольца, м; h – глубина обработки почвы кольцом катка, м.

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{DE}{CD} = \frac{\frac{R}{\cos \varepsilon} - (R - h)}{R \cdot \sin \beta} =$$

$$\frac{\frac{R}{\cos \varepsilon} - (R - h)}{\sqrt{h \cdot (2R - h)}} = \frac{R - (R - h) \cdot \cos \varepsilon}{\cos \varepsilon \cdot \sqrt{h \cdot (2R - h)}}. \quad (6)$$

Величина улов ψ и φ зависит от расположения точки E , мгновенного центра скоростей, на отрезке OE . Положение точки E определяется расстоянием OE . Расстояние OE определяет величина угла ε , которая зависит от силы F_n и силы от массы G , приходящегося на одно кольцо:

$$OE = \frac{R}{\cos \varepsilon} = \frac{R \cdot F}{G} = \frac{R \cdot \sqrt{F_n^2 + G^2}}{G} = \frac{R \cdot \sqrt{(F_0 \cdot \cos \gamma)^2 + G^2}}{G}, \quad (7)$$

где ε – угол между равнодействующей F и прямой OE , $\cos \varepsilon = \frac{G}{F}$.

Анализ (5) и (6) показывает, что скорость скольжения кольца V_{12}' зависит от соотношения сил G и F_n , угла атаки кольца γ , диаметра кольца катка и глубины обработки почвы кольцом, $V_{12}' = 0$ при $\beta + \psi = 90^\circ$.

Для проверки теоретических исследований проведены опыты в полевых условиях. На навеске трактора МТЗ-80 устанавливали балку, к которой крепили поводок с кольцом (см. рис. 2). Кольцо настраивали на рабочую глубину 40–50 мм, устанавливали поводок на балке под углом атаки, и трактор с установленной скоростью проезжал через зачетный участок. Для эксперимента выбраны кольца диаметром 500, 600 и 700 мм. Такие кольца используются на почвообрабатывающих агрегатах «Лидер» и кольцевых боронах «Лидер БКМ-3,6» и «Лидер БКС-8». Угол атаки также принимали в соответствии с принятыми углами на указанных агрегатах – 20, 25 и 30 град. Скорость 7, 10 и 12 км/ч устанавливали соответствующей передачей трактора и контролировали временем прохождения 10-метрового зачетного участка. На поле осуществляли видеосъемку, в лаборатории на компьютере проводили хронометраж прохождения зачетного участка. Число оборотов и пройденное расстояние кольцом катка определяли путем установки на

кольце отметчика, который оставлял на почве отметки после выполнения полного оборота кольца. По данным отметкам отсчитывали 10 оборотов и измеряли расстояние рулеткой. Скольжение колец оценивали коэффициентом скольжения μ , выражая его соотношением $\mu = (I - 2\pi n)/I = \Delta I/I$, где ΔI – путь, пройденный кольцом скольжением; n – число оборотов кольца [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводили на полигоне СибИМЭ СФНЦА РАН в два этапа – 14.08. и 21.09. 2018. Это обуславливалось необходимостью изучить влияние физического состояния почвы на коэффициент скольжения кольца. Так, влажность почвы 14.08.2020 на рабочей глубине кольца 40–50 мм в

слое 0–5 см составляла 19,4%, плотность – 1,0 г/см³, 21.09.2020 – 14,0% и 1,35 г/см³ соответственно (см. таблицу).

Анализ результатов исследования показал, что влажность и плотность почвы оказывали влияние на коэффициент скольжения, но определенной закономерности выявить не удалось. У кольца диаметром 500 мм при установленном угле атаки 20 град. коэффициент скольжения на мягкой почве плотностью 1,0 г/см³ с увеличением рабочей скорости уменьшался от 0,15 до 0,12, на твердой плотностью 1,35 г/см³ увеличивался от 0,13 до 0,15 (см. рис. 4, 5).

С увеличением угла атаки до 25 град. на скорости 2,8 м/с коэффициент скольжения на мягкой почве не изменялся, на твердой почве при скорости 3,3 м/с отмечено его снижение от 0,15 до 0,14. При дальнейшем

Влажность и плотность почвы при проведении исследований
Moisture and soil density during research

Дата	Глубина взятия образца почвы, см					
	0–5		5–10		10–15	
	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Плотность, г/см ³
14.08.2018	19,4	1,00	21,0	1,02	21,0	1,23
21.09.2018	14,0	1,35	18,2	1,50	18,2	1,49

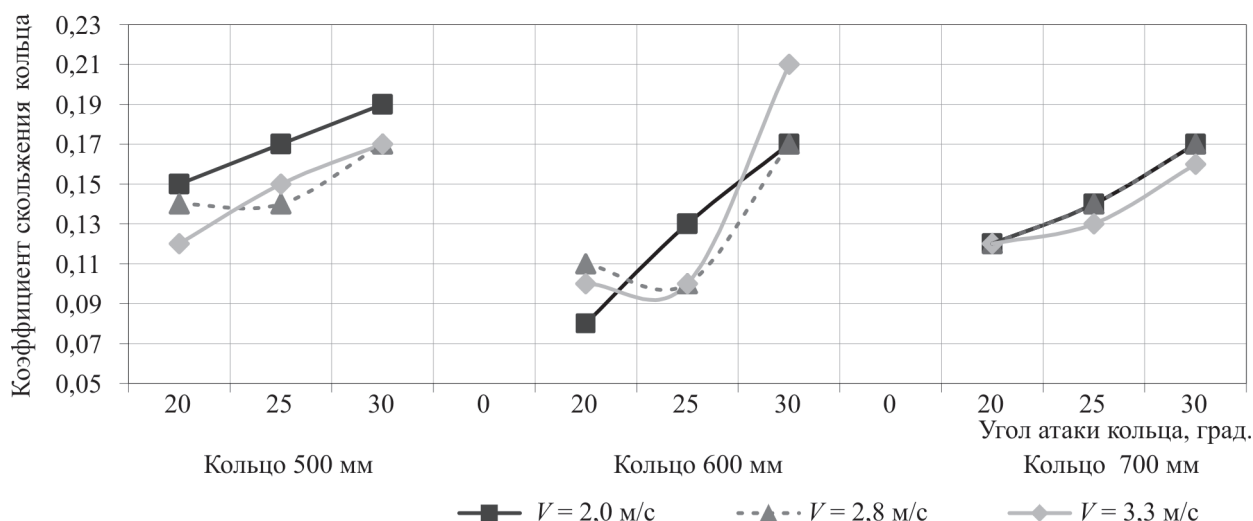


Рис. 4. Изменение коэффициента скольжения в зависимости от угла атаки (мягкая почва): относительная влажность в слое 0–5 см – 19,4%, плотность – 1,0 г/см³, в слое 5–10 см влажность – 21%, плотность – 1,02 г/см³

Fig. 4. Change in slip coefficient depending on the angle of attack (soft soil): Relative moisture in the 0–5 cm layer is 19.4%, density is 1.0 g/cm³, in the 5–10 cm layer moisture is 21%, density is 1.02 g/cm³

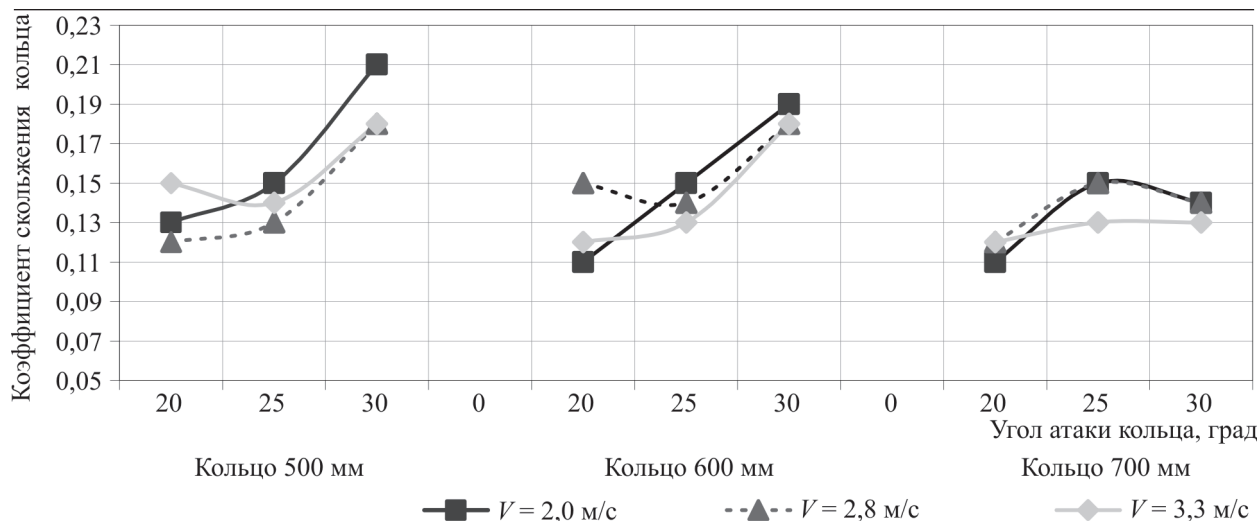


Рис. 5. Изменение коэффициента скольжения в зависимости от угла атаки (твердая почва): в слое 0–5 см относительная влажность почвы – 14,0%, плотность – 1,35 г/см³; в слое 5–10 см влажность – 18,2%, плотность – 1,49 г/см³

Fig. 5. Change in slip coefficient depending on the angle of attack (hard soil): in the 0–5 cm layer, the relative soil moisture is 14.0%, the density is 1.35 g/cm³; in the layer of 5–10 cm, moisture – 18.2%, density – 1.49 g/cm³

увеличении угла атаки до 30 град. коэффициент скольжения увеличивался на мягкой почве до 0,17, на твердой – до 0,18. Необходимо отметить, что в данном случае повышение рабочей скорости не влияло на изменение коэффициента скольжения как на мягкой, так и на твердой почве.

У кольца диаметром 600 мм при установке угла в 20 град. и скорости 2,0 м/с отмечен самый низкий коэффициент скольжения: на мягкой почве 0,08, на твердой – 0,11. С увеличением рабочей скорости коэффициент скольжения увеличивался на мягкой почве до 0,11, на твердой – до 0,15. Когда угол атаки составлял 25 град., рабочая скорость – 2,8 м/с, коэффициент скольжения снижался на мягкой почве до 0,1, на твердой – до 0,14. С увеличением угла атаки до 30 град. коэффициент скольжения увеличивался, на мягкой почве в интервале рабочей скорости от 2,0 до 2,8 м/с он был 0,17. С повышением рабочей скорости до 3,3 м/с коэффициент скольжения возрастал до 0,21. На твердой почве в интервале скорости до 2,8 до 3,3 м/с коэффициент скольжения составил 0,18 и далее не изменялся (см. рис. 4, 5).

Скольжение в почве кольца диаметром 700 мм несколько отличалось. Когда угол

атаки равен 20 град., коэффициент скольжения при увеличении скорости не изменялся и оставался на уровне 0,12, причем, это характерно как для мягкой, так и для твердой почвы. При увеличении угла атаки до 25 град. коэффициент скольжения увеличивался от 0,12 до 0,14 на мягкой почве, до 0,15 на твердой. При рабочей скорости 3,3 м/с коэффициент скольжения составлял 0,13 как на мягкой, так и на твердой почве. С увеличением угла атаки до 30 град. на мягкой почве коэффициент скольжения увеличивался до 0,16 при рабочей скорости 3,3 м/с и до 0,17 при скорости 2,0–2,8 м/с. На твердой почве происходило снижение коэффициента скольжения до 0,13 при скорости 3,3 м/с и до 0,14 при скорости 2,0–2,8 м/с.

ВЫВОДЫ

1. Определена теоретическая зависимость скорости скольжения кольца катка от его технических и кинематических параметров. Скорость скольжения V_{12}^t кольца катка зависит от угловой скорости ω кольца, диаметра кольца $2R$, глубины обработки кольцом почвы h и угла атаки кольца γ ; $V_{12}^t = 0$ при $\beta + \psi = 90^\circ$.

2. Наиболее рациональными параметрами колец для бороны являются диаметр кольца – 600 мм; угол атаки – 25 град.; рабочая скорость по почве с плотностью 1,0 и 1,35 г/см³ – 3,3 м/с. Для агрегатов типа «Лидер» с катками диаметром 500 мм рекомендуются угол атаки 20 град., рабочая скорость по почве с плотностью 1,0 г/см³ – 3,3 м/с, с плотностью 1,35 г/см³ – 2,8 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Н.М., Чепурин Г.Е. Научно-техническое обеспечение аграрного комплекса Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 5. С. 93–101.
2. Докин Б.Д. Эффективное использование сельскохозяйственной техники при производстве зерна в Сибири // Техника и оборудование для села. 2009. № 8. С. 7–10.
3. Бартенев И.М., Поздняков Е.В. Изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин // Лесотехнический журнал. 2013. № 3. С. 114–123.
4. Яковлев Н.С., Колинко П.В. Взаимодействие кольцевого катка с почвой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 5-6. С. 95–100.
5. Яковлев Н.С., Колинко П.В. Перемещение почвы кольцом кольчатого катка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 2. С. 30–33.
6. Бородянский В.П. Скольжение колеса при качении // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 1. С. 78–81.
7. Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Нестяк В.С., Маркин В.В., Черных В.И. Оценка качества работы бороны с кольцевыми рабочими органами // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. № 12. С. 141–147.
8. Гайфуллин Г.З., Лежнёв Ю.Ф., Курач А.А. Обеспечение заглубляющей способности ротационных рабочих органов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2004. № 12. С. 30–31.
9. Лежнёв Ю.Ф., Курач А.А., Семибаламут А.В. Показатели работы кольцевых рабочих органов // Земледелие. 2006. № 10 (32). С. 20–22.
10. Путрин А.С., Терехов О.Н., Циклер В.В., Утенков Г.Л. Основные характеристики

движения почвенных частиц по криволинейной поверхности рабочего органа // Известия Оренбургского ГАУ. 2008. № 1 (17). С. 93–98.

REFERENCES

1. Ivanov N.M., Chepurin G.E. Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie agrarnogo kompleksa Sibiri [Scientific and engineering support for agribusiness industry in Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2014, no. 5, pp. 93–101. (In Russian).
2. Dokin B.D. Effektivnoe ispol'zovanie sel'skokhozyaistvennoi tekhniki pri proizvodstve zerna v Sibiri [Effective use of agricultural machinery in grain production in Siberia]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [The Machinery and Equipment for Rural Area], 2009, no. 8, pp. 7–10. (In Russian).
3. Bartenev I.M., Pozdnyakov E.V. Iznashivayushchaya sposobnost' pochv i ee vliyanie na dolgovechnost' rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Wearing ability of soils and its effect on the durability of the working bodies of tillage machines]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering Journal], 2013, no. 3, pp. 114–123. (In Russian).
4. Yakovlev N.S., Kolinko P.V. Vzaimodeistvie kol'tseвого kатка s pochvoi [Ring-soil interaction in ring roller]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2012, no. 5-6, pp. 95–100. (In Russian).
5. Yakovlev N.S., Kolinko P.V. Peremeshchenie pochvy kol'tsom kol'chatogo kатка [Soil movement by the ring of the ribbed roller]. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technologies], 2013, no. 2, pp. 30–33. (In Russian).
6. Borodyanskii V.P. Skol'zhenie koleasa pri kachenii [Wheel slip during rolling]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Institutes of Higher Education. Food Technology], 2007, no. 1, pp. 78–81. (In Russian).
7. Yakovlev N.S., Nazarov N.N., Nestyak V.S., Markin V.V., Chernykh V.I. Otsenka kachestva raboty borony s kol'tseвыми rabochimi organami [Evaluation of operating quality of harrow with ring working bodies]. *Vestnik Altaiskogo GAU* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2017, no. 12, pp. 141–147. (In Russian).

8. Gaifullin G.Z., Lezhnev Yu.F., Kurach A.A. Obespechenie zaglublyayushchei sposobnosti rotatsionnykh rabochikh organov [Ensuring the deepening ability of rotary working bodies]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennyye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 2004, no. 12, pp. 30–31. (In Russian).
9. Lezhnev Yu.F., Kurach A.A., Semibalamut A.V. Pokazateli raboty kol'tsevykh rabochikh organov [Performance indicators of ring working bodies]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2006, no. 10 (32), pp. 20–22. (In Russian).
10. Putrin A.S., Terekhov O.N., Tsikler V.V., Utenkov G.L. Osnovnye kharakteristiki dvizheniya pochvennykh chastits po krivolineinoi poverkhnosti rabocheho organa [Basic characteristics of soil particles movement along the curvilinear surface of the working organ]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2008, no. 1 (17), pp. 93–98. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яковлев Н.С.**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Назаров Н.Н., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Рассомахин Г.К., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией

Маркин В.В., старший научный сотрудник

Лапшин И.П., доктор технических наук, профессор

AUTHOR INFORMATION

✉ **Yakovlev N.S.**, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher, Laboratory Head, **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia, e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Nazarov N.N., Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Rassomakhin G.K., Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Markin V.V., Senior Researcher,

Lapshin I.P., Doctor of Science in Engineering, Professor

Дата поступления статьи 18.11.2019
Received by the editors 18.11.2019

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕМЕЛЬ

Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Сигитов А.А., Галимов Р.Р.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Для цитирования: Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Сигитов А.А., Галимов Р.Р. Концептуальная модель агроэкологических свойств земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 72–80. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-9.

For citation: Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Maksimovich K.Yu., Sigotov A.A., Galimov R.R. Kontseptual'naya model' agroekologicheskikh svoistv zemel' [Conceptual model of land agroecological properties]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 72–80. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-9.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

При решении задачи автоматизации агроэкологической оценки земель (природно-ресурсного потенциала) и создания интеллектуальных информационных систем для дальнейшего их программирования необходимым этапом является концептуализация предметной области, или концептуальное моделирование. В качестве дескриптивной системы применен UML и выбраны три абстрактных объекта (класс, атрибут и связь). По ним распределены 33 понятия, характеризующие базовые природные характеристики земельного участка, и 13 значимых аспектов природных процессов, задающих законы изменения этих характеристик. Для 6 понятий выбран абстрактный объект «класс», для 27 – «атрибут», для 13 аспектов природных процессов – «связь». Центральным классом является «земельный участок», с которым взаимодействуют еще 5 классов: «рельеф», «агрометеорологический ресурс», «поч-вы», «эрозия», «растительность». Вся совокупность влияния классов и их атрибутов на элементы предметной области описана классификацией связей. Данных связей выделено три вида: первая – зависимость, которая в нотации UML показывает направленное отношение между двумя классами в сторону главного класса и означает, что изменение свойств главного класса влечет за собой изменение свойств зависимого класса; вторая – ассоциация, любая связь, характеризующаяся практически любым глаголом русского языка; третья – композиция, отношение вида «композит – часть», направленное всегда в сторо-

CONCEPTUAL MODEL OF LAND AGROECOLOGICAL PROPERTIES

Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Maksimovich K.Yu., Sigotov A.A., Galimov R.R.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

In order to solve the problem of the land agroecological estimation (natural resources potential) automation and artificial information system development, it is necessary to make the domain knowledge (DK) conceptualization, or conceptual modelling. The unified modelling language (UML) was chosen as a descriptive system. Three abstract objects (class, attribute and relationship) were selected to describe 33 concepts for land plot basic natural characteristics and 13 significant nature process aspects regulating changes of those characteristics. For 6 DK concepts abstract object “class” was chosen, for 27 DK concepts – “attribute”, for 13 nature process aspects – “relationship”. Class “land plot” is a central one interacting with the other 5 classes: “relief”, “agrometeorological resource”, “soil”, “erosion”, “vegetation”. All classes and attributes interdependencies are described by relationship classification of 3 types. The first type is dependency relationship showing on UML diagrams a directed connection between two classes towards the main class, which means that changing the main class properties implies changing the dependant class properties; the second type is association relationship, which is any relationship showing connection characterized by almost any verb of the Russian language; the third type is composition relationship showing connection between composite and its part and is always directed to the composite, where deletion of the composite class implies deletion of all parts. Optimization of the DK conceptual model described by means of UML diagram is a permanent process, thus

ну композита, при этом удаление композита влечет за собой удаление всех частей. Оптимизация концептуальной модели ПО, описываемая с помощью диаграмм в нотации UML, – процесс перманентный и со временем в нее могут быть добавлены новые классы и элементы.

Ключевые слова: концептуальная модель, диаграммы UML, предметная область, земельный участок, характеристика земель, системы земледелия

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) начинается с параллельной концептуализации шести предметных областей. В рамках этой модели анализируют биологические особенности сельскохозяйственных культур (требования к условиям произрастания) и их средообразующее влияние. Данные «требования» сопоставляют с агроэкологическими параметрами земельных участков, а затем на основании этого делают вывод о степени пригодности их для использования под ту или иную культуру.¹

В настоящее время согласование «требований» растений к условиям произрастания той или иной культуры осуществляется экспертом на основе эвристических знаний и представлений. В то же время экспертов высокого уровня, способных решать такие задачи, становится все меньше. В системе оценки земель их природная характеристика (природно-ресурсный потенциал) существует самостоятельным блоком. Его создание осуществляется с помощью ГИС² [1]. Для проведения оценки земель в ГИС создают электронные карты крутизны и экспозиции склонов, структур почвенного покрова, агрохимических и физических свойств почв, их эродированности, засоления, переувлажнения и др. Количество таких карт-

new classes and concepts can be added to the model throughout the time.

Keywords: conceptual model, UML diagrams, domain knowledge, land plot, land characteristics, agriculture system

слоев в ГИС может достигать 20 и более. Затем с помощью взаимного наложения тематических электронных карт-слоев формируется комплексная карта агроэкологических групп и типов земель. Этот процесс в ГИС может быть автоматизирован, но в основном осуществляется экспертом вручную. Данную карту сопровождают пояснительной запиской, в которой дан анализ современного использования земель [1].

Проблеме агроэкологической оценки земель и проектирования АЛСЗ с привлечением возможностей ГИС посвящены, например, работы сотрудников Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии³ [2, 3]. Однако вопрос о том, чтобы использовать природную характеристику земель (природно-ресурсный потенциал) для согласования «требований» растений к условиям произрастания в автоматизированном режиме, в том числе с помощью суждений эксперта, остается открытым. Данную проблему, по нашему мнению, может решить создание интеллектуальной системы с помощью различных методов и подходов, используемых в искусственном интеллекте. Один из подходов по решению вопросов выбора и размещения сельскохозяйственных растений (культур) предложен нами в работе [4].

Для создания интеллектуальных информационных систем и их программирования

¹Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.

²Киришин В.И., Дубачинская Н.Н., Трубинов А.В., Галактионова О.В. Опыт агроэкологической оценки земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в АГРОГИС // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. Оренбург: ОГАУ, 2013. С. 4–6.

³Глазунов Г.П. Автоматизация проведения оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафта для оптимизации землепользования // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: материалы конф. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2017. С. 93–97.

необходим этап – концептуализация предметной области (ПО), или концептуальное моделирование. В рамках известных парадигм программирования наиболее распространено объектно-ориентированное (ООП), основными концепциями которого являются понятия объектов и классов. Отношения между объектами описываются при помощи наследования и инкапсуляции. Сами объекты вступают в такие отношения (ассоциации), как часть – целое (агрегация), использование и др.⁴ Для создания качественного программного обеспечения целесообразно использовать языки, поддерживающие парадигму ООП, например UML. Использование нотации UML позволяет увеличить скорость разработки программного продукта и уменьшить количество синтаксических, семантических и других видов ошибок^{5, 6} [5, 6].

Под концептуальным моделированием понимается процесс, целью которо-

го выступает выявление, анализ и описание релевантных его задачам сущностей ПО и взаимосвязей между ними (см. сноску 4) [7–9]. Понятие концептуальной модели определено. «Концептуальная модель это – абстрактная модель, определяющая собственно структуру исследуемого объекта (составные элементы и связи), свойства составных частей, причинно-следственные связи»⁷.

Цель исследования – создать концептуальную модель ПО «агроэкологические свойства земель» в части структурирования базовых природных характеристик земельного участка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Агроэкологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения – одна из шести совокупностей факторов, которые необходимо учитывать при моделировании АЛСЗ (см. рис. 1), (см. сноску 1).

Совокупность факторов	1	2	3	4	5	6
1. Общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции)						
2. Агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние		[22]				
3. Агроэкологическая оценка земель (природно-ресурсный потенциал)		[2-3]	[33]			
4. Производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации						
5. Хозяйственные уклады, социальная инфраструктура						
6. Качество продукции и среды обитания, экологические ограничения						

Рис. 1. Совокупность факторов при моделировании АЛСЗ

Fig. 1. The combination of factors in the modeling of adaptive landscape farming systems

⁴Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2006. 496 с.

⁵Воевода А.А., Зимаев И.В. Соотнесение структурных и временных масштабов UML-диаграмм // Сб. науч. тр. НГТУ. Новосибирск, 2008. № 4 (54). С. 59–62.

⁶Марков А.В. Разработка программного обеспечения при совместном использовании UML-диаграмм и сетей Петри (обзор) // Сб. науч. тр. НГТУ. Новосибирск, 2013. № 1. С. 96–131.

⁷ГОСТ Р 43.0.3–2009. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. Ноон-технология в технической деятельности. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2010.

Это моделирование включает следующие задачи:

- систематизация совокупности факторов влияния на свойства модели АЛСЗ: концептуализация предметной области или построение концептуальной модели предметной области – 6 задач;
- анализ совместимости совокупностей факторов влияния на свойства модели АЛСЗ: попарное совмещение предметных областей – 15 задач.

Предметом рассмотрения в настоящей работе является задача [33], задачи [22] и [2-3] частично рассмотрены нами в работе [4]. Структурирование информации и построение модели природных свойств земельного участка (природно-ресурсного потенциала) осуществляли с использованием диаграмм языка моделирования UML, включающих в себя структуру иерархии классов системы и их атрибуты, а также взаимодействие между классами. UML – унифицированный язык моделирования, который обычно применяют для объектно-ориентированного анализа и проектирования [6], а также для визуализации, конструирования и документирования программных систем [10]. Стандарт UML 2.5 включает 15 видов диаграмм, состоящих из блоков и связей между ними со специальными обозначениями. В работе при построении одного вида диаграмм (диаграммы классов) UML использовали программное обеспечение Lucidchart (lucidchart.com).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Концептуализацию предметной области осуществляли путем выбора ограниченного количества абстрактных объектов из некоторой принятой дескриптивной системы, достаточной для описания ПО. Для задачи [33] в качестве дескриптивной системы применен UML и выбраны 3 абстрактных объекта – класс, атрибут и связь, по которым распределены 33 понятия, описывающие базовые природные свойства (характеристики) земельного участка. Для 6 понятий выбран абстрактный объект «Класс», для 27 – «Атрибут». Выбор понятий ПО осуществлялся экспертом по АЛСЗ.

Диаграмма классов для ПО «агроэкологические свойства земель» содержит 6 классов, 27 атрибутов и 13 связей (обозначены цифрами) (см. рис. 2). Связи отражают взаимозависимости классов между собой вследствие происходящих вне рассматриваемой ПО процессов как внутри соседних ПО из рис. 1, так и вне АЛСЗ. Однако с точки зрения методологии использования UML, количественный состав и качественные характеристики этих процессов не имеют значения и вся совокупность их влияния на элементы ПО описывается классификацией связей.

Так, связи 1, 3–8 (обозначение линий на рис. 2) называются в UML зависимостью (зависимость показывает направленное отношение в сторону главного класса, от которого зависит другой вид отношения – изменение свойств зависимого класса при изменении свойств главного класса), связь 2 – ассоциацией (любая связь, характеризующаяся практически любым глаголом русского языка), связи 9–13 – композицией (отношения вида «композит – часть», направление всегда в сторону композита, при этом удаление композита влечет за собой удаление всех частей).

Используемые типы связей обусловлены следующим: данные классы по своей сути полностью или частично – это природные характеристики определенного участка земли, который помещен в центре и является композитом. Все происходящие естественные процессы (варьирование агрометеорологического ресурса, формирование рельефа, почвообразование и др.) тесно связаны между собой и их взаимодействие может быть описано зависимостью или ассоциацией.

Связь «зависимость» характеризует отношение между двумя классами, когда при изменении одного фактора (класса) изменяется и другой. Например, связь «зависимость» между классами «Рельеф» и «Почвы» показывает, что характер рельефа местности влияет на почвообразовательные процессы (главный класс «Рельеф»). Существуют также методы определения значений атрибутов «Тип» и «Степень проявления» класса «Эрозия» по одному или нескольким значениям

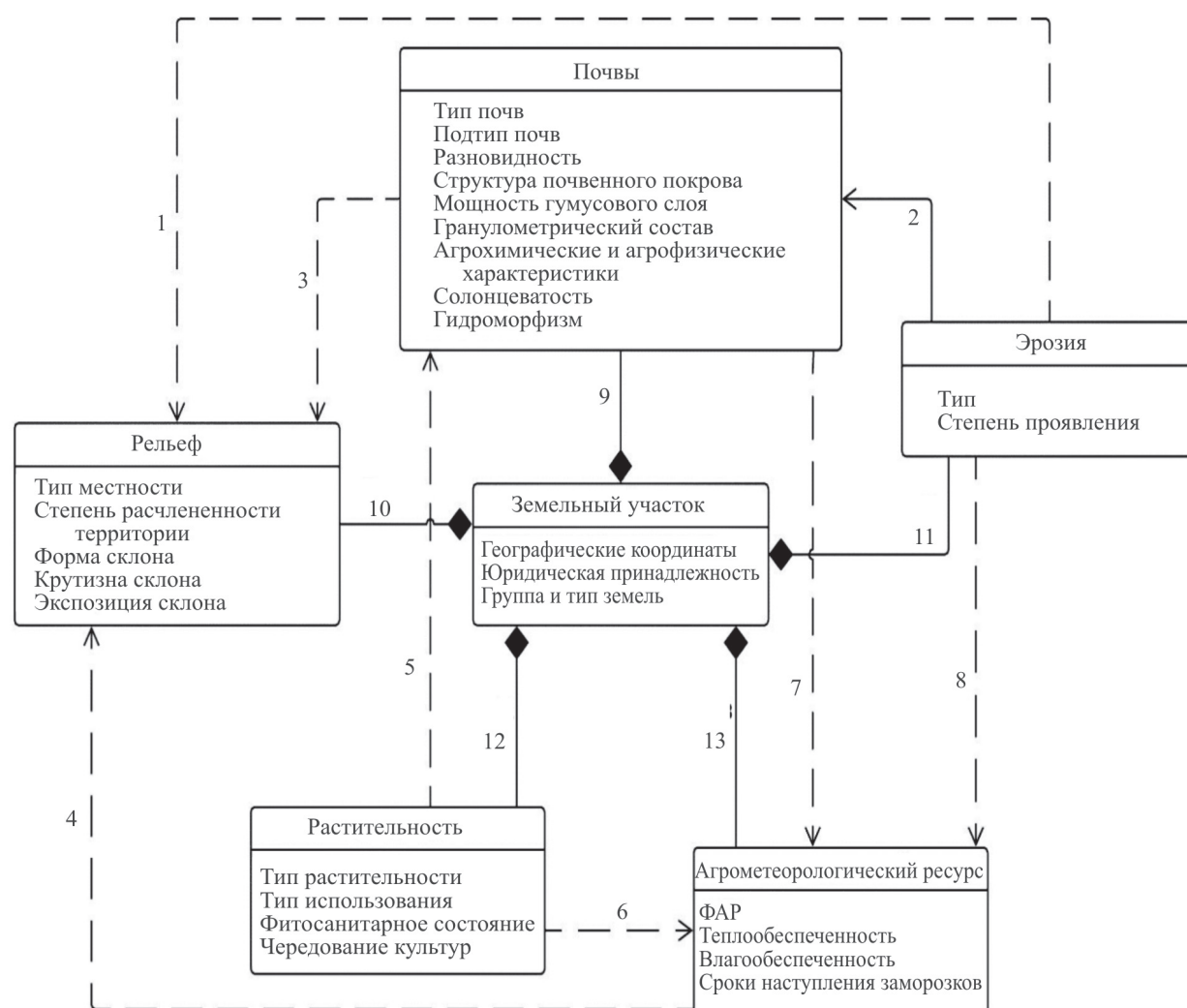


Рис. 2. Диаграмма классов ПО «агроэкологические свойства земель»

Fig. 2. Diagram of software classes “agroecological properties of lands”

атрибутов класса «Рельеф». Эти методы отражают фундаментальные законы воздействия экзогенных и эндогенных процессов на земную кору, а также зависимость степени проявления эрозии почв от рельефа. Например, смыв почвы увеличивается прямо пропорционально уклону. Увеличение уклона почвы от 2 до 4° приводит к увеличению смыва почвы в 1,8 раза, от 4 до 8° – в 7,2 раза. Протяженность склона также влияет на водную эрозию. Согласно данным А.Д. Орлова, смыв возрастает при удвоении линии стока от 50 до 100 м в 2,9–3,7 раза [11].

Связь «ассоциация» показывает отношения объектов одного класса с объектами другого, например, связь между классами «Почва» и «Эрозия» показывает, что

эрозия является одной из характеристик почв. Такой связи можно присвоить имя «реализуется на» (эрозия реализуется на почве). Связь 2 свидетельствует об ассоциации или о совмещении значений атрибутов классов «Эрозия» и «Почвы». Совмещение означает, что можно говорить, например, об отражении типа эрозии в показателях плодородия почв или степени проявления эрозии в конкретном типе почв. При необходимости дальнейшей детализации ПО для каждого такого сочетания можно формировать отдельный класс, связанный с двумя данными.

Связь 9 указывает на бессмысленность рассмотрения каких-либо значений атрибутов класса «Почвы» без привязки к одному

или несколькими атрибутами класса «Земельный участок». Формулировка может быть такой: зачем узнавать параметры почвы, если неизвестно, где она располагается, кому принадлежит и как используется в отношении земель к конкретной группе и типу по пригодности к использованию в сельском хозяйстве.

Добавим, что атрибуты – это связующее звено между моделью, методами, потоками данных и запросов в информационной системе, поскольку, с одной стороны, они входят в состав классов, участвующих в сценариях диаграмм последовательностей (не рассматриваются в статье), с другой – принадлежат к внешней оболочке модели (числовые параметры, математические модели).

Важно, что при построении диаграмм классов соблюдается принцип исключения повторности, так как класс не допускает возможности наследования у самого себя прямо или косвенно одинаковых атрибутов, а класс-ассоциация не может иметь те же атрибуты, что и связанные с ним классы, атрибуты не должны пересекаться и т.д. Кроме того, классы – это комплекты характеристик без привязки к обладающим этими характеристиками объектам. Связи между классами указывают на ограничения, в рамках которых характеристики могут меняться. Диаграмма классов является одним из основных этапов в проектировании объектно-ориентированной системы. Описание классов используется на разных этапах проектирования системы и включает в себя разную степень детализации.

Для усложнения и оптимизации модели, введения новых конструкций или их замены на более подходящие можно использовать бинарные диаграммы. Вопрос по оптимизации конкретной модели, которая описывается с помощью диаграмм классов, всегда остается открытым. Со временем с целью усовершенствования и более глубокой детализации могут быть добавлены новые классы и элементы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в работе результат решения задачи [33] является промежуточным. Для того чтобы его можно было применить к задаче [2-3], необходимо:

- ввести в перечень понятий ПО набор алгоритмов, с помощью которых возможно получение расчетных величин и экспертных заключений, а в классы диаграммы добавить описывающие этот набор алгоритмов методы;

- ввести в перечень понятий ПО внешние процессы, косвенно влияющие на характеристики элементов ПО, и связать их с обозначенными на диаграмме 13 связями;

- ввести в перечень понятий ПО «картирование» и «зонирование», без которых невозможен метод наложения слоев в ГИС-системах, и проиллюстрировать эти понятия с помощью диаграмм последовательностей UML;

- для всех 27 атрибутов классов указать числовые диапазоны значений или списки возможных текстовых значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюшин В.И., Слива И.В. Применение ГИС-технологий при картографировании и проектировании агроландшафтов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. Т. 1. № 5-1. С. 8–12.
2. Глазунов Г.П., Санжаров А.И., Афонченко Н.В. Структура базы данных агроэкологической оценки земель // Достижения науки и техники в АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 72–76.
3. Глазунов Г.П., Афонченко Н.В., Санжаров А.И. Программные средства информационно-справочной системы для агроэкологической оценки земель // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 8. С. 58–63.
4. Каличкин В.К., Корякин Р.А., Лужных Т.А., Риксен В.С. Выбор и размещение сельскохозяйственной культуры с использованием искусственного интеллекта // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 67–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11015.

5. Dobing B., Parsons J. How UML is used // *Communications of the ACM*. – 2006. Vol. 49. № 5. P. 109–113. DOI: 10.1145/1125944.1125949.
6. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования = *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development*. 3-е изд. М.: Вильямс, 2006. 736 с.
7. Когаловский М.Р., Калиниченко Л.А. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // *Программирование*. 2009. № 5. С. 3–25.
8. Палагин А.В., Петренко Н.Г. Системно-онтологический анализ предметной области // *Управляющие системы и машины*. 2009. № 4. С. 3–14.
9. Сорокин А.Б. Концептуальное проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений // *Онтология проектирования*. 2017. Т. 7. № 3 (25). С. 247–269. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.
10. Marbán O., Segovia J. Extending UML for modeling data mining projects (DM-UML) // *Journal of Information Technology & Software Engineering*. 2013. Vol. 3. N 2. P. 1–17. DOI:10.4172/2165-7866.1000121.
11. Орлов А.Д. Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 207 с.
12. akademii [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], 2016, no. 8, pp. 58–63. (In Russian).
4. Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Luzhnyh T.A., Riksen V.S. Vybór i rozmeshchenie sel'skohozyajstvennoj kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta [Selection and distribution of crops using artificial intelligence]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2019, vol. 33, no. 10, pp. 67–70. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11015. (In Russian).
5. Dobing B., Parsons J. How UML is used. *Communications of the ACM*. 2006, vol. 49, no. 5, pp. 109–113. DOI: 10.1145/1125944.1125949.
6. Kreg Larman. *Primenenie UML 2.0 i shablonov proektirovaniya = Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development* [Applying UML 2.0 and design patterns]. M.: Vil'yams Publ., 2006, 736 p. (In Russian).
7. Kogalovskij M.R., Kalinichenko L.A. Konceptual'noe i ontologicheskoe modelirovanie v informacionnyh sistemah [Conceptual and ontological modeling in information systems]. *Programmirovaniye* [Programming], 2009, no. 5, pp. 3–25. (In Russian).
8. Palagin A.V., Petrenko N.G. Sistemno-ontologicheskij analiz predmetnoj oblasti [System-ontological analysis of the domain]. *Upravlyayushchie sistemy i mashiny* [Control Systems and Machines], 2009, no. 4, pp. 3–14. (In Russian).
9. Sorokin A.B. Konceptual'noe proektirovanie intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij [Conceptual design of intelligent decision support systems]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Design], 2017, vol. 7, no. 3 (25), pp. 247–269. (In Russian). DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.
10. Marbán O., Segovia J. Extending UML for modeling data mining projects (DM-UML). *Journal of Information Technology & Software Engineering*, 2013, vol. 3, no. 2, pp. 1–17. DOI: 10.4172/2165-7866.1000121.
11. Orlov A.D. *Eroziya i erozionnoopasnye zemli Zapadnoj Sibiri* [Erosion and erosion-prone lands of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1983, 207 p. (In Russian).

REFERENCES

1. Kiryushin V.I., Sliva I.V. Primenenie GIS-tekhnologij pri kartografirovanii i proektirovanii agrolandschaftov [The use of GIS technologies in mapping and landscape designing]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2005, vol. 1, no. 5-1, pp. 8–12. (In Russian).
2. Glazunov G.P., Sanzharov A.I., Afonchenko N.V. Struktura bazy dannyh agroekologicheskoy ocenki zemel' [Structure of database agroecological assessment of land]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK* [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2015, vol. 29, no. 8, pp. 72–76. (In Russian).
3. Glazunov G.P., Afonchenko N.V., Sanzharov A.I. Programmnnye sredstva informacionno-spravocnoy sistemy dlya agroekologicheskoy ocenki zemel' [Software of directory system for agroecological assessment of lands]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** 630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск, а/я 463; e-mail: kvk@ngs.ru

Корякин Р.А., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник; e-mail: romank@nsk.ru

Максимович К.Ю., младший научный сотрудник

Сигитов А.А., младший научный сотрудник

Галимов Р.Р., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kalichkin V.K.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: kvk@ngs.ru

Koryakin R.A., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher; e-mail: romank@nsk.ru

Maksimovich K.Yu. Junior Researcher

Sigitov A.A., Junior Researcher

Galimov R.R. Junior Researcher

*Дата поступления статьи 10.12.2019
Received by the editors 10.12.2019*

ОБНАРУЖЕНИЕ ПЯТНИСТОСТЕЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

^{1,2}Алейников А.Ф., ¹Минеев В.В., ¹Чешкова А.Ф., ³Беляев А.А.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Алейников А.Ф., Минеев В.В., Чешкова А.Ф., Беляев А.А. Обнаружение пятнистостей земляники садовой методом импедансной спектроскопии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 81–91. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-9.

For citation: Aleynikov A.F., Mineev V.V., Cheshkova A.F., Belyaev A.A. Obnaruzhenie pyatnistostei zemlyaniki sadovoi metodom impedansnoi spektroskopii [Detecting spots of garden strawberry by impedance spectroscopy method] *Sibirskii vestnik sel'skookhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 81–91. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-9.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены исследования по выявлению восьми информативных параметров электрического импеданса тканей листьев земляники: активного и реактивного сопротивления при последовательной и параллельной схемах электрической модели объекта измерения, фазового сдвига, емкости, тангенса угла потерь, модуля импеданса. Данные параметры связаны с воздействием грибов-возбудителей пятнистостей земляники садовой *Ramularia tulasnei* Sass, *Marssonina potentillae* (Desm), *Dendrophoma obscurans* (Ell. & Ev.) Anderson). Диагностику болезней проводили методами визуального анализа симптомов и микроскопического анализа спороношений грибов-возбудителей. Исследования осуществлены с использованием прецизионного анализатора импеданса WK 6505B по разработанной методике. Измерения параметров биоимпеданса тканей листьев земляники производили с использованием датчиков-электродов, накладываемых на верхнюю сторону листа с постоянным усилием прижима. Каждый параметр биоимпеданса ткани на листовой пластинке измеряли при установке электродов справа и слева от центральной жилки. Для уменьшения контактного сопротивления между электродами и поверхностью листа электроды смазывали специальным электродным ге-

DETECTING SPOTS OF GARDEN STRAWBERRY BY IMPEDANCE SPECTROSCOPY METHOD

^{1,2}Aleynikov A.F., ¹Mineev V.V.,
¹Cheshkova A.F., ³Belyaev A.A.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region

²Novosibirsk State Technical University
Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

The study was conducted to identify eight informative parameters of the electrical impedance of strawberry leaf tissue: active and reactive resistance in series and parallel circuits of the measurement object electrical model, phase shift, capacitance, loss tangent, impedance module. These parameters are associated with the action of fungi pathogens of garden strawberry spots *Ramularia tulasnei* Sass, *Marssonina potentillae* (Desm), *Dendrophoma obscurans* (Ell. & Ev.) Anderson). Diagnosis of diseases was carried out by visual analysis of symptoms and microscopic analysis of the sporulation of fungi pathogens. The study was carried out using a precision impedance analyzer WK 6505B in accordance with the developed technique. The bio-impedance parameters of the strawberry leaf tissue were measured using sensor electrodes placed on the upper side of the leaf with a constant clamping force. Each parameter of the tissue bio-impedance on the leaf surface was measured when electrodes were installed to the right and left of the central leaf vein. To reduce the contact resistance between the electrodes and the leaf surface, the electrodes were lubricated with a special electrode gel. There were 2624 dependences obtained of the bio-impedance

лем. Получены 2624 зависимости исследуемых параметров биоимпеданса здоровых и пораженных белой, бурой и угловатой пятнистостями листовых пластинок трех сортов земляники садовой (Элиани, Танюша и Даренка). Дисперсионный анализ средних значений полученных данных выявил, что наиболее информативная часть изменений всех параметров лежит в низкочастотной области α -дисперсии биоимпеданса: от 20 Гц до 10 кГц. В качестве основного информативного параметра биоимпеданса для обнаружения пятнистостей предлагается использовать реактивное сопротивление, измеренное в низкочастотной области α -дисперсии биоимпеданса. При данном реактивном сопротивлении проявляются экстремумы его изменения для здоровых и пораженных грибными болезнями листовых пластинок земляники садовой. Результаты исследований будут использованы при создании прибора ранней диагностики пятнистостей земляники садовой.

Ключевые слова: земляника садовая, пятнистость земляники, степень поражения, диагностика, метод, импеданс

ВВЕДЕНИЕ

Диагностика болезней и их возбудителей – важное звено в системе защиты растений. В настоящее время в диагностике используется большое количество специальных методов обнаружения болезней с присущими им преимуществами и недостатками. Визуальная диагностика не теряет своей актуальности, так как часто является предварительной для других диагностических технологий. Основными недостатками визуального метода можно считать ненадежность, обусловленную совпадением внешних признаков инфекционного поражения растений и физиологических нарушений, вызванных неблагоприятными внешними воздействиями, необходимость высокой квалификации эксперта и поздний факт обнаружения болезней. Для установления возможного наличия того или иного возбудителя метод визуального осмотра необходимо проводить в сочетании с микроскопированием [1].

parameters of healthy leaves and the ones affected with white, brown, and angular spots of three varieties of garden strawberry (Eliani, Tanyusha, and Darenka). The variance analysis of the average values of the data revealed that the most informative part of the changes in all parameters lies in the low-frequency region of α -dispersion of bio-impedance: from 20 Hz to 10 kHz. It is proposed to use reactive impedance measured in the low-frequency region of α -dispersion of bio-impedance as the main informative parameter of bio-impedance for detecting spots. With this reactive impedance, extreme values of its change appear for healthy leaves of garden strawberries and the diseased ones. The results of the research will be used to create a device for the early diagnosis of spots of wild strawberries.

Keywords: garden strawberry, spots, degree of damage, diagnosis, method, impedance

Технология диагностики возбудителей болезней с помощью выделения в чистую культуру с последующим микробиологическим исследованием – трудоемкий метод, занимает много времени, имеет низкую производительность. Зависимость от морфологического определения требует от исследователя обширных знаний классической таксономии¹.

Методы диагностики, основанные на полимеразной цепной реакции (ПЦР), могут выявлять в растительной ткани присутствие ДНК любого организма. Они отличаются высокой чувствительностью, специфичностью и наличием количественной оценки присутствия объекта². Данные методы подходят для определения любых патогенов даже на этапе довизуального проявления болезни, что перспективно для ранней диагностики. Однако ПЦР-анализаторы имеют высокую стоимость, применяемые реактивы также дороги. Требования к организации по-

¹Федоренко В.Ф., Мишуков Н.П., Неменуцкая Л.А. Перспективные технологии диагностики патогенов сельскохозяйственных растений: науч. аналитический обзор. М.: Росинформагротех, 2018. 68 с.

²Дьяков Ю.Т., Еланский С.Н. Общая фитопатология: учеб. пособ. для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2018. 230 с.

мещений лаборатории, где они размещены, повышены, обслуживающий персонал должен иметь высокую квалификацию. Ограничением применения этих методов является отсутствие тест-систем для многих фитопатогенов.

Технологии диагностики с применением иммуноферментного анализа (ИФА) высокочувствительны и точны. Их использование обеспечивает выявление довизуальных признаков проявления болезней растений. Для применения технологий ИФА также требуются квалифицированный персонал, дорогостоящее оборудование, что, несмотря на большую перспективность, ограничивает область их применения [2].

Использование иммунохроматографического анализа (ИХА) позволяет проводить анализ непосредственно в поле в течение 10–15 мин без использования специального оборудования. Однако технологии ИХА обладают низкой чувствительностью и специфичностью по отношению к некоторым патогенам и в большинстве случаев доступны лишь в формате «один тест – один патоген» и не позволяют диагностировать спектр патогенов и их комбинаций [1].

Применение существующих методов подсчета пикселей изображения в пространстве цветовых каналов красного, зеленого и синего цвета (R, G, B) для диагностики грибных болезней, на основе которых можно разработать портативные приборы на базе смартфонов, требуют разработки сложной системы распознавания образов и применения систем искусственного интеллекта, например искусственных нейронных сетей [3, 4].

Биологические объекты удобно изучать путем наблюдения их реакции на слабое внешнее воздействие, не повреждающее ткани живого объекта. Метод спектроскопии электрического импеданса (Spectroscopy of an electric impedance – EIS) дает возможность получать информацию о процессах транспорта носителей заряда в любых материалах и позволяет характеризовать системы, электрохимическое поведение которых обусловлено несколькими неразрывно связанными процессами [5, 6]. При получении

информации о сложных процессах переноса заряда в животных и растительных тканях метод спектроскопии импеданса часто незаменим. Спектроскопия электрического импеданса – относительно новая технология, в которой сигнал с широкой полосой пропускания и непрерывной полосой частот используется в качестве источника возбуждения для измерений импеданса, характеризующего электрические свойства исследуемого объекта, изучения структуры и физико-химических характеристик неорганических и органических материалов. Метод EIS позволяет получать значительный объем информации о процессах транспорта носителей заряда в твердых и жидких материалах. Он чрезвычайно важен для изучения переноса зарядов в гетерогенных системах, включающих фазовые границы, электродные границы, элементы микроструктуры. Разработана методология определения физиологического статуса растительных тканей посредством измерения электрического импеданса. Например, эту методологию широко применяют в исследованиях растений и почв [7–11]. Установлена взаимосвязь между электрическим импедансом и биохимическими свойствами плода: pH, содержанием сахара, зрелостью и др. [10].

Цель исследований – выявить возможность обнаружения белой, бурой и угловатой пятнистостей земляники садовой с помощью информативных параметров биоимпеданса растительных тканей ее листьев для создания простого и недорогого неинвазивного экспресс-метода диагностики болезней садовых культур.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с использованием прецизионного анализатора импеданса WK 6505B (Wayne Kerr Electronics, Великобритания), включенного в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации (см. рис. 1).

Для проведения измерения физических параметров состояния тканей листьев растений земляники выбирали нормально развитые растения трехлетнего возраста с ти-

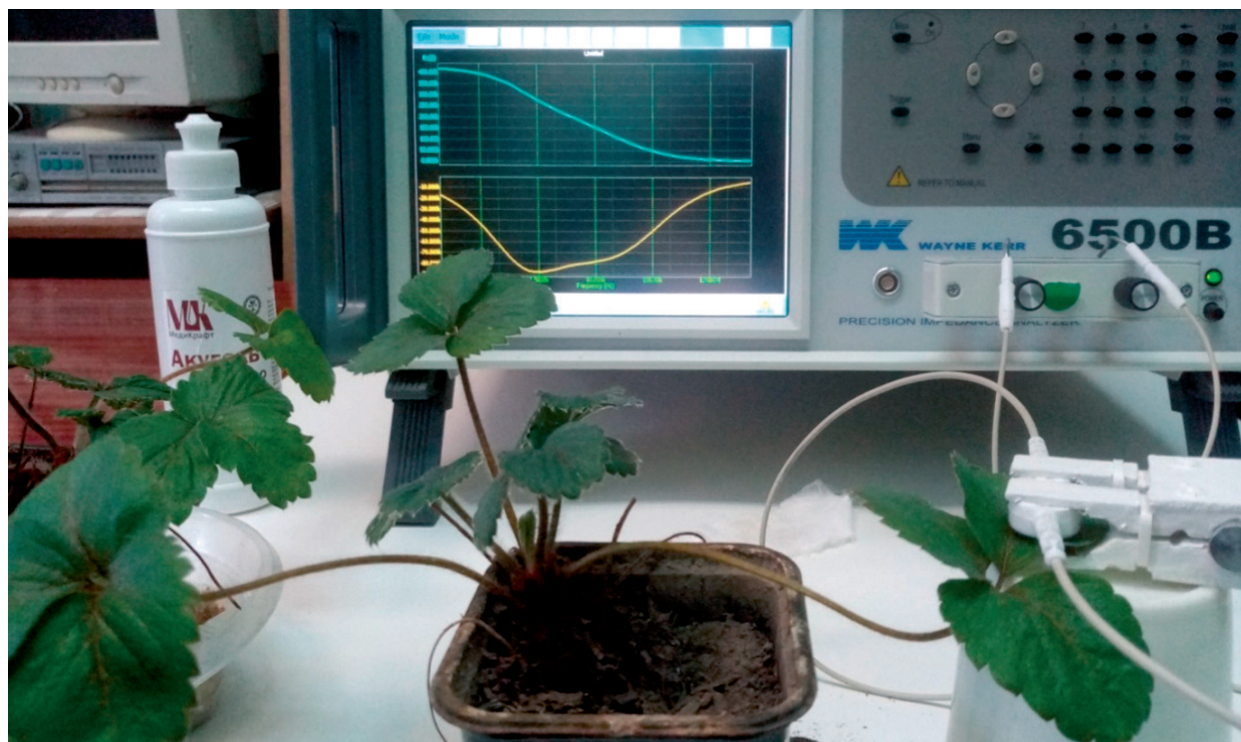


Рис. 1. Процедура проведения измерений параметров импеданса

Fig. 1. Procedure for measuring impedance parameters

пичными сортовыми признаками. Растения с различной интенсивностью (степенью) были поражены белой пятнистостью (возбудитель – *Ramularia tulasnei* Sacc.), бурой (*Marssonina potentillae* Desm.), угловатой [*Dendrophoma obscurans* (Ell. & Ev.) Anderson)] и имели типичные симптомы указанных листовых пятнистостей.

Диагностику болезней проводили общепринятыми методами визуального анализа симптомов и микроскопического анализа спороношений грибов-возбудителей³ [11].

Растения выкапывали утром в день проведения измерений на коллекционном участке сада Сибирского физико-технического института аграрных проблем СФНЦА РАН – полигоне лаборатории экспериментальных исследований. Растения выкапывали с комом почвы вокруг корней (объемом около 3 л), поливали и затем переносили в помещение лаборатории для проведения измерений. Перед началом физических измерений проводили оценку воз-

раста листьев, выбранных для исследований (менее 5 нед, более 5 и 10 нед), а также оценку интенсивности поражения листовых пластинок и непосредственных участков ткани (половинок листовых пластинок), где затем устанавливали контактные измерительные электроды.

Оценку интенсивности поражения проводили с использованием методики оценки и визуальной шкалы для пятнистостей [11, 12]. Интенсивность поражения каждой из болезней (пятнистостей) определяли в баллах по площади поверхности листовой пластинки, занятой некротическими пятнами (отдельно для каждой из трех пластинок сложного листа земляники), выраженной в процентах от ее общей площади. Аналогичным образом дополнительно оценивали интенсивность поражения конкретной половинки листовой пластинки (отдельно слева и справа от ее центральной жилки), на которой затем проводили измерения физических параметров.

³Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. 3-е изд., испр. СПб.: Изд-во «Лань», 2003. 592 с.

Измерения физических параметров осуществляли на целых листьях, не отчлняя их от всего растения и полностью исключая механические повреждения при нанесении проводящего геля, прикреплении и снятии электродов.

На каждой листовой пластинке всех листьев в выбранном образце куста земляники садовой проводили измерения восьми параметров биоимпеданса: модуля полного сопротивления (Z), фазового сдвига (θ); активного (R) и реактивного сопротивления (X) при последовательной и параллельной схеме замещения объекта исследований [9]; емкости (C) и добротности (D). Каждый параметр биоимпеданса ткани на листовой пластине измеряли при установке электродов справа и слева от центральной жилки.

Измерения параметров биоимпеданса растительных тканей листьев земляники производили с использованием датчиков-электродов, состоящих из двух неполяризуемых чашечковых электродов H124SG диаметром 8 мм фирмы COVIDIEN (США), накладываемых на верхнюю сторону листа с постоянным усилием прижима, которое обеспечивали с помощью зажимов типа «прищепка».

Для уменьшения контактного сопротивления между электродами и поверхностью листа электроды смазывали электродным гелем «Акугель-Электро» производства ООО «МедиКрафт» (Россия).

Перед измерением осуществляли документирование исследуемого листа растения с получением цветных изображений фотоаппаратом.

При измерении контролировали температуру и относительную влажность окружающего воздуха с помощью термогигрометра ИВА-6 (инв. № 9974).

Необходимые данные о выбранных образцах земляники садовой, ее сорте, нумерации здоровых и пораженных пластинок листьев, на которые накладывали электроды, степени поражения и конкретном виде грибной болезни, температуре и влажности окружающего воздуха и другое заносили в рабочий журнал.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Измерения проводили на трех сортах земляники садовой: Элиани, Танюша и Даренка. Получено 2624 зависимости восьми параметров импеданса от частоты тока в диапазоне от 20 Гц до 5 МГц здоровых и пораженных белой (рамуляриоз), бурой и угловатой пятнистостями листовых пластинок трех сортов.

Число проведенных измерений параметров биоимпеданса на листовых пластинках земляники садовой исследуемых сортов следующее.

Число измерений	Степень поражения, балл	Число измерений	Степень поражения, балл
Сорт Элиани		Сорт Танюша	
<i>Угловатая пятнистость</i>		<i>Угловатая пятнистость</i>	
5	4	1	1
1	5	3	2
<i>Бурая пятнистость</i>		8	3
12	1	9	4
7	2	1	5
5	3	<i>Бурая пятнистость</i>	
4	4	11	1
Сорт Даренка		1	3
<i>Бурая пятнистость</i>		3	4
14	1	<i>Белая пятнистость</i>	
11	2	1	1
16	3	3	2
6	4	8	3
4	5	9	4
<i>Белая пятнистость</i>		1	5
6	1		
2	2		
16	3		

Таким образом, измерения восьми параметров биоимпеданса проводили на пластинках листьев трех сортов земляники садовой. Подвержены исследованиям электрических свойств ткани по всем восьми параметрам импеданса: 28 пластинок, пораженных угловатой пятнистостью, 46 – белой пятнистостью и 103 – бурой. Общее число измерений параметров биоимпеданса здоровых пластинок на всех исследуемых кустах земляники садовой составило 151.

Зависимости усредненных значений параметров биоимпеданса от частоты по трем исследуемым сортам земляники садовой при последовательной и параллельной схеме модели приведены на рис. 2, 3.

При анализе зависимостей выявлено, что наиболее информативная часть изменений всех параметров лежит в низкочастотной области α -дисперсии биоимпеданса – от 20 Гц до 10 кГц.

В результате воздействия биострессора нарушается нормальное взаимодействие между отдельными компонентами клетки. Вследствие этого в ней возникают патологические реакции с образованием токсичных веществ, что вызывает изменение поляризационных свойств растительной ткани. При α -дисперсии происходит поляризация целых клеток в результате диффузии ионов, что занимает относительно большой промежуток времени. В этой низкочастотной области ем-

костное сопротивление мембран очень велико, поэтому преобладают токи, огибающие клетки и протекающие через окружающие клетки растворы электролитов.

В области низких частот (от 20 до 100 Гц) замечен колебательный процесс изменения средних значений активного R и реактивного сопротивления X при последовательной схеме электрической модели объекта исследований и, следовательно, связанных с ними фазового сдвига θ и модуля полного электрического сопротивления Z (см. рис. 2).

Учитывая большое количество полученных зависимостей параметров импеданса, выбор информативного параметра проведен из шести параметров биоимпеданса. Параметр фазового сдвига θ и добротность D исключены ввиду низкой информативности и сложности процедуры их измерения. Проведен двухфакторный дисперсионный анализ средних значений на фиксированных частот-

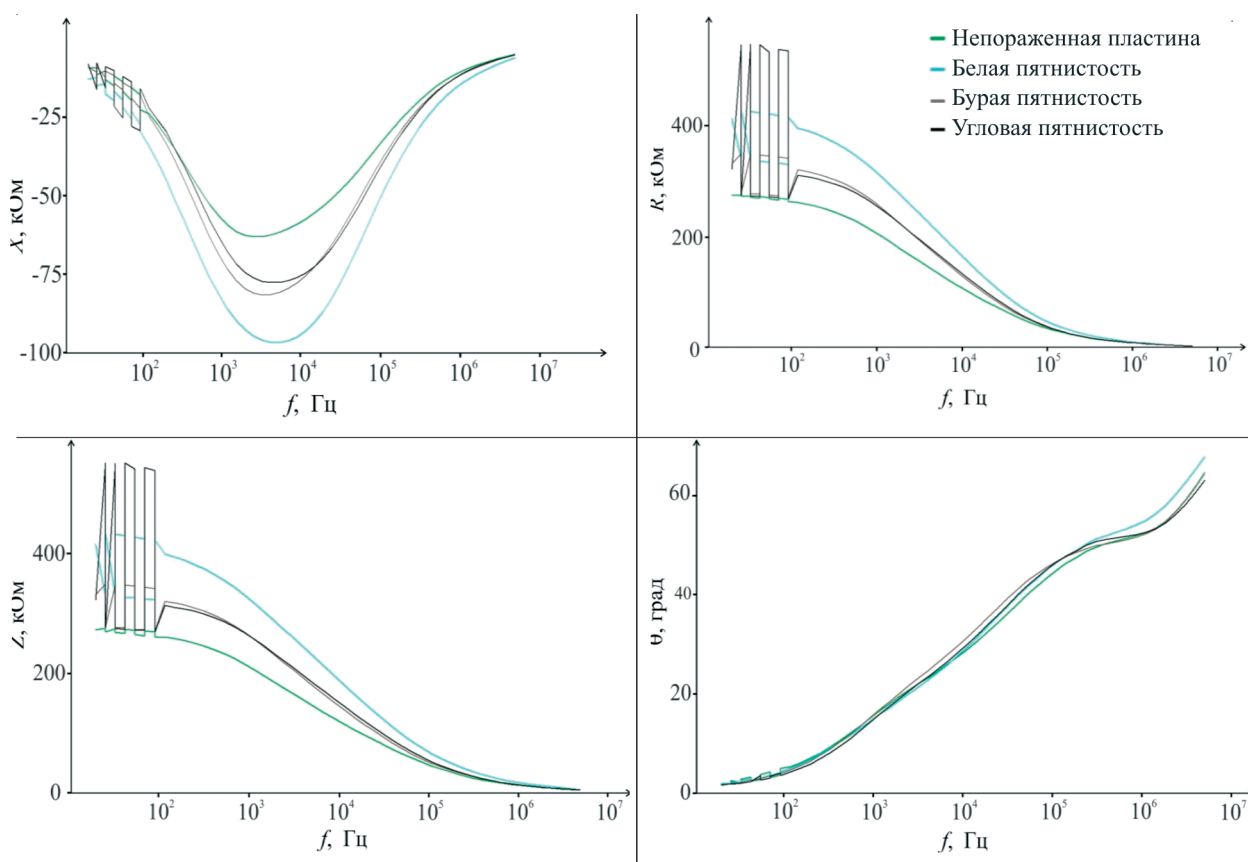


Рис. 2. Зависимости усредненных значений параметров импеданса от частоты по видам болезней (последовательная схема модели)

Fig. 2. Dependences of the average values of impedance parameters on frequency by types of disease (series circuit model)

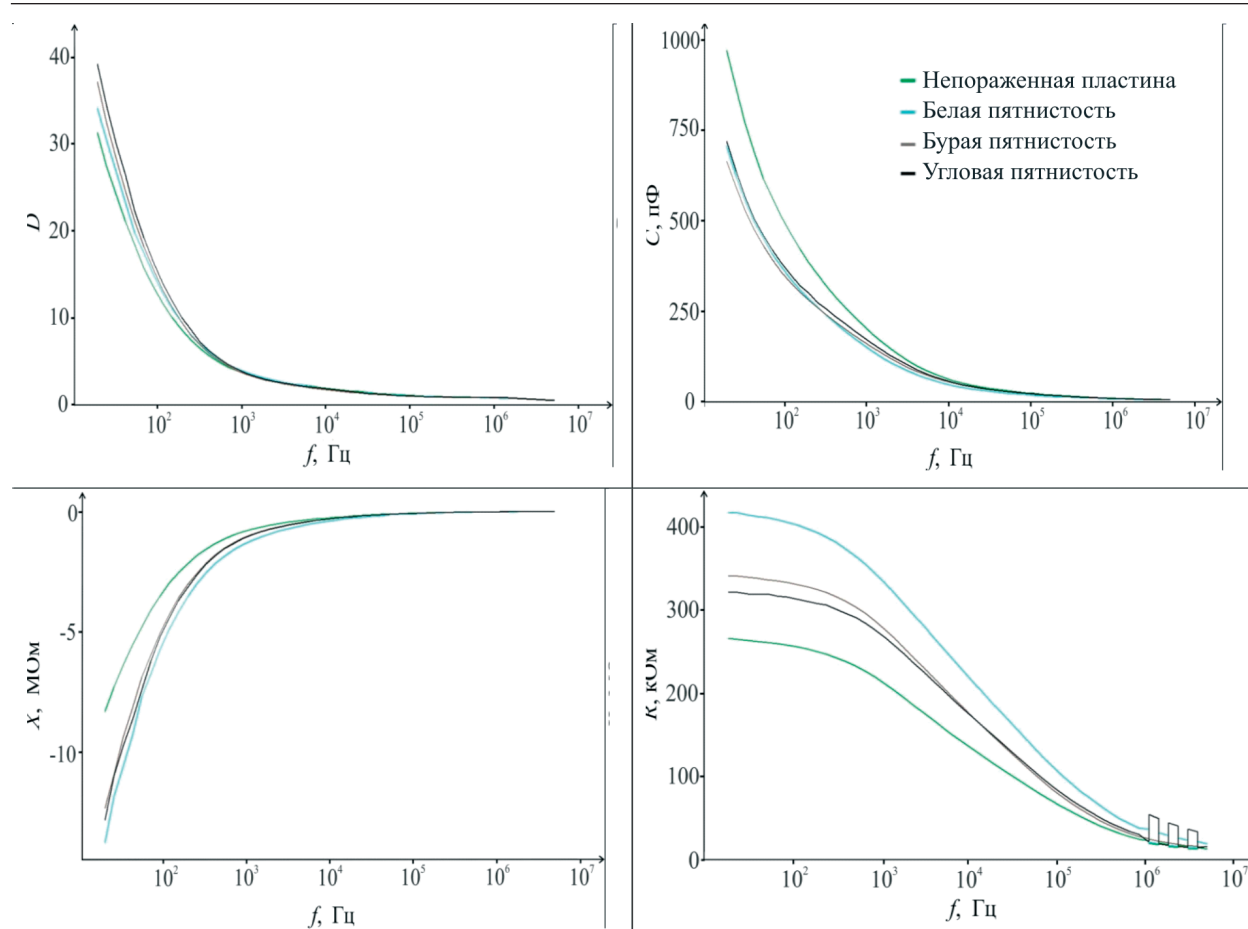


Рис. 3. Зависимости усредненных значений параметров импеданса от частоты по видам болезней (параллельная схема модели)

Fig. 3. Dependences of the average values of impedance parameters on frequency by types of disease (parallel circuit model)

тах, определяемых максимальной дисперсией параметров. В качестве факторов рассмотрены вид болезни и сорт исследуемого растения. Для проверки значимости парных различий средних значений параметров между видами болезней использовали критерий Тьюки. Типовые примеры такого ана-

лиза на фиксированных частотах 118, 1158 и 5303 Гц приведены в табл. 1–6.

Данные, приведенные в табл. 1–6, и анализ характера зависимостей, представленных на рис. 2 и 3, позволяют утверждать, что наиболее информативным параметром для обнаружения болезней листовой пластины

Табл. 1. Результаты дисперсионного анализа для электрической емкости C на частоте $f=118$ Гц

Table 1. Results of analysis of variance for electrical capacitance C at frequency $f=118$ Hz

Фактор	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F -критерий	p
Болезнь	3	338 542	112 847	17,129	< 0,00***
Сорт	2	224 737	112 368	17,056	< 0,00***
Болезнь $\times$ сорт	4	30850	7713	1,171	0,328
Ошибка	101	665 398	6588		

Здесь и в табл. 2–6:
*0,05,
**0,01,
***0,001.

Табл. 2. Критерий Тьюки значимости парных различий средних значений электрической емкости C на частоте $f = 118$ Гц

Table 2. Tukey criterion for the significance of pairwise differences in the average values of electric capacitance C at frequency $f = 118$ Hz

Пары групп	Разность	p
1–0	–126,439	< 0,001***
2–0	–136,757	< 0,001***
3–0	–114,551	0,004***

Здесь и в табл. 4, 6 – код заболеваний: 0 – здоровая; 1 – белая пятнистость; 2 – бурая пятнистость; 3 – угловатая пятнистость.

Табл. 3. Результаты дисперсионного анализа для модуля полного электрического сопротивления Z на частоте $f = 1158$ Гц

Table 3. The results of analysis of variance for the module of the total electrical resistance Z at frequency $f = 1158$ Hz

Фактор	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F -критерий	p
Болезнь	3	74359	24 786	17,221	<0,001***
Сорт	2	61436	30 718	21,343	<0,001***
Болезнь × сорт	4	21 598	5400	3,752	0,007***
Ошибка	104	149 684	1439		

Табл. 4. Критерий Тьюки значимости парных различий средних значений модуля полного электрического сопротивления Z на частоте $f = 1158$ Гц

Table 4. Tukey criterion for the significance of pairwise differences in the average values of electric capacitance C at frequency $f = 1158$ Hz

Пары групп	Разность	p
1–0	76,221	< 0,001***
2–0	50,897	< 0,001***
3–0	20,62	0,632

является реактивное электрическое сопротивление X при последовательной модели объекта измерения.

Анализ экспериментальных данных показал возможность ранней диагностики белой, бурой и угловатой пятнистостей земляники садовой на основе одновременно полу-

Табл. 5. Результаты дисперсионного анализа для реактивного сопротивления X (при последовательной модели) на частоте $f = 5,303$ кГц

Table 5. The results of analysis of variance for reactance X (with a serial model) at frequency $f = 5.303$ kHz

Фактор	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F -критерий	p
Болезнь	3	7604	2535	18,236	<0,001***
Сорт	2	9593	4797	34,511	<0,001***
Болезнь × сорт	4	1222	306	2,199	0,074**
Ошибка	101	14038	139		

Табл. 6. Критерий Тьюки значимости парных различий средних значений реактивного сопротивления X (при последовательной модели) на частоте $f = 5,303$ кГц

Table 6. Tukey criterion for the significance of pairwise differences in the average values of reactance X (with a serial model) at frequency $f = 5.303$ kHz

Пары групп	Разность	p
1–0	–19,623	0,002**
2–0	–19,193	< 0,001***
3–0	–16,011	0,068

ченной разности реактивных электрических сопротивлений, измеренных на пораженной грибом-возбудителем и здоровой пластинках листа земляники садовой (см. рис. 4).

Из анализа кривых, представленных на рис. 4, видно, что экстремумы пораженных грибными болезнями пластинок земляники садовой смещены по оси f относительно экстремума здоровых пластинок земляники садовой на различные значения друг от друга: $\Delta f_{\text{бел.}}$, $\Delta f_{\text{бур.}}$, $\Delta f_{\text{угл.}}$. Значения кривых по оси X также имеют существенные различия, что позволит проводить раннюю неинвазивную диагностику грибных болезней земляники садовой.

Установленная тенденция смещения реактивных сопротивлений здоровых и пораженных болезнями пластинок земляники садовой дает возможность дальнейших исследова-

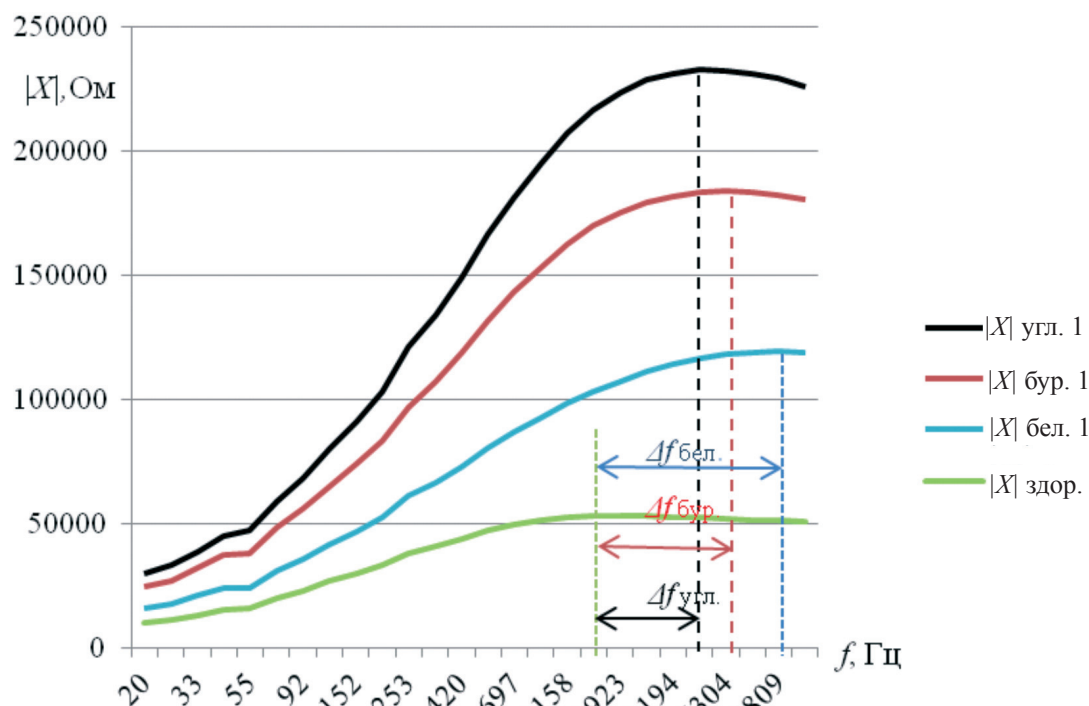


Рис. 4. Зависимости значений модуля реактивного электрического сопротивления $|X|$ от частоты f здоровой и пораженных тремя грибами-возбудителями (степень поражения 1 балл) листовых пластин земляники садовой сорта Танюша (4.08.2019)

Fig. 4. Dependences of the values of reactive electrical resistance module $|X|$ on frequency f of healthy leaves and the ones affected by three fungi pathogens (degree of damage 1 point) of Tanyusha garden strawberry variety (08/04/2019)

дований по определению преобладающей (по площади распространения) болезни земляники садовой из трех рассматриваемых в данной работе пятнистостей.

Задача быстрой дифференциальной диагностики болезней у растений чрезвычайно сложна и не решена в мировой практике [5–11]. Это объясняется, например, вероятностью одновременного присутствия нескольких болезней многообразных видов с различной степенью поражения, вызывающих появление схожих симптомов на одном исследуемом растении, и другими причинами.

ВЫВОДЫ

1. Для обнаружения грибных болезней земляники садовой в качестве информативного параметра биоимпеданса предложено использовать реактивное сопротивление X при последовательной схеме электрической модели объекта, измеренное в низкочастотной области α -дисперсии, при которой проявляются экстремумы изменения реактив-

ного сопротивления для здоровых и пораженных грибными болезнями листовых пластинок земляники садовой.

2. Проведен двухфакторный (вид болезни и сорт) дисперсионный анализ, который выявил значимость влияния вида заболеваний на показатель последовательного реактивного сопротивления при частотах 118, 1158, 5303 Гц.

3. Получены существенные различия значений реактивных сопротивлений здоровых и пораженных грибами-возбудителями белой, бурой и угловатой пятнистостей листовых пластинок земляники садовой сортов Элиани, Танюша и Даренка при степени поражения указанных болезней, равной 1 баллу.

4. Результаты исследований будут использованы для создания портативного прибора и при разработке методики ранней неинвазивной диагностики белой, бурой и угловатой пятнистости земляники садовой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шорников Д.Г., Горелов П.И. Современные молекулярные методы диагностики болезней плодовых культур // Аналитика. 2015. № 4. С. 64–71.
2. Алейников А.Ф., Минеев В.В. Изменение флуоресценции хлорофилла земляники садовой при воздействии гриба *Ramularia tulasnei* Sacc // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 94–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-12.
3. Dashuai G., Jianhui L., Jiangbin Y., Yurui S., Schulze P. Correction of leaf area measurement based on Android smartphone orientation sensor // International Agricultural Engineering Journal. 2017. Vol. 26 (1). P. 186–192.
4. Алейников А. Ф. Метод неинвазивного определения грибных болезней земляники садовой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 71–83. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-105.
5. Lin C.M., Chen L.H., Chen T.M. The development and application of an electrical impedance spectroscopy measurement system for plant tissues // Computers and Electronics in Agriculture, 2012. Vol. 82. P. 96–99.
6. Hamed K. B., Zorrig W., Hamzaoui A.H. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 123. P. 376–383.
7. Meiqing L., Jinyang L., Hanping M., Yanyou W. Diagnosis and detection of phosphorus nutrition level for *Solanum lycopersicum* based on electrical impedance spectroscopy // Biosystems Engineering. 2016. Vol. 143. P. 108–118.
8. Jinyang L., Meiqing L., Hanping M., Wenjing Z. Diagnosis of potassium nutrition level in *Solanum lycopersicum* based on electrical impedance // Biosystems Engineering. 2016. Vol. 147. P. 130–138.
9. Neto A. F., Olivier N. C., Cordeiro E. R. Helinando Pequeno de Oliveira Determination of mango ripening degree by electrical impedance spectroscopy // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. Vol. 143. P. 222–226.
10. Wang Y.Q., Zhao P.F., Fan L.F., Zhou Q., Wang Z.Y. Determination of water content and characteristic analysis in substrate root zone by electrical impedance spectroscopy // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 56. P. 243–253.

11. Говорова Г.Ф., Говоров Д.Н. Грибные болезни земляники и клубники: монография. М.: Проспект, 2016. 142 с.
12. Куликов И.М. Производство и сертификация посадочного материала плодовых, ягодных культур и винограда в России. Контроль качества. Часть 1. Ягодные культуры / под общ. ред. акад. РАСХН И.М. Куликова. М.: ВСТИСП, 2009. 164 с

REFERENCES

1. Shornikov D.G., Gorelov P.I. Sovremennyye molekulyarnyye metody diagnostiki boleznei plodovykh kul'tur [Horticultural crops disease advanced molecular diagnostics methods]. *Analitika* [Analytics], 2015, no. 4, pp. 64–71. (In Russian).
2. Aleinikov A.F., Mineev V.V. Izmenenie fluorestsentsii khlorofilla zemlyaniki sado-voi pri vozdeistvii griba *Ramularia tulasnei* Sacc [Effect of the fungus of *Ramularia tulasnei* Sacc on chlorophyll fluorescence in garden strawberry]. *Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 94–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-12. (In Russian).
3. Dashuai G., Jianhui L., Jiangbin Y., Yurui S., Schulze P. Correction of leaf area measurement based on Android smartphone orientation sensor. *International Agricultural Engineering Journal*, 2017, vol. 26 (1), pp. 186–192.
4. Aleinikov A. F. Metod neinvazivnogo opredeleniya gribnykh boleznei sadovoi zemlyaniki sado-voi [Method of non-invasive determination of fungal diseases of common garden strawberry]. *Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 3, pp. 71–83. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-105.
5. Lin C.M., Chen L.H., Chen T.M. The development and application of an electrical impedance spectroscopy measurement system for plant tissues. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, vol. 82, pp. 96–99.
6. Hamed K. B., Zorrig W., Hamzaoui A.H. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, vol. 123, pp. 376–383.
7. Meiqing L., Jinyang L., Hanping M., Yanyou W. Diagnosis and detection of phospho-

- rus nu-trition level for *Solanum lycopersicum* based on electrical impedance spectroscopy. *Bio-systems Engineering*, 2016, vol. 143, pp. 108–118.
8. Jinyang L., Meiqing L., Hanping M., Wenjing Z. Diagnosis of potassium nutrition level in *Solanum lycopersicum* based on electrical impedance. *Bio-systems Engineering*, 2016, vol. 147, pp. 130–138.
9. Neto A. F., Olivier N. C., Cordeiro E. R., Helinando Pequeno de Oliveira Determination of mango ripening degree by electrical impedance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, vol. 143, pp. 222–226.
10. Wang Y.Q., Zhao P.F., Fan L.F., Zhou Q., Wang Z.Y. Determination of water content and characteristic analysis in substrate root zone by electrical impedance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, vol. 156, pp. 243–253.
11. Govorova G.F., Govorov D.N. Gribnye bolezni zemlyaniki i klubniki [Fungi diseases of wild strawberries and garden strawberries]. M.: Prospekt Publ., 2016. 142 p. (In Russian).
12. Kulikov I.M. *Proizvodstvo i sertifikatsiya posadochnogo materiala plodovykh, yagodnykh kul'tur i vinograda v Rossii. Kontrol' kachestva. Chast' 1. Yagodnye kul'tury* [Production and certification of planting material of fruit, berry crops and grapes in Russia. Quality control. Part 1. Berry crops]. / pod obshh. red. akad. RASXN I.M. Kulikova. M.: VSTISP Publ., 2009. 164 p. (In Russian).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа поддержана бюджетным проектом СФНЦА РАН № 0778-2020-0001.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Алейников А.Ф.**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: fti2009@yandex.ru

Минеев В.В., старший научный сотрудник

Чешкова А.Ф., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

Беляев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой

AUTHOR INFORMATION

✉ **Aleynikov A.F.**, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: fti2009@yandex.ru

Mineev V.V., Senior Researcher

Cheshkova A.F., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Lead Researcher

Belyaev A.A., Doctor of Science in Agriculture, Assistant Professor, Head of the Department

Дата поступления статьи 18.12.2019

Received by the editors 18.12.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-11

УДК: 636.32/.38.082.13:636.082.12

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ *CAST*, *GH*, *GDF9* ОВЕЦ ГОРНО-АЛТАЙСКОЙ ПОРОДЫ

¹Селионова М.И., ¹Чижова Л.Н., ¹Суржикова Е.С., ²Подкорытов Н.А., ²Подкорытов А.Т.

¹Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,
Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства
Ставрополь, Россия

²Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий,
Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Республика Алтай, с. Майма, Россия

Для цитирования: Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Подкорытов Н.А., Подкорытов А.Т. Полиморфизм генов *CAST*, *GH*, *GDF9* овец горно-алтайской породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 92–100. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-11.

For citation: Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Podkorytov N.A., Podkorytov A.T. Polimorfizm genov *CAST*, *GH*, *GDF9* ovets gorno-altaiskoi porody [Polymorphism of *CAST*, *GH*, *GDF9* genes of Gorno-Altai sheep breed]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 92–100. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-11.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения генетического разнообразия местных пород сельскохозяйственных животных. Объект исследований – горно-алтайская шерстно-мясная порода овец, максимально приспособленная к жестким природно-климатическим условиям Горного Алтая, круглогодичному пастбищному использованию. Порода отличается обильномолочностью, которая обеспечивает высокую сохранность молодняка. Изучены гены и их полиморфные варианты, ассоциированные с селекционируемыми признаками овец. В качестве перспективных генов, маркирующих качественные и количественные признаки мясной продуктивности овец, рассмотрены гены кальпастатина – *CAST*, соматотропина – *GH*, дифференциального фактора роста – *GDF9*. Анализом результатов ДНК-диагностики установлено, что полиморфизм ге-

POLYMORPHISM OF *CAST*, *GH*, *GDF9* GENES OF GORNO-ALTAI SHEEP BREED

¹Selionova M.I., ¹Chizhova L.N.,
¹Surzhikova E.S., ²Podkorytov N.A.,
²Podkorytov A.T.

¹The North Caucasus Federal Agricultural
Research Center, All-Russian Research Institute
of Sheep and Goat Breeding
Stavropol, Russia

²Altay Federal Scientific Center of
AgroBioTechnologies, Gorno-Altai Research
Institute of Agriculture
Mayma, Altay Republic, Russia

The results of studying the genetic diversity of local breeds of farm animals are presented. The object of research is the Gorno-Altai mutton-wool breed of sheep, maximally adapted to the harsh climatic conditions of the Altai mountains, and year-round pasture use. The breed is rich in milk, which ensures high survival rate of young animals. The genes and their polymorphic variants associated with breeding traits of sheep were studied. The genes of Calpastatin (*CAST*), Somatotropin (*GH*), and differential growth factor (*GDF9*) are considered as promising genes marking qualitative and quantitative traits of meat productivity in sheep. The analysis of the DNA diagnostics results revealed that the polymorphism of the *CAST*, *GH*, *GDF9* genes is represented by two alleles, M and N; A and B; A and G, respectively,

нов *CAST*, *GH*, *GDF9* представлен двумя аллелями, соответственно М и N; А и В; А и G, тремя генотипами – MM, NN, MN; AA, BB, AB; AA, GG, AG с разной частотой встречаемости. Частота желательного N аллеля гена *CAST* составила 27,5%, аллеля В гена *GH* – 37,5 %, аллеля А гена *GDF9* – 45,0%. Сравнительный анализ уровня фактической и теоретической ожидаемой гетерозиготности свидетельствует о неоднозначности характера их распределения в зависимости от гена. Наивысшие показатели фактической и ожидаемой гетерозиготности были характерны для гена *GDF9*, составившие соответственно 0,538 и 0,651 против 0,290 и 0,368; 0,290 и 0,445 – для генов *CAST* и *GH*. Наиболее высокая (36,9%) степень генетической изменчивости была характерна для гена *GDF9*, при 24,4 и 28,3% – для генов *CAST* и *GH*. Вариабельность изменчивости теста гетерозиготности в изучаемых генах отмечена незначительной: от минус 0,08 для гена *CAST*, минус 0,15 и минус 0,11 для генов *GH* и *GDF9*, что свидетельствует о некотором недостатке гетерозигот. Результаты исследований показали перспективность включения в селекционные программы совершенствования горно-алтайской породы овец тестирование, отбор и подбор по изученным генам.

Ключевые слова: горно-алтайская порода овец, полиморфизм, гены *CAST*, *GH* и *GDF9*

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биоразнообразия сельскохозяйственных животных в последние годы – одна из актуальных проблем животноводства. Особое значение она приобрела для овцеводства, поскольку, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, в мире из всех пород сельскохозяйственных животных больше всего сократилось число пород овец [1]. Поэтому совершенно не случайно в мировой и отечественной практике овцеводства особая роль отводится сохранению, рациональному использованию генетических ресурсов. Мнение ученых и практиков едино в том, что локальные популяции, как правило, устойчивы к заболеваниям, лучше приспособлены к климату, легче адаптируются к ухудшению качества корма, условиям содержания [2, 3]. Доказано, что специфические генные ком-

плексы, сбалансированная система генов региональных пород обуславливают фенотипическое проявление количественных и качественных характеристик породного и популяционного разнообразия [4]. Молекулярно-генетические методы исследований позволяют в достаточно короткий срок получать большой объем объективной информации для решения не только фундаментальных, но и прикладных задач науки и практики [5]. В частности – выявлять гены, их полиморфные варианты, ассоциированные с селекционируемыми признаками овцеводства. В качестве перспективных генов, маркирующих качественные и количественные признаки мясной продуктивности овец, рассматриваются гены кальпастина – *CAST*, соматотропина – *GH*, дифференциального фактора роста – *GDF9* [6–8]. Ген кальпастина (*CAST*) у овец локализо-

Keywords: Gorno-Altai breed of sheep, polymorphism, *CAST*, *GH* and *GDF9* genes

ван на пятой хромосоме, его размер составляет около 100 тыс. пар оснований (п.о.), включает в себя четыре экзона. Он входит в состав кальпаинового семейства ферментов и выступает в качестве специфического ингибитора кальций-зависимых протеаз. Доказано, что выраженность структуры и нежности мяса после забоя животного находится под влиянием функций фермента кальпастина [9, 10].

Ген гормона роста (соматотропный гормон, *GH*) расположен на 11-й хромосоме. Полипептидная цепь, синтез которой он контролирует, состоит из 191 аминокислотного остатка, обладает широким спектром биологического действия, влияя на все клетки организма. Он усиливает биосинтез белка, ДНК, РНК и гликогена и в то же время способствует мобилизации жиров из депо и распаду высших жирных кислот и глюкозы в тканях [11]. Помимо активации анаболических процессов, сопровождающихся увеличением размеров тела, стимуляцией роста скелета, соматотропин координирует и регулирует скорость протекания обменных процессов [12].

Ген дифференциального фактора роста – *GDF9* у овец определен на пятой хромосоме с протяженностью около 2,5 тыс. пар оснований, состоит из двух экзонов, разделенных одним интроном (1126 п.о.), кодирует пептид из 453 аминокислот. Имеются сведения об ассоциации гена с воспроизводительными качествами и энергией роста овец [13, 14].

Горно-алтайская порода, выведенная методом сложного длительного воспроизводительного скрещивания в 30–40-х годах XX в., обладает высокой шерстной и мясной продуктивностью, хорошо приспособлена к круглогодичному пастбищному содержанию в условиях холодного климата и высокогорья Республики Алтай. Порода относится к шерстно-мясному направлению продуктивности. Шерсть белого цвета, однородная, с длиной 8 см у баранов, 7,5 – у маток, тонина 50–58-го качества; руноштапельного, штапельно-косичного строения; настриг шерсти – 6 кг у баранов, 3,3 кг у маток, выход шерсти – 68%. Живая масса баранов 76 кг, маток – 45 кг, в племенных хо-

зяйствах соответственно 88 и 57 кг. Молочность маток – более 100 кг за четыре месяца лактации, среднесуточный прирост ягнят 180–120 г, живая масса к отъему от маток – 28–30 кг [15].

Несмотря на достаточно широкую распространенность и востребованность породы, исследований генов, ассоциированных с мясной продуктивностью, в данной породе не проводилось.

Цель исследований – изучить полиморфизм и генетическую структуру горно-алтайской породы овец по генам *CAST*, *GH*, *GDF9*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в аккредитованной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (ВНИИОК) – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный аграрный центр» (номер аккредитации РОСС RL /001/21ПД29). Материалом для исследований служила ДНК, выделенная из образцов крови овец ($n = 40$) горно-алтайской породы (КФХ «Усольцева Н.А.» Усть-Канского района Республики Горный Алтай) с использованием коммерческого набора «DIAto^{mm}DNAprep» (Изоген, Москва). Выход ДНК составил 3–5 мкг/100 мкл с OD 260/280 от 1,6 до 2,0. Для проведения ПЦР-гель-электрофорез применяли наборы «GenePakPCRCore» (Изоген, Москва).

Генотипирование овец по генам *CAST*, *GH*, *GDF9* проводили методом ПЦР-ПДРФ на программируемом термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) с использованием праймеров следующих последовательностей нуклеотидов: ген *CAST* – F:5'-tgg-ggc-cca-atg-acg-cca-tcg-atg-3' и R: 5'ggg-gga-gca-ctt-ctg-atc-acc-3'; ген *GH* – F:5'-gga-ggc-agg-aag-gga-tga-a-3' и R: 5'-cca-agg-gag-gga-gag-aca-ga-3'; ген *GDF9* – F:5'-gaa-gac-tgg-tat-ggg-gaa-atg-3' и R:5'-cca-atc-tgc-tcc-tac-aca-cct-3'. Идентификация исследуемых однонуклеотидных полиморфизмов в генах *CAST*, *GH*, *GDF9* приведена в табл. 1.

Табл. 1. Идентификация исследуемых однонуклеотидных полиморфизмов в генах *CAST*, *GH*, *GDF9* в NCBI

Table 1. Identification of the studied single nucleotide polymorphisms in the genes *CAST*, *GH*, *GDF9* in NCBI

Ген	Позиция в сборке Oar_rambouillet_v1.0	Позиция в сборке 4.0	Область	Идентификатор NCBI
<i>CAST</i>	102036502	93378602	Интрон	rs422618244
<i>GH</i>	14849876	47486660	Экзон	rs397514071
<i>GDF9</i>	46547268	41770341	Экзон	rs410123449

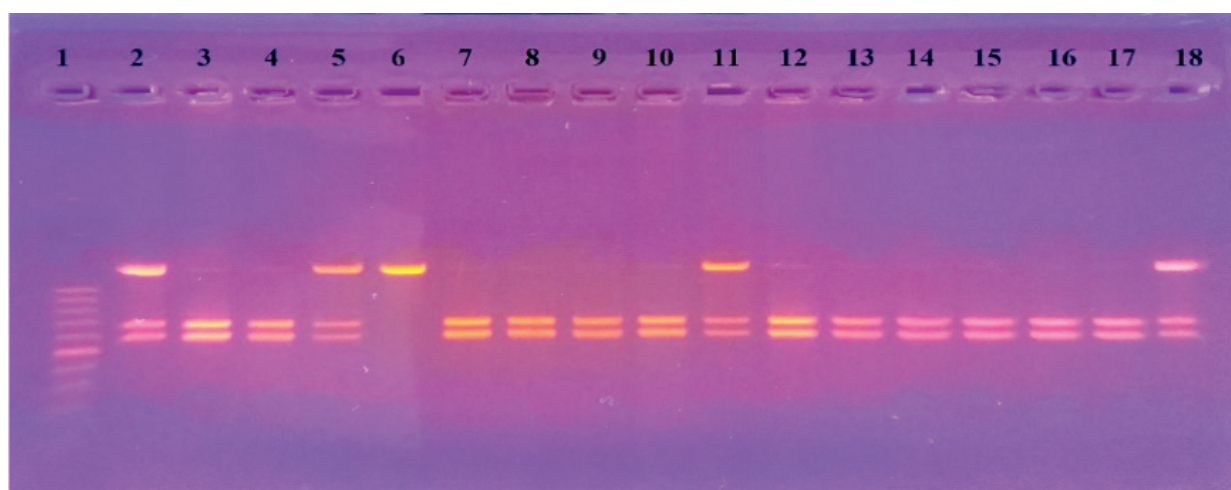


Рис. 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена кальпастанин (*CAST*) в 1,8%-м агарозном геле: 1 – ДНК-маркер 50 bp (Изоген); 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17 – генотип MM; 2, 5, 11, 18 – генотип MN; 6 – генотип NN

Fig. 1. Electrophoregram of the result of PCR-RFLP gene of calpastatin (*CAST*) in 1.8% agarose gel: 1 – DNA marker 50 bp (Isogen); 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17 – genotype MM; 2, 5, 11, 18 – genotype MN; 6 – genotype NN

Наличие ампликонов, их качество предварительно визуально оценивали после электрофоретического разделения продуктов реакции в 2–4%-м агарозном геле. При расщеплении амплифицированного участка гена *CAST* рестриктазой *MspI* при 37 °C идентифицировали следующие генотипы: *CAST*^{MM}, *CAST*^{MN}, *CAST*^{NN} (см. рис. 1).

Рестрикцию амплифицированного участка гена *GH* проводили эндонуклеазой *HaeIII*, при расщеплении продуктов амплификации регистрировали следующие генотипы: *GH*^{AA}, *GH*^{AB}, *GH*^{BB} (см. рис. 2).

Рестрикцию амплифицированного участка гена *GDF9* проводили эндонуклеазой *BstHNI* и идентифицировали следующие генотипы: *GDF9*^{AA}, *GDF9*^{AG}, *GDF9*^{GG} (см. рис. 3).

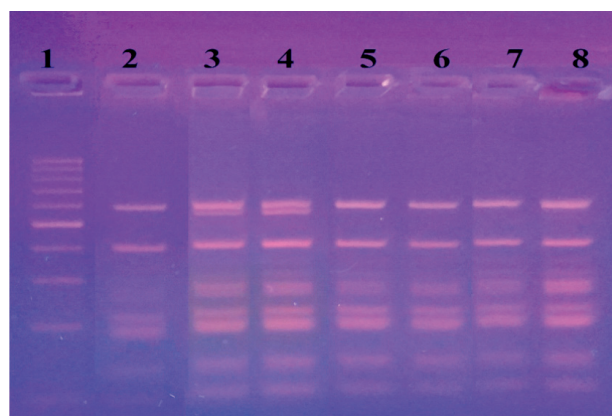


Рис. 2. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена гормона роста (*GH*) в 4,0%-м агарозном геле: 1 – ДНК-маркер 50 bp (Изоген); 2, 5, 6, 7, 8 – генотип AA; 3, 4 – генотип AB

Fig. 2. Electrophoregram of the result of PCR-RFLP gene of growth hormone (*GH*) in 4.0% agarose gel: 1 – DNA marker 50 bp (Isogen); 2, 5, 6, 7, 8 – genotype AA; 3, 4 – genotype AB

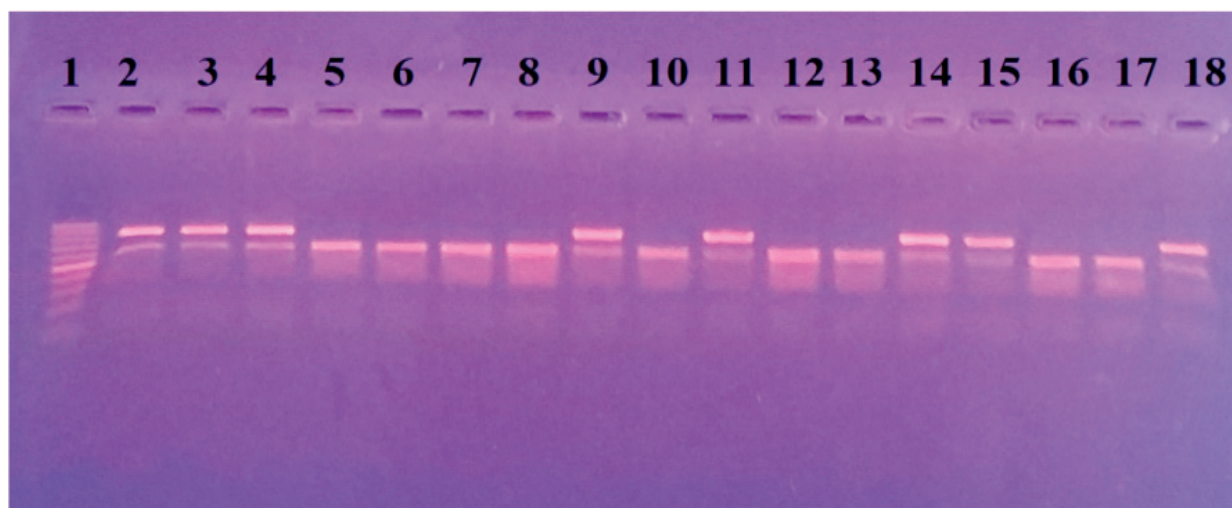


Рис. 3. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена дифференциального фактора роста (*GDF9*) в 2,0%-м агарозном геле: 1 – ДНК-маркер 50 bp (Изоген); 2, 3, 4, 9, 11, 14, 15, 18 – генотип AG; 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 17 – генотип GG

Fig. 3. Electrophoregram of the result of PCR-RFLP gene of differential growth factor (*GDF9*) in 2.0% agarose gel: 1 – DNA marker 50 bp (Isogen); 2, 3, 4, 9, 11, 14, 15, 18 – genotype AG; 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 17 – genotype GG

Для популяционно-генетической характеристики породы определяли уровень гомозиготности (*Ca*), число эффективно действующих аллелей (*Na*), степень генетической изменчивости (*V*), уровня фактической (*Ho*) и теоретической (*He*) ожидаемой гетерозиготности, тест гетерозиготности (ТГ) с использованием программного обеспечения GenAlEx 6.5 [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Генотипированием овец горно-алтайской породы установлено, что полиморфизм генов *CAST*, *GH*, *GDF9* представлен двумя аллелями, соответственно М и N; А и В; А и G, тремя генотипами – MM, NN, MN; AA, BB, AB; AA, GG, AG, с разной частотой встречаемости (см. табл. 2).

В гене *CAST* значительно чаще встречался аллель М (0,84), реже – аллель N (0,16), что обусловило достаточно высокую вариабельность частоты встречаемости гомозиготных (MM, NN) вариантов от 0,05 до 0,72. Частота встречаемости гетерозиготного варианта составила 0,23. В исследованиях ряда авторов установлено, что желательным для селекции овец в плане улучшения

Табл. 2. Частота встречаемости аллелей и генотипов генов *CAST*, *GH*, *GDF9* у овец горно-алтайской породы

Table 2. The frequency of alleles and genotypes of the *CAST*, *GH*, *GDF9* gene in the sheep of Gorno-Altai breed

Ген	Генотип	Частота встречаемости	
		генотип	аллель
<i>CAST</i>	MM	0,72 ± 0,07	
	NN	0,05 ± 0,01	М 0,84 N 0,16
	MN	0,23 ± 0,06	
<i>GH</i>	AA	0,70 ± 0,07	
	BB	0,08 ± 0,04	А 0,81 В 0,19
	AB	0,22 ± 0,06	
<i>GDF9</i>	AA	0,10 ± 0,05	
	GG	0,55 ± 0,08	А 0,27 G 0,73
	AG	0,35 ± 0,07	

качественных характеристик мяса является аллель N [9, 10]. В исследованной породе 27,5% животных являлись носителями данного аллеля в гомозиготном и гетерозиготном состоянии.

Для полиморфизма гормона роста *GH* характерна высокая (0,81) частота встречаемости аллеля А, низкая (0,19) – аллеля В, нашедшая отражение в присутствии гомозиготных (AA, BB) и гетерозиготного (AB) ге-

Табл. 3. Показатели генетической изменчивости в генах *CAST*, *GH*, *GDF9* у овец горно-алтайской породы

Table 3. Indicators of genetic variation in the *CAST*, *GH*, *GDF9* genes in sheep of Gorno-Altai breed

Ген	Показатель					
	<i>Ca</i> , %	<i>Na</i>	<i>Ho</i>	<i>He</i>	<i>V</i> , %	ТГ
<i>CAST</i>	73,1	1,37	0,290	0,368	24,4	–0,08 $\Phi < T^*$
<i>GH</i>	69,2	1,44	0,290	0,445	28,3	–0,15 $\Phi < T$
<i>GDF9</i>	60,6	1,65	0,538	0,651	36,9	–0,11 $\Phi < T$

* $\Phi < T$ – отклонение фактической частоты встречаемости гетерозигот (Φ) от теоретически ожидаемой (T)

нотипов с частотой встречаемости 0,70; 0,08 и 0,22. По данным исследователей, носители аллеля В характеризовались лучшим ростом и развитием, большей живой массой [8, 11]. В горно-алтайской породе выявлено 30,0% овец, в генотипе которых присутствовал аллель В.

Полиморфизм гена *GDF9* представлен аллелями А и G с частотой встречаемости соответственно 0,27 и 0,73. Распространение гомозиготных AA, GG-генотипов и гетерозиготного AG-генотипа составило соответственно 0,10; 0,55 и 0,35. Носителей селекционно-значимого аллеля А в плане улучшения воспроизводительных качеств в изученной породе установлено на уровне 45,0%.

Сравнительным анализом параметров аллелофонда и генетического своеобразия изучаемой популяции овец установлено, что величина их цифровых значений была достаточно вариабельной и зависела от гена. Так, уровень гомозиготности (*Ca*) гена *CAST*, свидетельствующей в определенной мере о консолидации популяции, находился в пределах 73,1, *GH* – 69,2, *GDF9* – 60,6%. Большее количество (1,65) эффективно действующих аллелей (*Na*) было характерно для гена *GDF9*, при сравнительно одинаковом (1,37 и 1,44) их распределении для генов *GH* и *CAST* (см. табл. 3).

Сопоставление уровня фактической (*Ho*) и теоретической (*He*) ожидаемой гетерозиготности свидетельствует о неоднозначности характера их распределения в зависимости от гена. Наивысшие показатели фактической и ожидаемой гетерозиготности были характерны для гена *GDF9*, составив-

шие соответственно 0,538 и 0,651. Для генов *CAST* и *GH* они были ниже и равнялись соответственно 0,290 и 0,368; 0,290 и 0,445 (см. табл. 3).

Наиболее высокая (36,9%) степень генетической изменчивости (*V*) характерна для гена *GDF9*, при 24,4 и 28,3% – для *CAST* и *GH*. Вариабельность изменчивости теста гетерозиготности (ТГ), отражающего отклонения частот встречаемости гетерозиготных генотипов от теоретически ожидаемой доли гетерозигот согласно закону Харди-Вайнберга, в изучаемых генах отмечена незначительной: от минус 0,08 для гена *CAST*, минус 0,15 и минус 0,11 для генов *GH* и *GDF9*, что свидетельствует о некотором недостатке гетерозигот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализом результатов ДНК-диагностики овец горно-алтайской полутонкорунной породы установлено, что полиморфизм генов *CAST*, *GH*, *GDF9* представлен двумя аллелями, соответственно М и N; А и В; А и G, тремя генотипами – MM, NN, MN; AA, BB, AB; AA, GG, AG, с разной частотой встречаемости. Выявлено присутствие генотипов, несущих аллели, желательных в селекции для повышения мясной продуктивности ($CAST^{NN}$, $CAST^{MN}$), ускорения роста и развития (GH^{BB} , GH^{AB}) и воспроизводительной способности ($GDF9^{AA}$, $GDF9^{AG}$) на уровне 27,5; 30,0 и 45,0%. Результаты исследований показали перспективность включения в селекционные программы совершенствования горно-алтайской породы овец тестирование, отбор и подбор по изученным генам. Показатели степени гомозиготности изучен-

ных генов, с одной стороны, свидетельствуют о консолидации генофонда этой породы, с другой – об уровне полиморфности и гетерозиготности этих генов, указывают на необходимую генетическую изменчивость, способную обеспечить селекционный прогресс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данкверт С.А., Холманов А.М., Осадчая О.Ю. Овцеводство стран мира. Дубровицы: ВИЖ, 2011. 508 с.
2. Столповский Ю.А., Захаров-Гезехус И.А. Проблема сохранения генофондов domesticированных животных // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 4. С. 477–486. DOI: 10.18699/VJ17.266.
3. Косилов В.И., Салаев Б.К., Юлдашбаев Ю.А., Иргашев Т.А., Арилов А.Н. Эффективность использования генетических ресурсов овец в разных природно-климатических условиях: монография. Элиста: издательство Калмыцкого университета, 2019. 205 с.
4. Денискова Т.Е., Доцев А.В., Гладырь Е.А., Сермягин А.А., Багиров В.А., Хомподоева У.В., Ильин А.Н., Брем Г., Зиновьева Н.А. Валидация панели SNP-маркеров для контроля происхождения локальных российских пород овец // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 6. С. 746–755. DOI: 10.115389/agrobiology.2016.2.264rus.
5. Зиновьева Н.А., Костюнина О.В., Гладырь Е.А., Банникова А.Д., Харзинова В.Р., Ларионова П.В., Шавырина К.М., Эрнст Л.К. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных // Зоотехния. 2010. № 1. С. 8–10.
6. Трухачев В.И., Селионова М.И., Криворучко А.Ю., Айбазов А.М. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis Agries* L.). Сообщение I. Миостатин, кальпаин, кальпастан // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 6. С. 1107–1119. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1107rus.
7. Zhou H., Hickford J.G.H., Gong H. Polymorphism of the ovine calpastatin gene // Molecular and Cellular Probes. 2007. Vol. 21. N 3. P. 242–244. DOI: 10.1016/j.mcp.2006.10.004.
8. Gorlov I.F., Kolosov Y.A., Shirokova N.V., Getmantseva L.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Zlobina E.Yu. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed // Small Ruminant Research. 2017. Vol. 150. P. 11–14. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2017.02.019.
9. Palmer B.R., Morton J.D., Roberts N., Illian M.A., Bickerstaffe R. Marker-assisted selection for meat quality and the ovine calpastatin gene // New Zealand Society of Animal Production. 1999. Vol. 59. P. 266–268.
10. Pomponio L., Erthjerg P. The effect of temperature on the activity of μ and m-calpain and calpastatin during post-mortem storage of porcine longissimus muscle // Meat Science. 2012. Vol. 91. N 1. P. 50–55. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.12.005.
11. Malewa A.D., Hakim L., Maylinda S., Husain M.H. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits // Livestock Research for Rural Development. 2014. Vol. 26. № 6. P. 324–331.
12. Othman L.A., Althwani A.N., Jabbar A. Growth hormone gene in Iraqi and Turkish Awassi sheep using PCR-RFLP // World Journal of Pharmaceutical Research. 2016. Vol. 5. N 1. P. 87–93.
13. Hanrahan J.P., Gregan S.M., Mulsant P., Mullen M., Davis G.H., Powell R., Galloway S. Mutations in the genes for oocyte derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*). Biology of Reproduction. 2004. Vol. 70. P. 900–909. DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093.
14. Getmantseva L., Bakoev N., Bakoev S., Shirokova N., Kolosova M., Kolosov A., Kolosov Y., Usatov A., Shevtsova V. Effect of the GDF9 gene on the weight of lambs at birth // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 25. N 1. P. 153–157.
15. Подкорытов А.Т., Селионова М.И., Подкорытов Н.А., Подкорытов А.А. Овцеводство и козоводство Республики Алтай: состояние, проблемы, решение // Зоотехния. 2018. № 10. С. 8–11.
16. Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update // Bioinformatics. 2012. Vol. 28. P. 2537–2539. DOI: 10.1093/bioinformatics/bts46.

REFERENCES

1. Dankvert S.A., Kholmanov A.M., Osadchaya O.Yu. *Ovtsevodstvo stran mira* [Sheep farming]. VIZh, Dubrovitsy [Federal Science Centre for Animal Husbandry, Dubrovitsy], 2011, 508 p. (In Russian).
2. Stolpovskii Yu.A., Zakharov-Gezekhus I.A. Problema sokhraneniya genofondov domestitsirovannykh zhivotnykh [The problem of conservation of gene pools of domesticated animals]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2017, vol. 21, no. 4, pp. 477–486. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ17.266.
3. Kosilov V.I., Salaev B.K., Yuldashbaev Yu.A., Irgashev T.A., Arilov A.N. *Effektivnost' ispol'zovaniya geneticheskikh resursov ovets v raznykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh* [The effectiveness of the use of genetic resources of sheep in different climatic conditions]. Elista, izdatel'stvo Kalmytskogo universiteta, 2019, 205 p. (In Russian).
4. Deniskova T.E., Dotsev A.V., Gladyr' E.A., Sermiyagin A.A., Bagirov V.A., Khompodoeva U.V., Ilyin A.N., Brem G., Zinovieva N.A. Validatsiya paneli SNP-markerov dlya kontrolya proiskhozhdeniya lokal'nykh rossiiskikh porod ovets [Validation of the SNP panel for parentage assignment in local Russian sheep breeds] *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2015, no. 50 (6), pp. 746–755. (In Russian). DOI: 10.115389/agrobiology.2016.2.264rus.
5. Zinov'eva N.A., Bannikova A.D., Gladyr' E.A., Kostyunina O.V., Kharzinova V.R., Laronova P.V., Shavyrina K.M., Ernst L.K. Rol' DNK-markerov priznakov produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh [The role of DNA markers of farm animal productivity traits]. *Zootekhniya* [Zootechniya], 2010, no. 1, pp. 8–10. (In Russian).
6. Trukhachev V.I., Selionova M.I., Krivoruchko A.Yu., Aibazov A.M.M. Geneticheskie markery myasnoi produktivnosti ovets (Ovis Aries L.). Soobshchenie I. Miostatin, kal'pain, kal'pastatin [Genetic markers of sheep meat productivity (Ovis Aries L.). Message I. Myostatin, Calpain, Calpastatin]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2018, vol. 53, no. 6, pp. 1107–1119. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1107rus.
7. Zhou H., Hickford J.G.H., Gong H. Polymorphism of the ovine calpastatin gene. *Molecular and Cellular Probes*, 2007, vol. 21, no. 3, pp. 242–244. DOI: 10.1016/j.mcp.2006.10.004.
8. Gorlov I.F., Kolosov Y.A., Shirokova N.V., Getmantseva L.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Zlobina E.Yu. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed. *Small Ruminant Research*, 2017, no. 150, pp. 11–14. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2017.02.019.
9. Palmer B.R., Morton J.D., Roberts N., Illian M.A., Bickerstaffe R. Marker-assisted selection for meat quality and the ovine calpastatin gene. *New Zealand Society of Animal Production*, 1999, no. 59, pp. 266–268.
10. Pomponio L., Ertbjerg P. The effect of temperature on the activity of μ and m-calpain and calpastatin during post-mortem storage of porcine longissimus muscle. *Meat Science*, 2012, vol. 91, no 1, pp. 50–55. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.12.005.
11. Malewa A.D., Hakim L., Maylinda S., Husain M.H. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits. *Livestock Research for Rural Development*, 2014, vol. 26, no. 6, pp. 324–331.
12. Othman L.A., Althwani A.N., Jabbar A. Growth hormone gene in Iraqi and Turkish Awassi sheep using PCR-RFLP. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 2016, vol. 5, no. 1, pp. 87–93.
13. Hanrahan J.P., Gregan S.M., Mulsant P., Mullen M., Davis G.H., Powell R., Galloway S. Mutations in the genes for oocyte derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (Ovis aries). *Biology of Reproduction*, 2004, no. 70, pp. 900–909. DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093.
14. Getmantseva L., Bakoev N., Bakoev S., Shirokova N., Kolosova M., Kolosov A., Kolosov Y., Usatov A., Shevtsova V. Effect of the GDF9 gene on the weight of lambs at birth. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 153–157.
15. Podkorytov A.T., Selionova M.I., Podkorytov N.A., Podkorytov A.A. Ovtsevodstvo i kozovodstvo Respubliki Altai: sostoyanie, problema, reshenie [Sheep and goat breeding of the

Altai Republic: state, problems, solution]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2018, no. 10, pp. 8–11. (In Russian).

16. Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software

for teaching and research – an update. *Bioinformatics*. 2012, vol. 28, pp. 2537–2539. DOI: 10.1093/bioinformatics/bts46.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Селионова М.И.**, доктор биологических наук, профессор РАН, руководитель научного направления; **адрес для переписки:** 355017, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15; e-mail: m_selin@mail.ru

Чиждова Л.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией; e-mail: ummunogenetika@yandex.ru

Сурждикова Е.С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: ummunogenetika@yandex.ru

Подкорытов Н.А., старший научный сотрудник; e-mail: ganiish@mail.ru

Подкорытов А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; e-mail: ganiish@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Selionova M.I.**, Doctor of Science in Biology, Professor RAS, Head of Research Division; **address:** 15 Zootechnichesky, Stavropol, 355017, Russia; e-mail: m_selin@mail.ru

Chizhova L.N., Doctor of Science in Agriculture, Professor, Laboratory Head; e-mail: ummunogenetika@yandex.ru

Surzhikova E.S., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; e-mail: ummunogenetika@yandex.ru

Podkorytov N.A., Senior Researcher; e-mail: ganiish@mail.ru

Podkorytov A.T., Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; e-mail: ganiish@mail.ru

Финансовая поддержка

Исследования выполнены за счет бюджетного финансирования ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» по теме 0513-2019-0002

Дата поступления статьи 20.12.2019
Received by the editors 20.12.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-12

УДК: 338.43(478)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Пармакли Д.М.

Комратский государственный университет

г. Комрат, Республика Молдова

Для цитирования: Пармакли Д.М. Методологические основы экономической оценки урожайности сельскохозяйственных культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 101–109. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-12.

For citation: Parmacli D.M. Metodologicheskie osnovy ekonomicheskoi otsenki urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodological foundations of economic assessment of yield of agricultural crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyai-stvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp.101–109. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-12.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

В теоретическом и практическом аспектах представлена методика оценки достигнутых уровней продуктивности земли с точки зрения окупаемости понесенных затрат. На основе методики градации продуктивности сельскохозяйственных культур предложены методические подходы по обоснованию показателей четырех уровней урожайности, которые формируют четыре зоны: убыточной, умеренной, рациональной и оптимальной урожайности. В точке безубыточности, при равенстве доходов от реализации и совокупных затрат, связанных с производством и реализацией продукции, предприятие не имеет убытков, но не получает прибыли. После преодоления порога рентабельности предприятие с каждой последующей единицей продукции начинает получать прибыль. В зоне умеренной урожайности предприятие получает прибыль, позволяющую вести простое воспроизводство. В зоне рациональной продуктивности земли прибыль предприятия обеспечивает частичное обновление производства, необходимое в условиях расширенного воспроизводства. Для ведения широкого обновления производственной базы в условиях расширенного воспроизводства предприятию следует обеспечить оптимальный уровень урожайности.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF ECONOMIC ASSESSMENT OF YIELD OF AGRICULTURAL CROPS

Parmacli D.M.

Comrat State University

Comrat, Republic of Moldova

The methodology for assessing levels of land productivity in terms of cost recovery is presented in theoretical and practical aspects. Based on the method for grading the yield of agricultural crops, methodological approaches have been proposed to substantiate the indicators of four productivity levels, which form four zones: unprofitable, moderate, rational and optimal yield. At the breakeven point, whereby revenue from sales and total production and sales costs are equal, the company does not incur losses, but does not receive profit either. After overcoming the breakeven point, the enterprise begins to make a profit with each subsequent unit of production. In the zone of moderate productivity, the company makes a profit which allows simple reproduction. In the zone of rational productivity of land, the profit of the enterprise provides for a partial upgrade of production, necessary in conditions of expanded reproduction. To conduct an extensive upgrade of the production base in conditions of expanded reproduction, the enterprise should reach the optimal level of yield. Formulas are given by which enterprises can forecast their profit per unit of area as a multiple of fixed costs. A number of examples for calculating different levels of crop yield based on a case study of a particular enterprise in 2018

Приведены формулы, с помощью которых предприятия могут прогнозировать величину прибыли с единицы площади, кратную постоянным затратам. Представлены примеры расчетов различных уровней урожайности на примере конкретного предприятия за 2018 г. Предложенная методика позволит исследователям обосновать экономическую оценку полученных показателей урожайности каждой возделываемой культуры на предприятии. Данная методика также обеспечит специалистов сельскохозяйственных предприятий, преподавателей и студентов высших учебных заведений современным методическим инструментарием экономической оценки достигнутых уровней урожайности возделываемых культур.

Ключевые слова: урожайность, цена реализации, постоянные и переменные затраты, прибыль, доход от реализации продукции

ВВЕДЕНИЕ

Получение высокой урожайности в растениеводстве обусловлено более полным использованием потенциала продуктивности земли и биологического потенциала растений. Однако показатели выхода продукции с единицы площади непосредственно не характеризуют состояние уровня хозяйствования на земле. Вполне востребованной как в теоретическом, так и практическом аспектах является разработка методики оценки достигнутого уровня продуктивности земли с точки зрения окупаемости понесенных затрат. Данная методика должна быть доступна для практического применения специалистам сельскохозяйственных предприятий, преподавателям и студентам учебных заведений, а также отражать современные подходы оценки эффективности уровня хозяйствования на земле.

Вопросы эффективности результатов землепользования в экономической литературе рассматривают с различных позиций. А. Алтухов в своих публикациях предлагает пути совершенствования организационно-экономического механизма устойчивого развития агропромышленного производства [1]. А. Рассказова и Р. Жданова вводят понятие экономической эффективности устойчивого землепользования [2]. С. Сиптиц рас-

are presented. The suggested method will allow researchers to substantiate economic evaluation of yield levels achieved for each type of crop cultivated at any given agricultural enterprise. This methodology will also provide specialists of agricultural enterprises, teachers and students of higher educational institutions with modern methodological tools for the economic assessment of yield levels for cultivated crops.

Keywords: crop yield, sales price, fixed and variable costs, profit, sales revenue.

сматривает проблемы сочетания эффективности и устойчивости функционирования агропродовольственных систем [3], И. Романенко и Н. Евдокимова – устойчивость и эффективность размещения производства продукции растениеводства по территории, при которой обеспечивается высокая степень использования биоклиматического потенциала территории [4].

Представляют интерес работы таких ученых, как В.П. Павлик [5], А.Г. Шпикуляк, О.А. Материнская, Г.Ф. Мазур [6], в которых предложен новый подход к оценке эффективности продукции и дано обоснование факторов ее роста.

Особое внимание уделили проблемам повышения сельскохозяйственного производства к изменению климата Е. Marshall, М. Aillery и др. При этом подчеркивается необходимость обеспечения эффективности использования воды в растениеводстве [7]. Результаты исследования А.W. Mugera, М.R. Langemeier, А. Ojede показали, что изменение прибыльности в сельскохозяйственном секторе преимущественно обусловлены общим изменением производительности факторов производства, основной источник которого – технический прогресс. Данное обстоятельство подчеркивает необходимость поддержки исследований

и разработок, а также внедрение существующих технологий в производственный процесс [8]. Z. Chrastinová, V. Burianová в своем исследовании отметили различные аспекты, в которых рассматривается эффективность сельскохозяйственного производства: экономическая, распределительная и масштабная. Распределительная эффективность (или «ценовая эффективность») достигается, когда предприятие способно использовать ресурсы с наименьшими затратами. Масштабная эффективность (или эффективность масштаба) означает снижение удельных затрат, доступных предприятию при производстве более высоких объемов продукции [9].

Среди молдавских авторов следует отметить работы таких ученых, как А. Стратан, В. Дога и Е. Тимофти, которые в своих исследованиях разработали и предложили собственные варианты экономического механизма роста эффективности сельского хозяйства на основе рационального использования земли [10–12]. Важное значение имеют исследования Л. Тодорич и Т. Дудогло, которые направлены на изучение проблем устойчивости производства сельскохозяйственной продукции и оценки уровня стабильности продуктивности земель регионов¹ [13].

Цель работы – представить современный методический инструментарий экономической оценки достигнутого уровня урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях – определяющее условие обеспечения рентабельного производства, поскольку такие факторы роста эффективности как снижение затрат и повышение цены реализации не могут оказать существенного влияния на экономические показатели возделываемой культуры. Во-первых, затраты, предусмотренные принятой технологией возделывания культур, не могут быть сокращены или

тем более исключены. Чаще всего разница в уровне затрат на производство тех или иных культур в различных хозяйствах объясняется тем, что ряд технологических операций (внесение минеральных удобрений и проведение подкормок, применение гербицидов, сушка зерна на стационарных сушилках и др.) не проводят из-за отсутствия финансовых средств, что ведет к снижению урожайности. Важно не экономить материальные и денежные средства при возделывании культур, а не допускать их перерасхода, нерационального применения, порчи, хищения и др. В развитых странах рыночной экономики не жалеют средств на приобретение новых сортов, гербицидов, ядохимикатов, удобрений, которые дают прибавку урожайности, сравнимой в стоимостном выражении с понесенными затратами. Во-вторых, следует исходить из того, что повышение цены реализации на конкурентном рынке при прочих равных условиях практически нереально. Некоторое увеличение цены может быть достигнуто лишь при улучшении качества реализуемой продукции. Ценовая конкуренция в условиях рынка, т.е. реализация продукции как по завышенным, так и заниженным ценам, может оказаться губительной для предприятия. Исключение составляют предприятия-монополисты. Однако в сельском хозяйстве монопольное производство зерна невозможно. Следовательно, достижение высокой эффективности в отрасли в расчете на реализацию продукции по более высоким ценам является весьма рискованным, малооправданным и по существу иллюзорным делом.

В условиях рыночной экономики выигрывает тот, кто добивается более низкой себестоимости реализуемых товаров. Между себестоимостью продукции и урожайностью наблюдается обратная зависимость, поэтому рост урожайности приводит к снижению себестоимости производимой продукции и наоборот, снижение урожайности связано с ростом затрат в расчете на единицу продукции. В связи с этим низкой себе-

¹Тодорич Л. Основы финансового менеджмента: уч. пособие. Комрат: Комратский гос. ун-т, 2017. 200 с.

стоимости достигают те товаропроизводители в сельском хозяйстве, которые добиваются более высокой урожайности.

Итак, урожайность является индикатором эффективности, конкурентоспособности продукции возделываемых культур. На первый взгляд, данное утверждение может показаться очевидным: повышение урожайности всегда дело хорошее, прогрессивное. Однако современные достижения экономической науки позволяют довольно просто и достаточно точно определить границы эффективной урожайности, экономически обосновать целесообразность как долгосрочного, так и краткосрочного вложения капитала с целью наращивания продуктивности земли.

Любой землепользователь решает извечные проблемы: как повысить отдачу земли – основного фактора производства. Оставим агрономические вопросы роста урожайности специалистам, так как агроном лучше других знает особенности своих полей, агротехнику возделываемых культур. Останемся лишь на основных организационно-экономических аспектах проблемы.

Вполне очевидно, что при прочих равных условиях более высокой эффективности производства продукции растениеводства добиваются те предприятия, которые рачительно используют трудовые, материальные и финансовые ресурсы, не допускают порчи, хищения и нерационального применения материально-технических средств. При строгом соблюдении технологии возделывания зерновых культур условно постоянные затраты в расчете на один гектар посевов будут примерно одинаковыми. В выигрыше окажутся те хозяйства, которые при этом обеспечат более высокую урожайность.

В сельском хозяйстве на продуктивность земли влияют многие факторы, в том числе природные, не подвластные человеку. Среди них естественное плодородие полей, количество осадков в вегетационный период, поздние весенние и ранние осенние заморозки и др. Однако при прочих равных условиях более высокая урожайность сельскохозяйственных культур в тех трудовых коллективах, в которых достигается высокое каче-

ство проведения технологических операций на полях, выше производственная и технологическая дисциплина, являющиеся основой своевременного выполнения работ. В сельском хозяйстве вообще и в земледелии в частности качество работ выступает в отличие от промышленности как фактор производительный: более высокое качество работ обеспечивает более высокий выход продукции с единицы площади. Профессиональное мастерство и дисциплина труда механизаторов, агрономов, инженеров хозяйств – залог высокой урожайности пшеницы, ячменя и других сельскохозяйственных культур.

В сельском хозяйстве в отличие от других отраслей экономики условно постоянные затраты отличаются высокой долей в структуре себестоимости, поэтому очень важно получить максимум продукции от уже вложенных средств.

При планировании производства каждое предприятие рассчитывает объемы всех видов затрат, которые подразделяются на постоянные и переменные. На величину постоянных затрат в расчете на единицу площади (FC) и удельных переменных затрат (AVC) не влияет уровень полученной урожайности. Данная особенность постоянных и удельных переменных затрат позволяет проводить необходимые расчеты эффективности. При планировании можно достаточно объективно оценить ожидаемую величину цены реализации (P). Она также не зависит от величины урожая данного предприятия, так как сельскохозяйственные предприятия действуют в условиях свободной конкуренции.

Зная указанные три величины (FC , AVC и P), можно определить себестоимость единицы продукции (Z) и порог рентабельности ($q_{\min}$) по каждой культуре по известным формулам

$$Z = AVC = \frac{FC}{q} + AVC, \text{ р./ц}, \quad (1)$$

$$q_{\min} = \frac{FC}{P - AVC}, \text{ ц/га}, \quad (2)$$

где FC – условно постоянные затраты в расчете на 1 га, р.; AVC – переменные затраты в

расчете на 1 ц продукции, р.; q – урожайность, ц/га; p – цена реализации продукции, р./ц.

Пороговое значение урожайности, или точка безубыточности, представлено на рис. 1.

Точка пересечения кривых дохода от продаж и затрат на рис. 1 соответствует порогу рентабельности. В точке безубыточности урожайность обеспечивает нулевую прибыль. Показатели выхода продукции с единицы площади ниже минимального уровня, относятся к зоне убыточной урожайности. Если с каждого гектара земли получено продукции больше, чем в точке безубыточности, то они располагаются в зоне прибыльной урожайности. Таким образом, все показатели урожайности делятся на две зоны: убыточной и прибыльной урожайности.

Выход прибыли с единицы площади (Π) прямо пропорционален значению урожайности, а прибыль в расчете на единицу продукции (π) как показатель эффективности реализованной продукции возрастает по мере роста продуктивности полей, однако данный прирост носит затухающий характер:

$$\Pi = q(p - AVC) - FC, \text{ р./га}, \quad (3)$$

$$\pi = p - z = p - AVC - \frac{FC}{q}, \text{ р./ц}. \quad (4)$$

Указанные зависимости представлены на рис. 2.

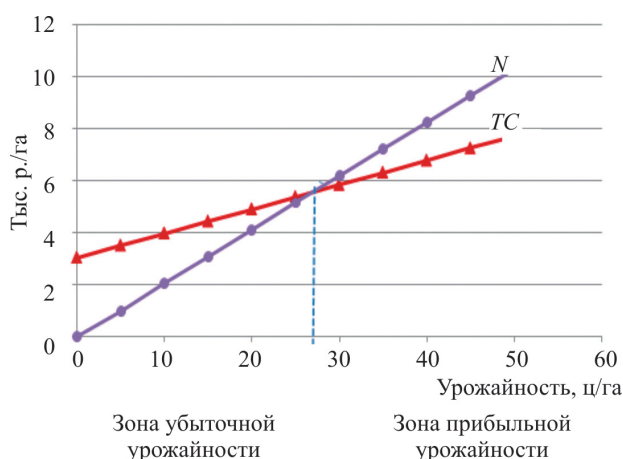


Рис. 1. Зоны уровней урожайности сельскохозяйственных культур (пример условный): N – доходы от продаж; TC – затраты

Fig. 1. Zones of crop yields (conditional example): N – revenue from sales; TS – costs

Как отмечено выше, показатели выхода продукции с единицы площади непосредственно не характеризуют состояние хозяйствования на земле. В связи с этим на основе проведенных исследований обосновано четыре вида урожайности сельскохозяйственных культур: минимальная (порог рентабельности, или точка безубыточности), умеренная, рациональная и оптимальная). На их основании обоснованы четыре зоны урожайности: убыточная, умеренная, рациональная и оптимальная (см. рис. 3).

В точке безубыточности (при равенстве доходов от реализации и совокупных затрат, связанных с производством и реализацией продукции) предприятие не имеет убытков, но и не получает прибыли. После преодоления порога рентабельности предприятие с каждой последующей единицей продукции начинает получать прибыль. В зоне умеренной урожайности предприятие получает прибыль, позволяющую вести, по меньшей мере, простое воспроизводство. В зоне рациональной продуктивности земли прибыль предприятия обеспечивает частичное обновление производства, необходимое в условиях расширенного воспроизводства. Для ведения широкого обновления производственной

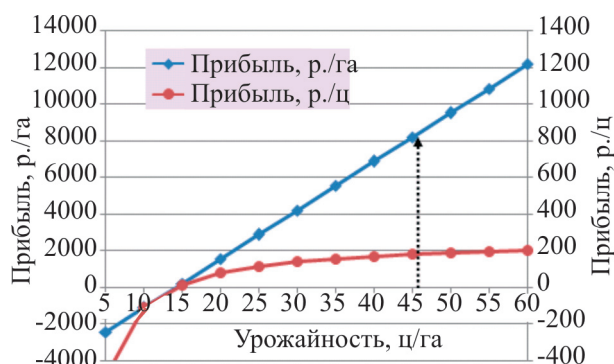


Рис. 2. Влияние величины урожайности на эффективность производства и реализации пшеницы в ООО «Ири Кармен» за 2018 г. (выполнено по данным табл. 1 и 2). Стрелкой указано фактическое состояние показателей

Fig. 2. The effect of yield on the efficiency of production and sales of wheat in the enterprise “Iri Carmen” for 2018 (performed according to the data in Tables 1 and 2). The arrow indicates the actual state of indicators

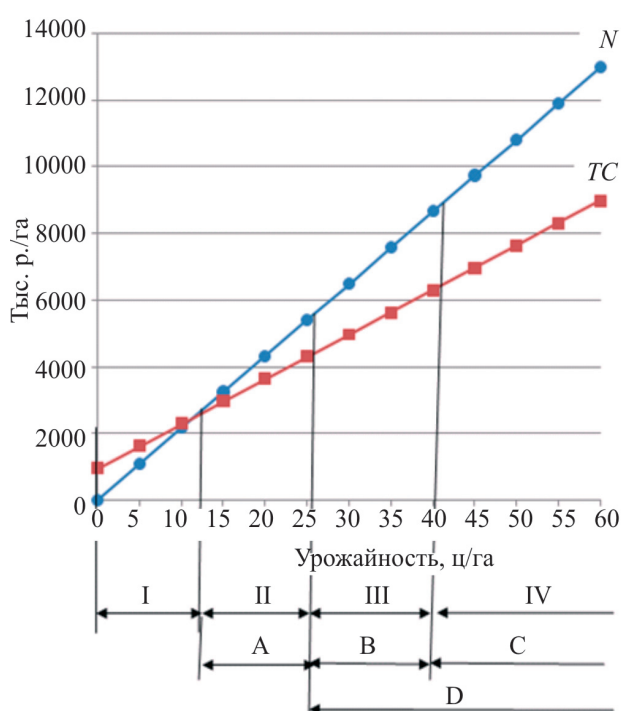


Рис. 3. Схема градации уровней урожайности зон эффективности реализованной продукции растениеводства (разработка автора):

зона урожайности: I – убыточной; II – умеренной; III – рациональной; IV – оптимальной; зона воспроизводства: A – простого; B – частичного обновления; C – широкого обновления; D – расширенного; N – доходы от продаж; TC – затраты

Fig. 3. Gradation scheme for efficiency zones of sold crop products yield levels (author's findings):

yield zone: I – loss-making; II – moderate; III – rational; IV – optimal; reproduction area: A – simple; B – partial upgrade; C – wide upgrade; D – extended upgrade; N – revenue from sales; TS – costs

базы в условиях расширенного воспроизводства предприятию следует обеспечить оптимальный уровень урожайности.

Как выявить границу между умеренной и рациональной или между рациональной и оптимальной урожайностью?

Если необходимо выявить урожайность, при которой предприятие может получить заданный объем прибыли (Π), следует использовать выражение

$$q = \frac{\Pi + FC}{p - AVC}, \text{ ц/га.} \quad (5)$$

Градация уровней урожайности в зависимости от объема полученной прибыли представлена в табл. 1.

Табл. 1. Градация уровней урожайности
Table 1. Gradation of yield levels

Показатель	Формула урожайности, ц/га	Прибыль, р./га
Минимальный (порог рентабельности)	$q_{\min} = \frac{FC}{p - AVC}$	$\Pi = 0$
Умеренный	$q_{\text{ум}} = \frac{2FC}{p - AVC}$	$\Pi = FC$
Рациональный	$q_{\text{рац}} = \frac{4FC}{p - AVC}$	$\Pi = 3FC$
Оптимальный	$q_{\text{опт}} > \frac{4FC}{p - AVC}$	$\Pi > 3FC$

Примечание. Авторская разработка

Данные табл. 1 показывают, что на предприятии при уровне урожайности, превышающем в 2 раза минимальное значение (значение порога рентабельности), обеспечивается прибыль, равная по объему постоянным затратам. Такое состояние соответствует простому воспроизводству. Если фактическая урожайность в 4 раза превышает минимальный уровень, то прибыль превысит значение постоянных затрат в 3 раза, что позволит предприятию вести частичное обновление производства для обеспечения расширенного воспроизводства. Дальнейшее наращивание показателей продуктивности земли приведет к способности предприятия вести активное обновление производственной базы и этим достичь стабильного уровня расширенного воспроизводства.

Изложенное выше можно подтвердить на примере сельскохозяйственного предприятия ООО «Ири Кармен» Кагульского района (Республика Молдова) за 2018 г. (см. табл. 2).

Используя данные табл. 2 в соответствии с формулами, приведенными в табл. 1, находим значения минимальной (критической), умеренной, рациональной и оптимальной урожайности, а также соответствующие им значения полученной прибыли с единицы площади по каждой культуре (см. табл. 3).

Табл. 2. Показатели производства и реализации продукции основных культур в ООО «Ири Кармен» за 2018 г.

Table 2. Indicators of production and sales of the main crops at Iri Carmen enterprise for 2018

Культура	Постоянные затраты (FC), р./га	Цена (р.), р./ц	Удельные переменные затраты (AVC), р./ц	Урожайность (q), ц/га
Пшеница	3773	801,5	535,2	45,6
Ячмень	3290	756,4	468,3	45,4
Горох	934	602,4	583,1	10,8
Кукуруза	4221	846,3	381,5	72,4
Подсолнечник	3440	1805	835,4	28,3
Рапс	899	2106	1091,3	19,3

Примечание. Данные форм № 7 – АПК и № 9 – АПК ООО «Ири Кармен» за 2018 г.

Табл. 3. Расчетные показатели зон урожайности основных культур в ООО «Ири Кармен» за 2018 г., ц/га

Table 3. Estimated indicators of the yield zones of the main crops at “Iri Carmen” enterprise for 2018, kg/ha

Урожайность	Пшеница	Ячмень	Горох	Кукуруза	Подсолнечник	Рапс
Минимальная	14,2	11,4	48,5	9,0	3,5	3,1
Умеренная	28,4	22,8	97,0	18,0	7,0	6,2
Рациональная	56,8	45,6	194,0	36,0	14,0	12,4
Оптимальная	>56,8	> 45,6	>194,0	> 36,0	>14,0	>12,4
Фактическое значение	45,6	45,4	10,8	72,4	28,3	19,3
Оценка зоны	Рациональная	Рациональная	Убыточная	Оптимальная	Оптимальная	Оптимальная

Примечание. Выполнено по данным табл. 2.

Фактическая урожайность озимой пшеницы и ячменя расположена в зоне рациональной продуктивности земли (в интервале от 2 до 4 значений критической урожайности), урожайность кукурузы, подсолнечника и рапса – в оптимальной зоне (т.е. выше четырехкратного значения критического уровня). Лишь возделывание гороха оказалось убыточным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что при примерно равных значениях урожайности сельскохозяйственных культур их экономическая оценка может существенно различаться. В связи с этим некорректно давать хозяйственную оценку полученных значений урожайности

по их абсолютной величине. Приведенная методика позволит специалистам сельскохозяйственных предприятий, а также преподавателям и студентам учебных заведений обосновать экономическую оценку полученных показателей урожайности каждой возделываемой культуры на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А.И. Совершенствование организационно-экономического механизма устойчивого развития агропромышленного производства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2016. № 7. С. 2–11.
2. Рассказова А., Жданова Р. Основные понятия экономической эффективности управле-

- ния устойчивым землепользованием // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 1. С. 23–25.
3. Сиптиц С. Методы проектирования эффективных и устойчивых вариантов размещения сельскохозяйственного производства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 6. С. 56–59.
 4. Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Ценологический подход при анализе устойчивости размещения сельского хозяйства по регионам России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 6. С. 60–63.
 5. Павлик В.П. Проблеми ефективного управління сільськогосподарськими підприємствами // Економіка АПК. 2015. № 11. С. 85–88.
 6. Шпикulyak O.G., Материнська О.А. Ефективність виробництва зерна сільськогосподарськими підприємствами: теретико-методологічний аспект // Економіка АПК. 2014. № 12. С. 42–49.
 7. Marshall E., Aillery M., Malcolm S., Williams R. Agricultural Production under Climate Change: The Potential Impacts of Shifting Regional Water Balances in the United States // American Journal of Agricultural Economics. 2015. Vol. 97. Is. 2. P. 568–588. DOI:org/10.1093/ajae/aaui22.
 8. Mugera A.W., Langemeier M.R., Ojede A. Contributions of Productivity and Relative Price Changes to Farm-level Profitability Change // American Journal of Agricultural Economics. 2016. Vol. 98. Is. 4. P. 1210–1229. DOI: org/10.1093/ajae/aaw029.
 9. Chrastinová Z., Burianová V. Economic efficiency of Slovak agriculture and its commodity sectors // Agricultural Economics – Czech. 2012. Vol. 58. N. 2. P. 92–99. DOI: org/10.17221/162/2010-AGRICECON.
 10. Stratan. Moldovan agri-food sector dilemma: east or west? // Economics of agriculture. 2014. N. 3. P. 615–632.
 11. Doga V., Bajura T. Strategia de dezvoltare a sectorului agroalimentar in perioada anilor 2006–2015 // Economie si dezvoltare rurala imdrp. 2016. N. 24. 74 p.
 12. Timofiti E., Popa D. Eficiența mecanismului economic în sectorul agrar. Chișinău: Complexul Editorial al IEFS. 2016. 343 p.
 13. Дудогло Т.Д. Управление земельным потенциалом региона: вопросы теории, методики, практики: монография. Компат: Centrografic, 2017. 167 с.
 14. Пармакли Д.М., Тодорич Л.П., Дудогло Т.Д., Яниогло А.И. Эффективность землепользования: теория, методика, практика: монография. Компат: Centrografic, 2015. 274 p.
- ## REFERENCES
1. Altukhov A.I. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma ustoichivogo razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva [Improving the organizational and economic mechanism for the sustainable development of agricultural production]. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economy of agricultural and processing enterprises], 2016, no. 7, pp. 2–11. (In Russian).
 2. Rasskazova A., Zhdanova R. Osnovnye ponyatiya ekonomicheskoi effektivnosti upravleniya ustoichivym zemlepol'zovaniem [Basic concepts of economic efficiency of sustainable land management]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal], 2017, no. 1, pp. 23–25. (In Russian).
 3. Siptits S. Metody proektirovaniya effektivnykh i ustoichivyykh variantov razmeshcheniya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva [Design methods for effective and sustainable options of agricultural production placement]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal], 2017, no. 6, pp. 56–59. (In Russian).
 4. Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Tsenologicheskii podkhod pri analize ustoichivosti razmeshcheniya sel'skogo khozyaistva po regionam Rossii [Cenological approach to the analysis of the sustainability of agricultural distribution in the regions of Russia]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal], 2017, no. 6, pp. 60–63. (In Russian).
 5. Pavlik V.P. Problemy effektivnogo upravleniya sel'skokhozyastvennymi predpriyatiyami [Problems of effective management of agricultural enterprises]. *Ekonomika APK* [Economy of AIC], 2015, no. 11, pp. 85–88.
 6. Shpikulyak O.G., Materins'ka O.A. Effektivnost' proizvodstva zerna sel'skokhozyastvennymi predpriyatiyami: teoretiko-metodologicheskii aspekt [Grain production efficiency at agricultural enterprises: theoretical and methodological aspect]. *Ekonomika APK* [Economy of AIC], 2014, no. 12, pp. 42–49.

7. Marshall E., Aillery M., Malcolm S., Williams R. Agricultural Production under Climate Change: The Potential Impacts of Shifting Regional Water Balances in the United States. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, vol. 97, is. 2, pp. 568–588. DOI:org/10.1093/ajae/aau122.
8. Muger A.W., Langemeier M.R., Ojede A. Contributions of Productivity and Relative Price Changes to Farm-level Profitability Change. *American Journal of Agricultural Economics*, 2016, vol. 98, is. 4, pp. 1210–1229. DOI: org/10.1093/ajae/aaw029.
9. Chrastinová Z., Burianová V. Economic efficiency of Slovak agriculture and its commodity sectors. *Agricultural Economics – Czech*, 2012, vol. 58, no. 2. pp. 92–99. DOI: org/10.17221/162/2010-AGRICECON.
10. Stratan. Moldovan agri-food sector dilemma: east or west? *Economics of agriculture*, 2014, no. 3, pp. 615–632.
11. Doga V., Bajura T. Strategia de dezvoltare a sectorului agroalimentar în perioada anilor 2006–2015. *Economie si dezvoltare rurala im-drp*, 2016, no. 24, 74 p.
12. Timofti E., Popa D. Eficiența mecanismului economic în sectorul agrar. Chișinău: Complexul Editorial al IEFS. 2016, 343 p.
13. Dudoglo T.D. *Upravlenie zemel'nykh potentsialom regiona: voprosy teorii, metodiki, praktiki* [Land potential management in the region: theory, methodology, practice]. Komrat: Centrografic Publ., 2017, 167 p.
14. Parmakli D.M., Todorich L.P., Dudoglo T.D., Yanioglo A.I. *Effektivnost' zemlepol'zovaniya: teoriya, metodika, praktika* [Land use efficiency: theory, methods, practice]. Komrat: Centrografic Publ., 2015. 274 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Пармакли Д.М.**, доктор хабилитат экономических наук, профессор; **адрес для переписки:** Республики Молдова, 3800, г. Комрат, ул. Галацана, 17; e-mail: parmad741@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Parmacli D.M.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, **address:** 17 Galatan Str., Comrat 3800, Republic of Moldova; e-mail: parmad741@mail.ru

Дата поступления статьи 20.10.2019

Received by the editors 20.10.2019



**К ЮБИЛЕЮ АКАДЕМИКА
НАТАЛИИ ГРИГОРЬЕВНЫ ВЛАСЕНКО**



Путь в науку Наталии Григорьевны Власенко начался с должности лаборанта во Всесоюзном научно-исследовательском институте биологических методов защиты растений по окончании с отличием биолого-почвенного факультета Кишиневского госуниверситета. Основной задачей было изучение бакуловирусов совок. Исследования были успешно завершены, и в 1985 г. защищена кандидатская диссертация «Белки тел включений вирусов совок».

С 1984 г. научная деятельность Н.Г. Власенко связана с Сибирским научно-исследовательским институтом земледелия и химизации сельского хозяйства СО ВАСХНИЛ. Первоначально занимаясь микробиометодом, Наталия Григорьевна подняла на более высокий уровень значимость фитосанитарных исследований в тематике института. Возглавив созданную лабораторию агроценологии, она привлекла внимание к необходимости исследований влияния комплекса агроприемов на формирование фитосанитарной ситуации в посевах сельскохозяйственных культур и выявления путей управления взаимоотношениями между основными структурными компонентами агроценозов. Под руководством Наталии Григорьевны разработана не имеющая аналогов в России экологически безопасная система защиты ярового рапса, основанная на использовании метода ловчих культур. В результате системного изучения экологических особенностей капустовых культур Наталия Григорьевна в 1999 г. защитила докторскую диссертацию «Экологически адаптированная защита ярового рапса и других полевых капустовых культур в лесостепи Западной Сибири».

Расширение круга научных интересов позволило Н.Г. Власенко оценить экологическую безопасность применения пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур,

сформулировать принципы оптимизации фитосанитарного состояния посевов ячменя и новых сортов яровой пшеницы, разработать зональную систему защиты пшеницы от вредных объектов, провести агроценоотическую оценку почвозащитной инновационной технологии No-Till для условий Западной Сибири.

Наталией Григорьевной собран и творчески осмыслен обширный материал, позволяющий формировать системы защиты сельскохозяйственных культур с учетом фитосанитарного состояния агроценозов, агроэкологических условий выращивания культур и ассортимента современных биологических и химических препаратов. Системный подход, используемый ею, оказывает несомненное влияние на общее направление развития защиты растений в Сибири, определяя вектор экологизации и адаптивной интенсификации земледелия региона. В настоящее время Наталия Григорьевна занимается дальнейшей биологизацией защиты растений – изучением эффективности применения микробиологических препаратов против болезней яровой пшеницы. В рамках грантов РФФИ проводятся исследования по разработке фунгицидов на основе инновационных, экологически чистых супрамолекулярных комплексов, образованных растительными сапонинами и полисахаридами из растений Западной Сибири. Эти новые комплексы снижают пестицидную нагрузку в 2–5 раз по сравнению с существующими препаратами.

Наталия Григорьевна – опытный организатор, высококвалифицированный профессионал, эрудированный наставник, трудолюбивый, творчески активный человек, а также обаятельная женщина. Ее работы внесли немалый вклад в науку, в распространение научных знаний.

Наталии Григорьевне в 2003 г. присвоено звание профессора, в 2010 г. она избрана членом-корреспондентом РАСХН, в 2014 г. – членом-корреспондентом РАН, в 2018 г. стала академиком РАН. В 2006 г. ей было присвоено высокое звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». Все это свидетельствует о признании ее заслуг как ученого, педагога, организатора науки.

Наталия Григорьевна является членом ученого совета СФНЦА РАН, объединенного ученого совета СО РАН по сельскохозяйственным наукам, экспертом Министерства науки, образования и инновационной политики правительства Новосибирской области, экспертом РАН, членом редколлегии журналов «Земледелие», «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», «Сельскохозяйственный журнал», «Вестник Новосибирского аграрного университета», членом редакционного совета журнала «АгроФорум». Ею опубликовано более 400 научных работ. Наталия Григорьевна подготовила плеяду учеников и последователей (20 кандидатов и 4 доктора наук), ставших известными учеными, способными решать многоплановые и сложные задачи защиты растений в условиях современного земледелия и экономических возможностей страны.

От всей души поздравляем Наталию Григорьевну с днем рождения. Желаем ей дальнейших успехов в благородном деле служения российской науке, здоровья, процветания, счастья и творческого долголетия.

*Коллектив Сибирского федерального
научного центра агробиотехнологий
Российской академии наук*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуется руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи (не более 70 знаков)

Фамилия и инициалы автора, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну). Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса. Необходимо официальное англоязычное название учреждения для блока информации на английском языке.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

Введение (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

Материалы и методы (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

Результаты и обсуждение

Заключение или Выводы

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, транслитерация названия статьи [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], транслитерация названия русскоязычного источника [перевод названия источника на английский язык], через запятую город, транслитерация названия издательства [перевод на английском языке], год, количество страниц (для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bis>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Nazvanie stat'i [Title of article].

транслитерация авторов транслитерация статьи название статьи на английском

Zaglavie jurnala [Title of Journal], 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

транслитерация источника название источника на английском языке

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

REFERENCES

Монография

Klimova E.V. *Polevye kul'tury Zabaikal'ya* [Field crops of Zabaikalya]. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimal'naya obrabotka kulisnogo para pod yarovuyu pshenitsu pri intensifikatsii zemledeliya v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. [Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia] *Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy* [Resource-saving tillage systems]. Moscow, Agropromizdat [Agro-industrial press], 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Tekhnologicheskie kachestva zerna myagkoi yarovoï pshenitsy v zavisimosti ot sistemy obrabotki pochvy [Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст.¹

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (Zea mays L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9, P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

БЛАГОДАРНОСТИ

В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. Выравнивается по центру: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после подрисуночной подписи не ставится. Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название. Выравнивается по центру: «Табл. 2. Описание

жизненно важных процессов». Точка после заголовка таблицы не ставится. Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться авторам без рассмотрения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзыванная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

*Подписка на журнал
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
принимается в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»
и в других организациях, осуществляющих прием подписки*

*В каталоге «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
подписной индекс 46808*

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>*