

Растениеводство

Гончаренко А.А., Макаров А.В., Кузьмич М.А., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Тоцилин В.Н., Цыганкова Н.В., Гончаренко М.С., Кузьмич Л.С., Яшина Н.А., Крахмалева О.А., Кондратьева О.П.
Сравнительная оценка сортов озимой ржи по крупнообразующей способности 3

Евграшкина Т.Н., Иванищев В.В., Бойкова О.И., Жуков Н.Н.
Индукция окислительного стресса карбонатным засолением в проростках тритикале 11

Мажайский Ю.А., Шуравилин А.В., Пивень Е.А., Пивень Н.П., Черникова О.В.
Обоснование применения промышленной (голландской) технологии возделывания картофеля в Нечерноземной зоне России 15

Защита растений

Голубев А.С., Маханькова Т.А., Долженко В.И., Каракотов С.Д.
Биологическое обоснование возможности применения гербицидов в разные фазы развития зерновых культур 20

Радиобиология

Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н. Влияние ионизирующих излучений на радиочувствительность *Oryzaephilus surinamensis* 25

Агрохимия. Почвоведение

Ямалтдинова В.Р., Завьялова Н.Е., Фомин Д.С., Васбиева М.Т.
Изменение показателей плодородия дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья под влиянием систем удобрений 29

Аличаев М.М., Казиев М.-Р. А., Султанова М.Г.
Оценка трендов развития почвенных процессов на горных пастбищах и проблемы охраны и рационального их использования 33

Животноводство

Чабаев М.Г., Некрасов Р.В., Стрекозов Н.И., Цис Е.Ю., Клементьев М.И.
Влияние различных уровней и форм хелатных металлопротеинов на продуктивные качества и обменные процессы откармливаемого молодняка свиней 37

Хамируев Т.Н., Базарон Б.З., Волков И.В. Шерстная и мясная продуктивность овец забайкальской породы хангильского типа 42

Улимбашев М.Б., Хуранов А.М., Краснова О.А., Кудрин М.Р., Хардина Е.В., Паритов А.Ю.
Оплодотворяемость и продуктивные качества крупного рогатого скота при разном уровне атмосферного давления 46

Ветеринария

Мамыкова О.И. Уровень циркулирующих иммунных комплексов и гематологический профиль при комбинированной терапии стронгилятозов желудочно-кишечного тракта 50

Медведев И.Н., Воробьева Н.В. Физиологические свойства тромбоцитов у новорожденных телят холмогорской породы 54

Коцарев В.Н., Нежданов А.Г., Боев В.Ю. Показатели концентрации половых стероидов свиноматок в прогнозировании воспалительных процессов в репродуктивных органах 58

Моделирование

Салугин А.Н. Численное моделирование сукцессионных переходов в агроэкологии 62

Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

Кандроков Р.Х., Бегеулов М.Ш., Игонин В.Н., Наумович Р.В. Мукомольные свойства зерна сортов и перспективных сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы 66

Механизация

Лачуга Ю.Ф., Бурьянов А.И., Пахомов В.И., Червяков И.В. Адаптация устройств обмолота к физико-механическим характеристикам убираемых культур 72

Plant growing

- Goncharenko A.A., Makarov A.V., Kuzmich M.A., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N., Tsygankova N.V., Goncharenko M.S., Kuzmich L.S., Yashina N.A., Krahmaleva O.A., Kondrateva O.P.** Comparative assessment of varieties of winter rye on groats forming ability 3

- Evgrashkina T.N., Ivanishchev V.V., Boykova O.I., Zhukov N.N.** Induction of oxidative stress with carbonate salinization in triticales seedlings 11

- Mazhaisky Yu.A., Shuravilin A.V., Piven E.A., Piven N.P., Chernikova O.V.** Justification of the use of industrial (Dutch) technology of potato cultivation in the Non-chernozem zone of Russia 15

Plant protection

- Golubev A.S., Makhankova T.A., Dolzhenko V.I., Karakotov S.D.** Study of possibility applying herbicides at different growth stage of cereals 20

Radiobiology

- Loy N.N., Sanzharova N.I., Gulina S.N.** Effect of ionizing radiation on radio sensitivity *Oryzaephilus surinamensis* 25

Agrochemistry. Pedology

- Yamaltidinova V.R., Zav'yalova N.E., Fomin D.S., Vasbieva M.T.** Influence of fertilizer systems on fertility indicators of sod-podzolic heavy loamy soil of Pre-Urals 29

- Alichaev M.M., Kaziev M.-R. A., Sultanova M.G.** Features of an estimation of development trends of soil processes in mountain pastures and the problems of protection and rational use of soils 33

Animal husbandry

- Chabaev M.G., Nekrasov R.V., Strekozov N.I., Tsis E.Yu., Klementyev M.I.** Influence of various levels and forms of chemical metal proteins on productive qualities and exchange processes of growing young pigs 37

- Khamiruev T.N., Bazarov B.Z., Volkov I.V.** Wool and meat productivity of sheep Zabikalsky breed of Khangil type 42

- Ulimbashev M.B., Huranov A.M., Krasnova O.A., Kudrin M.R., Hardina E.V., Paritov A.Yu.** Flammability and productive qualities of harvesting cattle at different level of atmospheric pressure 46

Veterinary science

- Mamykova O.I.** Level of circulating immune complexes and hematological profile at combination treatment of gastrointestinal strongylata infection 50

- Medvedev I.N., Vorobyeva N.V.** Physiological properties of platelets in newborn calves of the Kholmogory breed 54

- Kotsarev V.N., Nezhdanov A.G., Boev V.Yu.** Indicators of sow sexual steroid concentration in the prognosis of inflammatory processes in reproductive organs 58

Modeling

- Salugin A.N.** Numerical modeling of successional transitions in agroecology 62

Storage and processing of agricultural produce

- Kandrokov R.H., Begeulov M.Sh., Igonin V.N., Naumovich R.V.** The milling properties of grain varieties and promising varieties of solid winter and spring wheat 66

Mechanization

- Lachuga Yu.F., Bur'yanov A.I., Pakhomov V.I., Chervyakov I.V.** Adaptation of devices of heap separation to physical and mechanical features of cleaned cultures 72

Растениеводство

УДК 633.14: 664.64.016.8

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-3-11

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ
ПО КРУПООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**

А.А. Гончаренко, академик РАН, **А.В. Макаров**, **М.А. Кузьмич**, доктора сельскохозяйственных наук,
С.А. Ермаков, **Т.В. Семенова**, **В.Н. Точилин**, **Н.В. Цыганкова**,
М.С. Гончаренко, **Л.С. Кузьмич**, кандидаты сельскохозяйственных наук,
Н.А. Яшина, **О.А. Крахмалева**,
О.П. Кондратьева

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,
 143026, Московская область, Одинцовский район, ул. Калинина, 1
 E-mail: goncharenko05@mail.ru

Целью исследований было изучение крупнообразующей способности различных сортов озимой ржи и выявление специфических сортовых признаков, положительно влияющих на крупяные свойства. Объектом изучения послужили 14 сортов озимой ржи, различающиеся по ряду морфо-биологических и технологических свойств зерна. Сорта выращивали на полях исследовательского центра «Немчиновка» в 2015-2018 гг. Погодные условия в период налива и созревания зерна сильно варьировали, что позволило оценить их влияние на выход ржаной крупы и ее качество. Крупнообразующую способность изучали путем шелушения и шлифования целого зерна на лабораторном голландере фирмы SATAKE (Япония) без процедуры дробления. Учитывали выход цельноядерной крупы трех фракций (№1, №2 и №3), а также выход дробленого ядра и мучки. Суммируя фракции №1, №2 и №3, определяли общий выход цельной крупы (%), который служил показателем крупнообразующей способности сорта. Итоговую оценку изучаемых сортов проводили в сравнении с сортом-стандартом Валдай. Средний выход цельноядерной крупы составил 69,0%, а оценки по сортам – 64,6-73,5%. Сорт-стандарт Валдай существенно (на 4,6-7,1%) превосходили 5 сортов: Альфа, Белозерная 785, Московская 15, ГК-494 и Желтозерная 760. Особого внимания заслуживает сорт Альфа, который выделялся на фоне других высоким числом падения. Показано, что именно это свойство стало причиной высокого выхода цельноядерной крупы у данного сорта (73,5%). Высокий выход крупы отмечен также у сортов Белозерная 785 и Желтозерная 760, имеющих белую и желтую окраску зерна. Крупа из этих сортов по цвету сходна с пшеничной, что повышает ее потребительские свойства. Наиболее низкий общий выход крупы имел сорт ГК-985 (64,6%), что объясняется высоким выходом дробленого ядра (13,9%). Сорта с высоким общим выходом крупы имели самый низкий процент дробленого (битого) ядра (5,6-6,9), а сорта с очень низкой крупнообразующей способностью – самый высокий процент (11,2-13,9). Процедура шелушения зерна существенно влияла на число падения, содержание белка и крахмала в выходных продуктах. В цельноядерной крупе число падения достоверно повышалось, а содержание белка и крахмала – снижалось. Установлено, что общий выход цельноядерной крупы в значительной степени зависит от генотипа сорта ($H^2=0,94$) и относительно слабо модифицируется погодными условиями. Сделано заключение, что признак крупнообразующей способности у ржи тесно связан с прочностными характеристиками зерновки и устойчивостью сорта к полеганию. Представлена модель сорта ржи с высокими крупнообразующими свойствами, обсуждены перспективы селекции в этом направлении.

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF VARIETIES
OF WINTER RYE ON GROATS FORMING ABILITY**

Goncharenko A.A., **Makarov A.V.**, **Kuzmich M.A.**, **Ermakov S.A.**,
Semenova T.V., **Tochilin V.N.**, **Tsygankova N.V.**, **Goncharenko M.S.**, **Kuzmich L.S.**,
Yashina N.A., **Krahmaleva O.A.**, **Kondrateva O.P.**

Federal Research Center «Nemchinovka»,
 143026, Moskovskaya oblast, Odintsovskij rajon, ul. Kalinina, 1
 E-mail: goncharenko05@mail.ru

Important problem of winter rye is the narrow range of the products made from it. The study of groats forming ability of different varieties of winter rye and detection of the specific varietal traits positively influencing a groats output was the purpose of researches. 14 varieties of winter rye differing on a row of morfo-biological and technological properties of grain served as an object of a study. The varieties grew up on fields of research center of Nemchinovka in 2015-2018. Weather conditions during filling and maturing of grain strongly varied that allowed to estimate their influence on an output of rye groats and its quality. The groats forming ability was studied by a peeling and grinding of the whole grain on a laboratory gollender of SATAKE (Japan) without procedure of crushing. Considered an output of whole kernel groats of three fractions (No. 1, No. 2 and No. 3), and also an output of a shredded kernel and a muchka. Adding fractions No. 1, No. 2 and No. 3, defined the total output of whole groats (in %) which served as an index of groats forming ability of a variety. Total assessment of the studied varieties was carried out in comparison with a variety Valdai. The average output of whole kernel groats made 69,0%, and estimates on varieties varied from 64,6% to 73,5%. The Valdai standard significantly (on 4,6-7,1%) was exceeded by 5 varieties: Alpha, Belozernaya 785, Moscow 15, GK-494 and Zheltozernaya 760. The special attention is deserved by a variety of Alpha, which was selected against the background of others with high number of falling. It is considered that this property was the reason of a high output of whole kernel groats at this variety (73,5%). The high output of groats was shown also by varieties of Belozernaya 785 and Zheltozernaya 760 having a white and yellow colour of grain. Groats from these varieties on colour is similar with wheat that is perceived by a customer positively. The lowest total output of groats had variety GK-985 (64,6%) that is explained by a high output at it a shredded kernel (13,9%). The varieties s with a high total output of groats had the lowest percent of a shredded (beaten) kernel (5,6 - 6,9%), and varieties with very low groats forming ability - the highest percent (11,2-13,9%). The procedure of a peeling has significant effect on falling number, protein content and

starch. In whole kernel groats the falling number authentically increases, and protein content and starch - decreases. It is set that the total output of whole kernel groats substantially depends on a variety genotype ($H^2=0,94$) and it is rather poorly modified by weather conditions. The conclude is made that the trait of groats forming ability at rye is tightly connected to strengthening characteristics of a kernel and resistance of a variety to lodging. The rye variety model with high groats forming properties is outlined, the prospects of breeding in this direction are discussed.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, шелушение, цельнозерновая крупа, общий выход крупы, крупнообразующая способность

Key words: winter rye, variety, peeling, whole kernel groats, total output of groats, groats forming ability

В настоящее время рожь – единственная зерновая культура, из которой не вырабатывают крупу. Между тем по медицинским нормам потребления хлебных продуктов рожь должна составлять не менее 30%, что соответствует 40 кг/год на душу населения. Фактически же этот показатель в нашей стране в 2,5 раза ниже – 15 кг/год [1]. Проблема низкого потребления зерна этой культуры в значительной степени обусловлена ограниченным ассортиментом производимых из нее продуктов. Освоение промышленного производства ржаной крупы может быть экономически целесообразным и выгодным [2]. Оно позволит существенно расширить сферу его потребления и улучшить рацион здорового питания людей. К тому же зерно ржи достаточно дешевое, розничная цена ржаной крупы будет относительно низкой. Немаловажно и то, что ржаная крупа в сравнении с ржаной мукой обладает большей пищевой и биологической ценностью, содержит больше пищевой клетчатки, макро- и микроэлементов [3].

Задачу расширения ассортимента продуктов из зерна ржи за счет выработки крупы пытались решить давно. Еще в 1892 г. К. Вебер [4] в книге «Мукомольное дело» рассмотрел режимы работы вальцевых станков «специально для размолла ржи на крупу» и предложил относительно простой способ получения ржаной крупы – отбирать дробленые ядра на первых дражных системах мельниц ржаного помола. Затем в технологический процесс крупяного производства были включены такие операции, как шелушение и шлифование, для более полного отделения покрывающих оболочек от целого зерна. Шелушенное и шлифованное зерно быстрее разваривается, его пищевая ценность становится выше, чем целого зерна, из которого она выработана [5,6]. Было отмечено положительное влияние шелушения зерна на ферментативный гидролиз ржаного крахмала. Оказалось, что даже частичное шелушение зерна ржи (до 5% от общей массы) улучшает его микробиологические характеристики, снижает энергозатраты при получении качественных сортовых помолов, повышает ферментативную атакуемость крахмала [7].

Шелушение зерна – важный этап крупяного производства, определяющий качество и выход готового продукта [8]. В идеальном случае в результате шелушения исходное не шелушенное зерно должно превратиться в две фракции: цельнозерновую крупу и «шелуху», состоящую из снятых оболочек. Поэтому на выход крупы и ее качество влияют два фактора: технология шелушения и физико-механические, технологические и биохимические свойства перерабатываемого зерна. В последнем случае это связано с особенностями морфо-анатомического строения зерновки, ее формы, крупности, окраски, толщины и прочности связи покрывающих оболочек с ядром, прочности самого ядра [9]. Важным показателем структурно-механических свойств зерновки служит ее твердозерность, которая отражает особенности измельчения зерна и зависит от структуры и прочности эндосперма. Известно, что зерновка ржи отличается от пшеницы по многим свой-

ствам, прежде всего по форме, длине и толщине, глубине бороздки. Она более пластична, что объясняется менее плотной структурой эндосперма. В сравнении с другими крупяными пленчатыми культурами (овес, ячмень, рис) плодовая и семенная оболочки, а также алейроновый слой и зародыш у ржи менее прочно связаны с эндоспермом зерновки и для их отделения требуются меньшие физические усилия. Вследствие высокого содержания некрахмальных полисахаридов (пентозанов), характеризующихся высокой водопоглощающей способностью, эндосперм и покрывающие его оболочки более мягкие, что усложняет технологию переработки ржи в муку и крупу [10]. По этой же причине рожь отличается сравнительно низкой твердозерностью, высоким коэффициентом шелушения и относительно низким коэффициентом целостности ядра [11]. Отсюда вытекает основное требование к крупяной культуре – сравнительно твердый эндосперм и высокий выход неповрежденных ядер при шелушении. Это имеет значение и при шелушении овса [12], ячменя [13], пшеницы [14], риса [15].

В последние годы появились исследования, показывающие, что при влаготепловой обработке зерна ржи можно вырабатывать качественную крупу и муку с довольно высоким общим выходом [16]. Большой интерес представляет технология производства крупы из зерна ржи, разработанная во Всероссийском НИИ зерна и продуктов его переработки [17, 18]. Она исключает термообработку зерна и близка к традиционным технологиям выработки крупы из ячменя и пшеницы. Общий выход ржаной крупы по этой технологии составляет 70% при распределении по трем номерам крупности соответственно 25, 25 и 20% и выходе мучного продукта 15%. Для сравнения средний выход рисовой крупы составляет 65%, гречневой – 67%, овсяной и перловой – 45% [19].

Благодаря новым технологическим разработкам в последнее время в продаже появились новые диетические изделия из зерна ржи, в состав которых входит цельное ржаное зерно (крупы «Терра», «Диамарт» и другие). Однако их производят из зерна хлебопекарной ржи, специализированных сортов ржи для крупяного производства нигде в мире не создано. Поэтому особый интерес представляет изучение пригодности различных сортов ржи для процедуры шелушения и в конечном итоге для технологии крупяного производства. Выявление специфических сортовых признаков и свойств, положительно влияющих на крупнообразующий потенциал ржи, представляет большой научный и практический интерес. Какие-либо данные по этому вопросу в научной литературе отсутствуют.

Целью наших исследований было сравнительное изучение крупнообразующей способности различных сортов озимой ржи и научное обоснование возможности целенаправленного улучшения крупяных свойств зерна ржи методами селекции.

Методика. Исходным материалом послужили 14 сортов озимой ржи, подобранных с таким расчетом,

чтобы они различались по ряду морфо-биологических и технологических свойств зерна. В группу сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности вошли 9 сортов (Альфа, Валдай, Московская 12 (Мос-12), Московская 15 (Мос-15), Московская 18 (Мос-18), Б/З-785, Ж/З-760, ГК-494, ГК-614) и 5 сортов с доминантно-моногонным типом (Крона, Татьяна, Грань, Парча, ГК-985). Изучаемые сорта проходили сравнительные испытания на опытном поле Федерального исследовательского центра «Немчиновка» в 2015-2018 гг. на делянках 12 м² в 4-кратной повторности. Погодные условия в период налива и созревания зерна сильно варьировали, что позволило выявить сортовые особенности по широкому спектру признаков. Наиболее высокую урожайность (7,0-7,5 т/га) эти сорта сформировали в 2015 и 2016 гг., когда сложились благоприятные условия для перезимовки растений, а в июне-июле удерживалась теплая и умеренно влажная погода, полегания посевов не наблюдалось. Относительно низкая урожайность (5,0-6,0 т/га) получена в 2017 г. из-за сильного полегания посевов в период колошения и плохих условий для переопыления растений. Различные погодные условия в период вегетации ржи стали причиной сильного варьирования других признаков: массы 1000 зерен (30,5-35,5 г), натуры зерна (716-733 г/л), числа падения (141-270 с), вязкости водного экстракта – ВВЭ (4,3-5,3 сП), содержания белка (10,9 -13,4 %) и крахмала (51,4-56,6 %) в зерне. Наиболее высокую экспрессию

признаков имели следующие сорта: по натуре зерна – сорт Мос-15 (742 г/л), массе 1000 зерен – Мос-12 (35,5 г), числу падения – Альфа (250 с), ВВЭ – ГК-494 (9,2 сП), содержанию белка – ГК-614 (13,2%), содержанию крахмала – Б/З-785 (55,5%). Наиболее низкие оценки по этим признакам были у сортообразца ГК-614, прошедшего длительную селекцию на низкую ВВЭ (2,3 сП), но и самой низкой натурой зерна (689 г/л), массой 1000 зерен (28,9 г), числом падения (158 с) и содержанием крахмала (53,2 %). Альтернативой этому сортообразцу стала популяция ГК-494, длительное время селектировавшаяся на высокие хлебопекарные качества. Кроме высокой ВВЭ (9,2 сП), она выделяется высоким числом падения (223 с) и высоким содержанием белка в зерне (12,6%).

Крупнообразующую способность изучаемых сортов ржи анализировали путем выработки трехмерной крупы из целого зерна без процедуры дробления. Шелушение и шлифование осуществляли на лабораторном голландере Grain Testing Mill фирмы SATAKE (Япония). Для этого от каждого сорта брали две пробы предварительно очищенного от примесей зерна массой 50 г. Частота вращения шлифовального диска составляла 600 мин⁻¹, время шелушения – 5 мин. Такой режим был подобран эмпирически на образце зерна сорта Валдай, взятого в качестве стандарта для того, чтобы обеспечить максимально высокий коэффициент шелуше-

Табл. 1. Количественная оценка (%) продуктов шелушения зерна у различных сортов озимой ржи (среднее за 2015-2018 гг.)

Сорт	Фракция цельнозерновой крупы			Дробленое ядро	Мучка	Общий выход цельнозерновой крупы	± от стандарта
	№1	№2	№3				
Валдай – стандарт	18,5	39,6	8,4	10,8	22,7	66,4±1,50	-
Альфа	21,7	45,8	6	5,6	20,9	73,5±0,80	7,1*
Б/З -785	24,3	41	6,8	6,2	21,7	72,1±0,46	5,7*
Мос-15	25,6	39,1	7,2	6,9	21,2	71,9±1,12	5,5*
ГК- 494	13,4	50,7	7	6,2	22,7	71,1±0,88	4,7*
Ж/З -760	26,1	37,7	7,2	7	22	71±1,12	4,6*
Грань	23,5	38,3	8,5	8	21,7	70,3±1,23	3,9
Крона	21,3	39,2	8,6	7,9	23	69,1±0,86	2,7
Парча	19,4	39,8	9,3	9,3	22,2	68,5±1,20	2,1
Татьяна	20,7	37,8	9,3	9,6	22,6	67,8±1,54	1,4
Мос-12	15,7	43,6	7,8	11,2	21,7	67,1±1,48	0,7
ГК- 614	14,1	44,4	8,1	8,4	25	66,6±0,95	0,2
Мос-18	16,8	40,2	8,9	12,4	21,7	65,9±1,12	-0,5
ГК-985	20,1	34,4	10,1	13,9	21,5	64,6±0,31	-1,8
Среднее:	20,1±1,1	40,8±1,3	8,1±0,3	8,8±0,8	22,2±0,3	69,0±0,62	

* Отклонение от стандарта существенно при 5 % -ном уровне значимости.

ния (90%) при минимально низком выходе дробленого ядра (10%). После шелушения полученный продукт в течение 1 мин просеивали на приборе РП1-МТ через металлические сита с размером отверстий 2,5 x 20 мм, 2,0 x 20 мм и 1,5 x 20 мм. Сход с этих сит давал цельноядерную крупу трех фракций: №1 — крупная, №2 — средняя и №3 — мелкая. В составе оставшихся продуктов шелушения учитывали дробленое ядро (проход сквозь сито 1,5 мм) и мучку. Выход каждой фракции определяли в процентах по каждой пробе, а затем из двух проб вычисляли среднюю. Суммируя фракции №1, №2 и №3, получали общий выход цельноядерной крупы, который служил основным показателем крупнообразующей способности сорта. Итоговую оценку изучаемых сортов проводили в сравнении с сортом-стандартом Валдай. Для качественной характеристики наиболее крупных по массе фракций №1 и №2 по каждому сорту определяли число падения, а также содержание в них белка и крахмала на инфракрасном спектрофотометре Spectra Star 2400, а число падения измеряли в секундах (с) на приборе Хагберга-Пертена.

Результаты и обсуждение. Количественная оценка всех выходных продуктов шелушения зерна представлена в табл.1. В целом по опыту средний выход цельноядерной крупы составил 69,0% от массы не

шелушенного зерна с колебаниями по сортам от 64,6 до 73,5%. По этому показателю сорт-стандарт Валдай существенно превосходил 5 сортов: Альфа, Белозерная 785, Мос-15, ГК-494 и Желтозерная 760. По крупнообразующей способности они на 4,6-7,1% были лучше стандарта. Особого внимания заслуживает сорт Альфа, ранее отселектированный нами на высокое число падения. Мы полагаем, что именно это свойство стало причиной высокого выхода цельноядерной крупы (73,5%). Остальные сорта находились на уровне стандарта, причем в эту группу вошли все сорта с доминантно-моновенным типом короткостебельности. Наиболее низкий выход трехмерной крупы имел сортообразец ГК-985 (64,6%), что объясняется высоким выходом дробленого ядра (13,9%).

В структуре цельноядерной крупы доминирующей была крупа №2 (40,8%), тогда как выход самой крупной фракции (№1) оказался ниже этого уровня в 2 раза, а самой мелкой (№3) фракции — в 5 раз. Суммарная доля побочных продуктов шелушения составила 31,0%, из них мучка — 22,2%, дробленое (битое) ядро — 8,8%. Следует отметить большую разницу в межсортном варьировании этих продуктов. Наименьший коэффициент вариации выявлен для суммарного выхода трехмерной крупы ($C_v=3,9\%$), а наибольший — для фракции

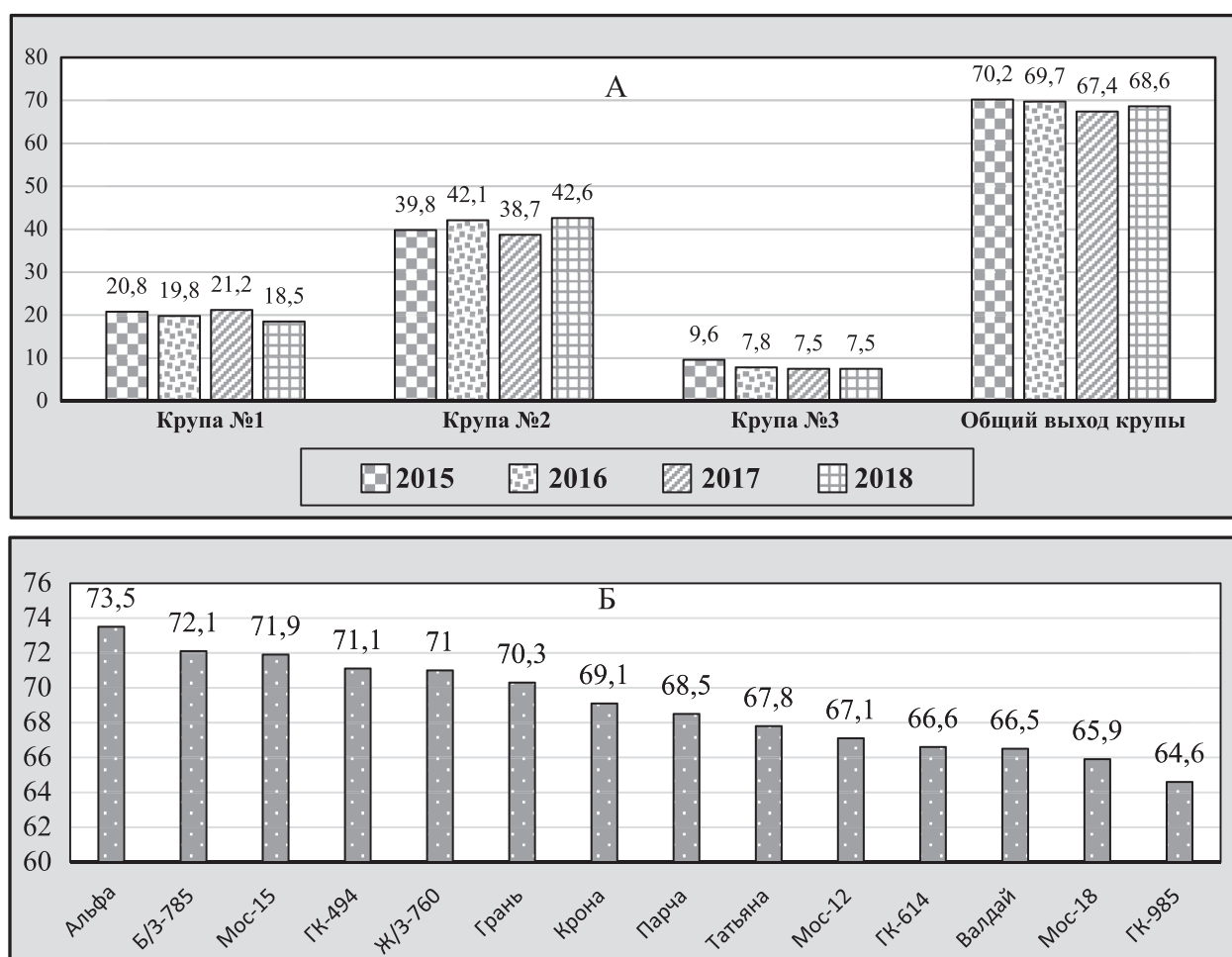


Рис.1. Общий выход (%) крупы из зерна различных сортов озимой ржи под влиянием погодных условий года (А) и генотипа сорта (Б), 2015-2018 гг.

дробленого ядра ($C_v=28,5\%$). Сорта с высоким выходом целого ядра (Альфа, Б/З-785, Мос-15) имели самый низкий процент дробленого ядра (5,6-6,9 %), тогда как сорта с низкой крупобразующей пригодностью (Мос-12, Мос-18, ГК-985) – самый высокий (11,2-13,9%). Из этого следует, что процент выхода дробленого ядра при шелушении может служить надежным показателем для дифференциации сортов по крупобразующей способности.

Особый интерес представляет влияние погодных условий в период налива зерна на крупобразующий потенциал сорта. Наши данные показывают, что признак крупобразующей способности в большей степени зависит от генотипа сорта и относительно слабо модифицируется погодными условиями (рис.1). Самый низкий общий выход крупы (68,6%) получен в 2017 г. в условиях раннего и сильного полегания посевов в период колошения. Наиболее высокий общий выход крупы был из зерна урожая 2015 г. (70,2%), когда сильного полегания не отмечено. В целом размах варьирования выхода крупы по годам составил 2,8%, тогда как размах варьирования по сортам был в 3 раза выше (8,9%). Дисперсионный анализ подтвердил высокую долю генотипической дисперсии в фенотипическом варьировании этого признака ($H^2=0,94$ при достоверности $F=71,3 \geq F_{05}=2,4$). Из этого следует, что выявленные нами межсортные различия по крупобразующей

Табл. 2. Коэффициенты корреляции между продуктами шелушения зерна озимой ржи (по средним данным за 2015-2018 гг., $n=14$)

Продукт шелушения	Крупа №1	Крупа №2	Крупа №3	Дробленое ядро	Мучка	Общий выход крупы
Крупа №1	-	-0,59*	-0,19	-0,35	-0,53*	0,53*
Крупа №2		-	-0,63*	-0,48	0,23	0,36
Крупа №3			-	0,80**	0,20	-0,82**
Дробленое ядро				-	-0,01	-0,93**
Мучка					-	-0,37

* и ** Коэффициенты достоверны соответственно при 5- и 1%-ном уровне значимости.

Табл. 3. Оценка не шелушенного зерна и цельнозерновой крупы №1 и №2 по числу падения, содержанию белка и крахмала (среднее за 2015-2018 гг.)

Сорт	Число падения, с				Белок, %				Крахмал, %			
	исходное зерно	крупа №1	крупа №2	разность №1 - №2	исходное зерно	крупа №1	крупа №2	разность №1 - №2	исходное зерно	крупа №1	крупа №2	разность №1 - №2
Альфа	250	383	386	-3	12,2	10,2	9,9	0,3	54,0	52,0	52,5	-0,5
ГК-494	223	289	245	44	12,6	10,8	9,9	0,9	53,6	51,5	52,6	-1,1
Мос-15	176	284	299	-15	11,8	10,5	9,9	0,6	54,7	52,5	52,4	0,1
Б/З-785	206	283	315	-32	11,5	10,3	9,7	0,6	55,5	52,2	51,8	0,4
Мос-12	238	266	326	-60	12,1	11,7	10,8	0,9	54,0	51,2	52,5	-1,3
Ж/З- 760	195	252	294	-42	11,2	9,8	8,8	1	53,2	51,6	52,6	-1,0
Грань	177	244	274	-30	10,7	9,6	8,7	0,9	54,1	52,2	53,3	-1,1
Крона	172	240	284	-44	11,5	9,5	9,1	0,4	53,8	52	53,2	-1,2
ГК-614	158	237	214	23	13,2	12,0	11,2	0,8	53,3	50	51,2	-1,2
Мос-18	204	224	222	2	12,0	10,1	9,7	0,4	55,1	52,6	53,8	-1,2
Валдай	188	222	219	3	11,8	10,3	10,0	0,3	54,5	50,9	52,8	-1,9
Татьяна	172	219	226	-7	11,2	10,9	10,4	0,5	54,2	51,3	51,1	0,2
Парча	174	210	217	-7	11,2	9,9	9,2	0,7	53,4	51,9	52,7	-0,8
ГК-985	172	144	144	0	11,1	9,5	9,2	0,3	54,2	52,7	53,5	-0,8
Среднее	192±7	250±14	262±16	-12	11,7±0,18	10,4±0,20	9,8±0,19	0,6*	54,1±0,18	51,7±0,20	52,6±0,21	-0,9*

* Разность между средними достоверна при 5 % -ном уровне значимости.

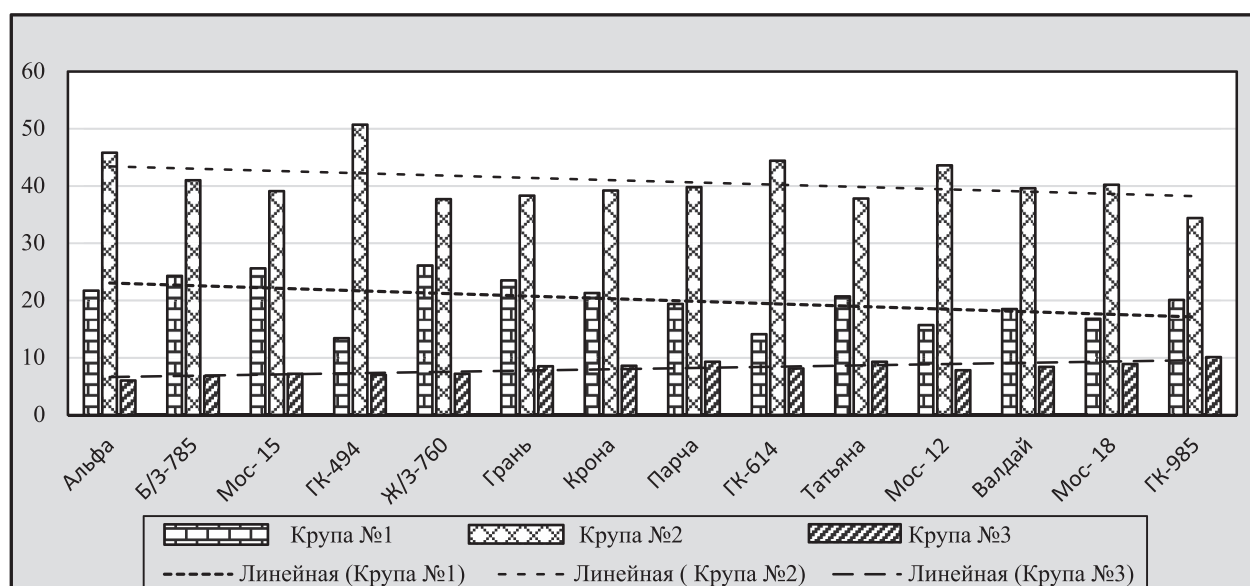


Рис. 2. Фракционный выход (%) крупы из зерна различных сортов озимой ржи, 2015-2018 гг.

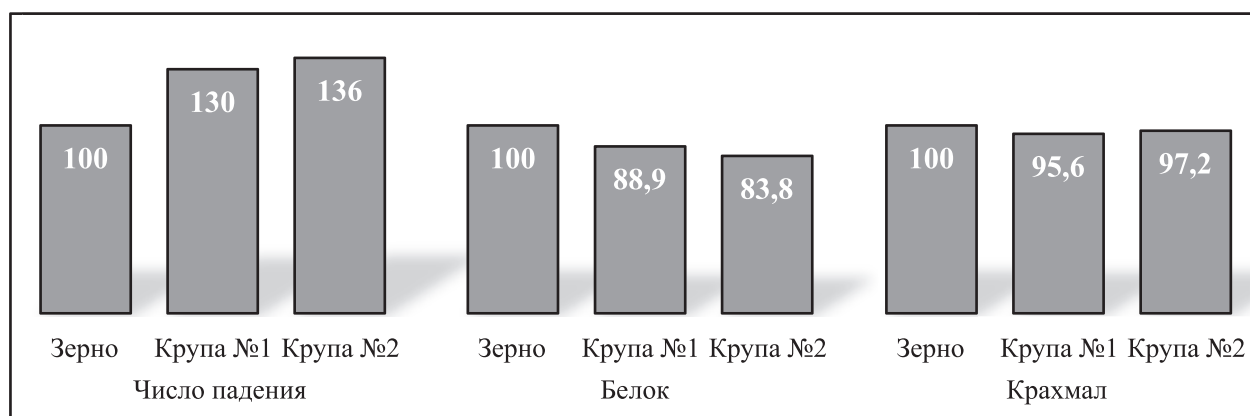


Рис.3. Показатели качества двух фракций цельнозерновой крупы (%) под влиянием шелушения (показатели не шелушенного зерна приняты за 100%); среднее по 14 сортам, 2015-2018 гг.

способности наследственно обусловлены и их можно улучшить методами селекции.

Сравнительная оценка сортов по фракционному выходу крупы представлена на рис.2. У всех сортов основным компонентом цельнозерновой крупы была фракция №2, доля которой составила в среднем 40,8% (с вариацией по сортам от 34,4 до 50,7%), на долю фракции №1 (13,4-26,1%) приходилось 20,1% и №3 (6,0-10,1%) – 8,1%. Как видно, основным продуктом шелушения была средняя по крупности фракция №2. Однако не все сорта с высоким общим выходом крупы имели высокий выход именно этой фракции. Таковыми оказались сорта Желтозерная 760, Мос-15 и Белозерная 785, у которых выход этой фракции был на уровне средней по опыту и составил соответственно 37,7; 39,1 и 41,0%. В то же время к сортам с низкой крупнообразующей способностью можно отнести генотипы с довольно высоким выходом крупы №2. Таковыми оказались сорта Мос-12 (43,6%), ГК-614 (44,4%), Мос-18 (40,2%). Следовательно, высокий выход крупы №2 не может служить показателем высокой крупнообразу-

ющей способности сорта. Проведенный корреляционный анализ подтвердил это заключение (табл. 2). Данные показывают, что лучшим показателем крупнообразующей способности может быть выход дробленого ядра ($r = -0,93$).

Почти прямая и отрицательная зависимость этих признаков позволяет сделать вывод о том, что высокая дробимость зерна ржи в процессе шелушения – самое нежелательное свойство. Низкий выход мелкоядерной крупы №3 также может служить индикатором высокого крупнообразующего потенциала сорта ($r = -0,82$). В какой-то мере в селекции на крупнопригодность можно ориентироваться по процентному выходу наиболее крупнозерновой фракции №1 ($r = 0,53$), однако следует иметь в виду, что высокая крупнозерность при шелушении может стать причиной повышенной дробимости зерна.

Проведенный коррелятивный анализ не выявил достоверной связи основных крупнообразующих признаков с массой 1000 зерен у изучаемых сортов. Однако с числом падения, содержанием белка и крахмала в зерне

такая связь отмечена, что побудило нас провести сравнительную оценку исходного (не шелушенного) зерна с крупами №1 и №2 по перечисленным признакам. Результаты показывают, что процесс шелушения существенно влияет на технологические свойства основных выходных продуктов (табл.3). В сравнении с исходным (не шелушенным) зерном число падения в цельноядерных фракциях №1 и №2 достоверно повышается (соответственно на 30-36%), а содержание белка и крахмала – снижается (соответственно на 11,1-16,2 и 2,8- 4,4%) (рис.3). При шелушении зерна в первую очередь удаляются плодовая и семенная оболочки, а также алейроновый слой и часть зародыша, в которых концентрация амилолитических ферментов и белка наиболее высока. В наших опытах число падения увеличивалось у всех сортов и во всех фракциях крупы, причем у фракции №2 сильнее, чем у фракции №1. Исключение составили сортообразцы ГК-494 и ГК-614, отселектированные на высокую и низкую ВВЭ, характеризующиеся относительно мелкозерностью и высокобелковостью, которые в совокупности препятствовали полному удалению богатых амилолитическими ферментами и белком оболочек. В результате эффект шелушения по числу падения для фракции №2 был ниже, чем для фракции №1. По содержанию белка и крахмала значимых сортовых различий в реакции на шелушение не выявлено. Однако важно отметить, что высокое содержание белка и крахмала играет положительную роль в крупобразовании ржи.

Сортообразцы Белозерная 785 и Желтозерная 760, имеющие соответственно белую и желтую окраску зерна, оказались в числе лучших по крупобразующей способности неслучайно. Вероятной причиной этого стала более плотная структура плодовой и семенной оболочек, каждая из которых состоит из двух слоев толстостенных клеток, которые более тесно соприкасаются друг с другом, усиливая твердозерность зерновки. Немаловажно и то, что крупа из этих сортов по цвету сходна с пшеничной, что повышает ее потребительские свойства.

В связи с этим важно сопоставить эффект влияния зеленозерности. В наших опытах таким свойством обладал только один сорт – Мос-18, который характеризовался очень низким общим выходом цельноядерной крупы (65,9%) и высоким – дробленого ядра (12,4%). Можно сделать вывод: признак зеленой окраски зерна отрицательно связан с крупобразующей способностью, что можно объяснить сильной крупнозерностью, а также рыхлой структурой крахмалистого эндосперма.

Таким образом, экспериментально доказано, что между сортами озимой ржи существуют достоверные различия по крупобразующей способности. Выявлены специфические признаки, положительно влияющие на выход цельноядерной крупы у ржи. В основе этой специфики лежат различия по физико-механическим, технологическим и биохимическим свойствам зерновки. Крупяные свойства в значительной степени определяются прочностными характеристиками зерна и высоким числом падения. Они генетически обусловлены и высоко наследуются. Экспериментально доказано, что индикатором высокой крупобразующей пригодности у ржи может служить низкий выход дробленого ядра. Этот показатель отрицательно коррелирует с общим выходом цельноядерной крупы. Важно, что процедура шелушения повышает число падения у крупноядерных фракций крупы и тем самым улучшает технологические свойства выходных продуктов.

Степень пригодности сорта для шелушения зависит от анатомического строения зерновки, главным образом от прочности связей плодовой и семенной оболочек с ядром и прочности самого ядра. Результаты исследований позволяют выработать основные требования к сортам ржи с высокими крупяными качествами. К ним относятся умеренная крупнозерность, плотная консистенция зерновки, высокая натура зерна, высокое число падения, повышенное содержание белка и крахмала в зерне, белая или желтая окраска зерна, низкий выход битого ядра при шелушении. Непременным свойством крупяного сорта культуры должна быть высокая устойчивость к полеганию. В совокупности все эти признаки положительно влияют на крупобразующий потенциал сорта. По нашему мнению, методами селекции можно существенно улучшить сорта ржи по крупобразующей способности и тем самым расширить сферу переработки зерна этой культуры для пищевого использования.

Литература

1. Чиркова Л.В. Рожь – добрый резерв питания // В сб. «Иновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд». – М., 2015. – С. 243-252.
2. Панкратьева И.А., Политуха О.В., Сокол Е.Н., Чиркова Л.В. Рожь – благодатное крупяное сырье // Хлебопродукты. – 2015. – №2. – С. 54-55.
3. Козлова Т.С., Марзаева М.Х. Разработка технологии новых продуктов переработки ржи // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – №1. – С.31-33.
4. Вебер К. Мукомольное дело. Руководство к устройству мукомольных и крупяных мельниц при конных, ветряных, водяных и паровых двигателях и производство мучных продуктов. 2-е изд. – С.-Пб.: Изд. А.Ф.Девриена. – 1892. – 602 с.
5. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. – М.: Колос. – 1984. – 376 с.
6. Мельников Е. М. Эффективность процессов крупяного производства // Хлебопродукты. – 1998. – №7. – С.22-24.
7. Крикунова Л.Н., Рябова С.М. Влияние шелушения ржи на процесс ферментативного гидролиза крахмала сырья // Пиво и напитки. – 2013. – №4. – С.48-50.
8. Брасалин С.Н. О физическом смысле одного известного показателя технологической эффективности шелушения крупяного зерна // Ползуновский альманах. – 2011. – №4/2. – 2011. – С.254-256.
9. Крикунова Л.Н. Сравнительная характеристика методов оценки прочностных свойств зерна // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – №4. – С. 48-52.
10. Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 1976. – 375 с.
11. Мельников Е.М., Сергеева Е., Елисеева Т. Крупяные продукты из зерна ржи // Хлебопродукты. – 2001. – № 6. – С.24.
12. Марьин В.А., Верецагин А.Л. Повышение целостности ядра овса при шелушении // Хлебопродукты. – 2018. – №7. – С. 54-56.
13. Таранин С.А., Яблоков А.Е. Оптимизация процесса шелушения ячменя в малогабаритном шелушителе // Объединенный научный журнал. – 2005. – №22. – С. 87-89.

14. Жигунов Д.А., Ковалев М.А. Исследование влияния шелушения зерна на этап крупобразования при сортовом помоле пшеницы // *Одеська національна академія харчових технологій. Наукові праці.* – 2014. – Вип.46. – Т.1 – С. 4-8.
15. Зеленский Г.Л. Достижения селекции риса с высоким качеством зерна в России // *Проблемы повышения качества зерна пшеницы и других зерновых культур. Сб. науч. трудов.* – М., 1998. – С.205-210.
16. Козлова Т.С., Марзаева М.Х. Первушин Д.Л. Разработка новых продуктов переработки ржи и создание функциональных продуктов питания на их основе // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления.* – 2014. – №3. – С.74-80.
17. Панкратьева И.А., Чиркова Л.В., Политуха О.В. Ржаная каша - полезный продукт питания // *Пищевая промышленность.* – 2015. – №12. – С.73.
18. Панкратьева И.А., Чиркова Л.В., Политуха О.В. Инновационная технология производства крупы из ржи // *Материалы II Международной научно-практической конференции (05 – 26 июня 2017 г., г. Краснодар), ГБНУ ВНИИТТИ.* – Краснодар, 2017. – С.436-439.
19. Панкратьева И.А., Чиркова Л.В., Политуха О.В. Крупа из зерна ржи и тритикале // *Хлебопродукты.* – 2017. – №2. – С.58-59.

Поступила в редакцию 15.04.19

Принята к публикации 15.05.19

ИНДУКЦИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА КАРБОНАТНЫМ ЗАСОЛЕНИЕМ В ПРОРОСТКАХ ТРИТИКАЛЕ

Т.Н. Евграшкина, аспирант, В.В. Иванищев, доктор биологических наук,
О.И. Бойкова, кандидат химических наук, Н.Н. Жуков, кандидат биологических наук

Тульский государственный педагогический университет имени
Л.Н. Толстого, 300026, Тула, пр. Ленина, 125
E-mail: TatyanaIe9339@gmail.com

Изучено влияние кратковременного солевого стресса, индуцируемого карбонатным засолением, на основные показатели окислительного стресса и активность антиоксидантных ферментов в проростках тритикале озимого. Эксперимент проводили на 7-дневных растениях через 12, 24, 48, 72 и 96 часов экспозиции на 120 мМ растворе карбоната натрия. Определяли содержание малонового диальдегида, пероксида водорода, активность ферментов: каталазы, гуаяколовой пероксидазы и аскорбатпероксидазы. Показано, что карбонатное засоление приводит к значительному изменению всех указанных характеристик. Уже к 12 ч эксперимента отмечено более чем 3-кратное повышение содержания пероксида водорода в побегах тритикале. Кроме того, наблюдали интенсификацию перекисного окисления липидов в побегах в течение первых суток засоления. В корнях выявлено меньшее повышение обоих показателей. В побегах увеличилась активность ферментов аскорбатпероксидазы, гуаяколовой пероксидазы, каталазы. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что к специфике действия карбонатного засоления можно отнести более интенсивное накопление пероксида водорода в побегах, чем в корнях, снижение содержания малонового диальдегида в побегах к 48 ч экспозиции.

INDUCTION OF OXIDATIVE STRESS WITH CARBONATE SALINIZATION IN TRITICALE SEEDLINGS

Evgrashkina T.N., Ivanishchev V.V., Boykova O.I., Zhukov N.N.

Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University,
300026, Tula, pr. Lenina, 125
E-mail: tatyanaIe9339@gmail.com.

The effect of short-term salt stress induced by carbonate salinization on the indicators of oxidative stress, the activity of antioxidant enzymes and the content of some metabolites in winter triticale seedlings was studied. The experiment was carried out on 7-day-old plants after 12, 24, 48, 72 and 96 hours of exposure to 120 mM sodium carbonate solution. The content of malonic dialdehyde, hydrogen peroxide, the activity of enzymes: catalase, guaiacol peroxidase and ascorbate peroxidase were determined. It is shown that carbonate salinization causes significant changes in all the above characteristics. Thus, more than threefold increase in the content of hydrogen peroxide was noted in triticale shoots already by 12 o'clock in the experiment. The intensification of lipid peroxidation in the shoots during the first days of salinization was also observed. In the roots it was showed a less significant increase in both indicators. In the shoots, an increase in the activity of the studied enzymes was noted: ascorbate peroxidase, guaiacol peroxidase, catalase. The analysis of the results allowed to say that the specificity of carbonate salinization can be attributed to: more intense accumulation of hydrogen peroxide in the shoots than in the roots, a decrease in MDA content in triticale shoots by 48 hours of exposure.

Ключевые слова: тритикале озимое (*xTriticosecale*), карбонатное засоление, пероксид водорода, малоновый диальдегид, ферменты антиоксидантной защиты

Key words: winter triticale (*xTriticosecale*), carbonate salinization, hydrogen peroxide, malonic dialdehyde, antioxidant protection enzymes

Засоленные почвы широко распространены во многих странах мира, причем площади засоленных территорий постепенно увеличиваются [1]. Один из видов засоления почв – карбонатное засоление, которое возникает в условиях аридного климата при близком залегании жестких грунтовых вод [2]. Почвенное засоление карбонатного типа обнаружено в отдельных районах Тульской области. Так, превышение предельно допустимой концентрации карбонат-ионов в почвах Белевского и Суворовского районов связано с поступлением солей вместе с грунтовыми водами, обладающими высоким содержанием известняков [3].

Карбонатное засоление относят к наиболее слабо изученному типу засоления по сравнению с хлоридным и сульфатным. Однако, по мнению ряда авторов [4, 5], карбонат-ион оказывает более пагубное влияние на растения. Это можно объяснить тем, что карбонат-ионы подвержены частичному гидролизу, в результате происходит защелачивание среды, что также отрицательно воздействует на процессы, происходящие в растениях.

Мы изучали тритикале озимое – гибрид ржи и пшеницы как перспективную культуру, которая по ряду таких важных показателей, как биологическая продуктивность, питательная ценность продукта, может превосходить обоих родителей, а по устойчивости к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям и наиболее опасным болезням – пшеницу и не уступает ржи [6]. Особый интерес представляет исследование ответных реакций растений на ранних этапах развития, поскольку этот вопрос еще недостаточно изучен, особенно в условиях карбонатного засоления.

Целью настоящей работы было изучение ряда биохимических показателей стресса у растений тритикале на ранних этапах онтогенеза в условиях стресса, вызванного присутствием в среде избытка карбонат-ионов, для обнаружения специфики действия этого типа засоления.

Методика. Объектом исследования были проростки тритикале озимого (*xTriticosecale*) сорта Трибун. Семена стерилизовали в 2,5%-ном растворе перманганата

калия, промывали проточной и трижды – дистиллированной водой. Растения выращивали на питательной среде Кнопа с добавлением микроэлементов по Хогланду при 12-часовом световом дне, температуре воздуха 23/20 °С (день/ночь) и средней влажности 65%. Освещенность составляла 1900 лк. По достижении фазы кущения питательную среду заменяли на аналогичную с добавлением карбоната натрия в концентрации 120 мМ. Пробы отбирали для анализа через 12, 24, 48, 72 и 96 часов экспозиции [7].

Содержание пероксида водорода определяли спектрофотометрическим методом по G.N. Kumar и N.R. Knowles, основанным на образовании комплекса пероксида титана [8]; интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) – методом R.L. Heath и L. Packer по накоплению продукта окисления – малонового диальдегида (МДА) [9]; активность аскорбатпероксидазы – по методу, описанному в работе [10]; активность гваяколовой пероксидазы – спектрофотометрическим методом [11], по скорости окисления пирогаллола; активность каталазы – спектрофотометрически по модифицированному методу [12], основанному на определении скорости разложения пероксида водорода каталазой исследуемого образца.

Эксперименты проведены в четырех биологических повторностях. Результаты экспериментов статистически обработаны с использованием статистических программ. На рисунках представлены средние арифметические значения величин. Попарное сравнение показателей в разные периоды экспозиции проведено с использованием критерия *Duncan* ($P < 0.05$). На основании этого на графиках разными буквами обозначены величины, статистически отличающиеся друг от друга.

Результаты и обсуждение. Карбонатное засоление уже к 12 ч эксперимента вызывало более чем 5-кратное увеличение концентрации пероксида водорода в побегах (рис. 1 а). В дальнейшем отмечали постепенное снижение концентрации этой АФК (активной формы кислорода), но даже к концу опыта она была выше начального значения в 2 раза. В корнях к этому времени также увеличивалась концентрация пероксида водорода, хотя и не так значительно – в 1,5 раза. При

дальнейшей экспозиции в корнях сохранялся повышенный уровень содержания пероксида водорода. Сравнение полученных результатов с известными данными о влиянии хлоридного засоления [13] позволяет сделать вывод, что карбонатное засоление в большей степени отражается на содержании пероксида водорода в побегах, где происходит его более интенсивное накопление, чем в корнях. В аналогичных условиях сульфатное засоление, напротив, приводило к более интенсивному накоплению пероксида водорода в корнях [7, 14]. Такие результаты говорят о специфике образования пероксида водорода в условиях засоления среды разного типа.

Концентрация другого маркера окислительного стресса – МДА в побегах возрастала более чем в 2 раза уже в течение первых суток опыта (рис. 1 б). Но в дальнейшем его содержание резко снижалось и оставалось ниже исходных значений до конца эксперимента. В корнях в течение 3 суток наблюдали 2-кратное повышение концентрации МДА, а при дальнейшей экспозиции его концентрация снижалась практически до исходных значений. Схожие результаты для карбонатного и гидрокарбонатного засоления получены и другими авторами [15, 16]. Эти данные сопоставимы с результатами, полученными в условиях NaCl-засоления [17]. Но в отличие от сульфатного засоления [7] при карбонатном уровне МДА снижался уже к 48 ч экспозиции, в то время как при действии сульфат-ионов еще сохранялось повышенное содержание ПОЛ. Таким образом, можно говорить о сходстве накопления МДА при обоих типах засоления.

Активность различных ферментов, которые используют пероксид водорода в качестве субстрата реакции, напрямую влияет на содержание пероксида водорода. К таким ферментам относят: гваяколовую пероксидазу, каталазу, аскорбатпероксидазу, изменение которых определяли в ходе исследования. В условиях карбонатного засоления пик активности аскорбатпероксидазы в побегах приходился на первые сутки эксперимента (рис. 2 а). Активность фермента возрастала более чем в 1,5 раза, после чего резко снижалась к 48 ч, а в дальнейшем вновь увеличивалась и оставалась близкой к исходным значениям. В корнях максимальное значение

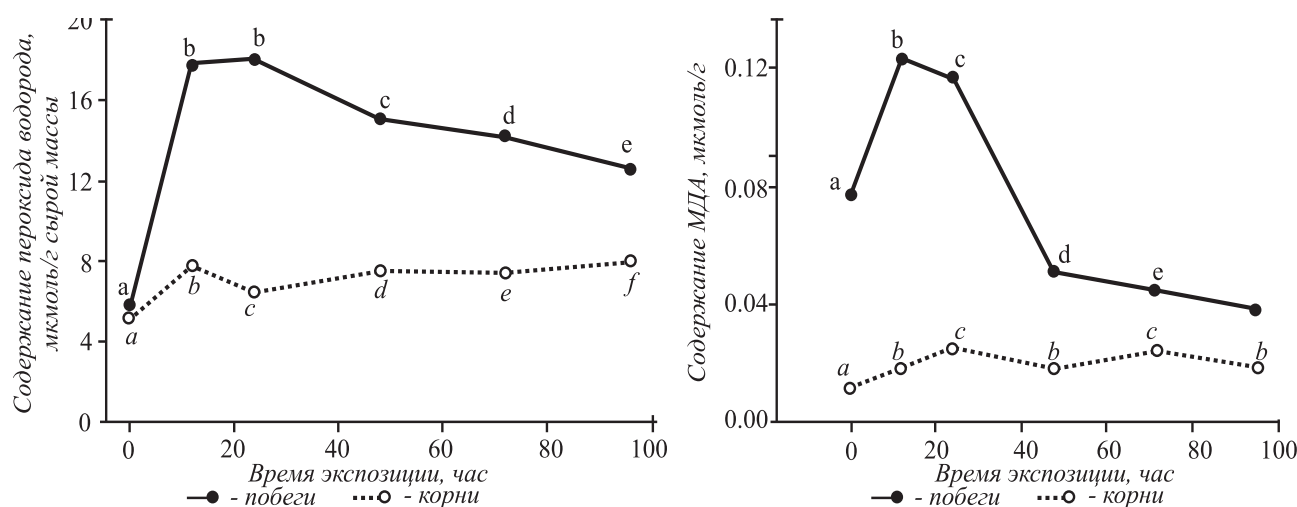


Рис. 1. Динамика накопления пероксида водорода (а) и МДА (б) в побегах и корнях тритикале сорта Трибун в присутствии 120 мМ Na_2CO_3 .

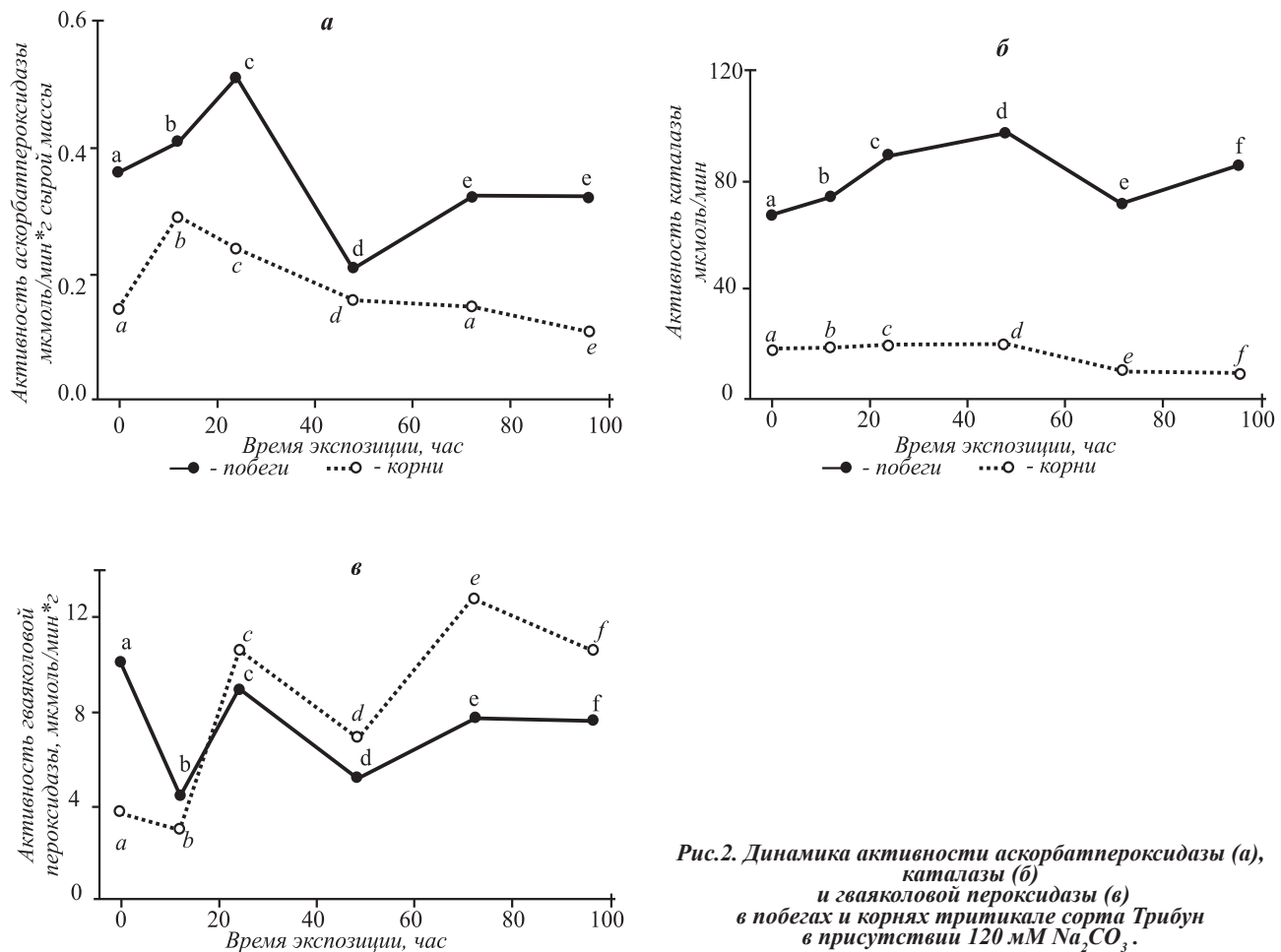


Рис. 2. Динамика активности аскорбатпероксидазы (а), каталазы (б) и гваяколовой пероксидазы (в) в побегах и корнях тритикале сорта Трибун в присутствии 120 мМ Na₂CO₃.

активности фермента, в 2 раза превышающее исходное, достигалось уже к 12 ч опыта. Такая же динамика активности аскорбатпероксидазы в побегах тритикале отмечена и другими авторами в условиях хлоридного засоления [18], а также при избыточной концентрации сульфат-ионов [7], но максимальная активность проявлялась раньше – уже через 12 ч эксперимента. Некоторые исследователи наблюдали угнетение активности этого фермента, но при более длительном – 30-дневном воздействии засоления [19].

Изменение активности каталазы в побегах оказалось сходным с изменением активности аскорбатпероксидазы (рис. 2 б), но с пиком активности при более позднем времени экспозиции проростков в условиях засоления. Активность фермента повышалась в течение первых двух суток примерно в 1,5 раза, с последующим снижением практически до исходной величины, но при 96-часовой экспозиции наблюдали новый рост активности каталазы в побегах. В корнях активность фермента незначительно увеличивалась к 48 ч экспозиции, после чего она снижалась ниже начальных значений (рис. 2 б). Аналогично с NaCl-стрессом при действии карбонат-ионов пик активности каталазы приходился на 48 ч [17]. В условиях сульфатного засоления максимальная активность каталазы была при более короткой экспозиции – 12 ч [7]. Повышение активности каталазы также описано для растений *Morus alba* L. при стрессе, вызванном использованием гидрокарбоната натрия [15].

Активность гваяколовой пероксидазы в условиях карбонатного засоления изменялась более резко и непредсказуемо (рис 2 в). В побегах в течение первых суток эксперимента сначала она значительно снижалась, затем повышалась, хотя оставалась ниже исходных величин. Данные отличаются от известных результатов для хлоридного и сульфатного засоления [18, 20]. Так, при натрий-хлоридном стрессе у проростков тритикале наблюдали иную картину, а именно: активность фермента снижалась и в побегах, и в корнях уже к 12 ч [18], что, возможно, связано со стрессом, вызванным карбонатным засолением.

Таким образом, к специфике действия карбонатного засоления можно отнести более интенсивное накопление пероксида водорода в побегах, чем в корнях; снижение содержания МДА в побегах тритикале к 48 ч экспозиции; более раннее проявление максимальной активности аскорбатпероксидазы (через 12 ч) и более поздний пик активности каталазы (к 48 ч); значительное изменение активности гваяколлапероксидазы и в корнях, и в побегах.

Литература

1. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. – М.: Дрофа. – 2010. – 638 с.
2. Лопатовская О. Г. Мелиорация почв. Засоленные почвы: учеб. пособие. в побегах тритикале. в побегах тритикале. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. университета, 2010. – 101 с.

3. Кудреватых И.Ю., Пильгуй Л.С. Геохимические свойства черноземов в районе завода по производству азотных удобрений, Тульская область // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – №2.1 – С.119-122.
4. Biea Z., Ito T., Shinoharaba Y. Effects of sodium sulfate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce *Acta Horti* // *Scientia Horticulturae*. – 2003. – 99(3/4) – P.215-224.
5. Patil N.S., Karadge B.A. Effect of carbonates on seed germination and seedling growth in *Portulaca oleracea* L. // *Adv. Sci. Res.* – 2014. – 5(1). – P.5-7.
6. Ружов Ю.Л. Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком. – М.: Колос, – 1977. – 300 с.
7. Евграшкина Т.Н., Иванищев В.В., Бойкова О.И., Жуков Н.Н. Проявления окислительного стресса в проростках тритикале в условиях сульфатного засоления // Бутлеровские сообщения. – 2018. – №4. – С.128-133.
8. Kumar G.N., Knowles N.R. Changes in Lipid Peroxidation and Lipolytic and Free-Radical Scavenging Enzyme during Aging and Sprouting of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Seed-Tubers // *Plant Physiol.* – 1993. – V.102. – P.115
9. Health, R.L., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation // *Arch. Biochem. Biophys.* – 1998. – V.125. – P.189–198.
10. Синькевич М.С., Нарайкина Н.В., Трунова Т.И. Процессы, препятствующие повышению интенсивности перекисного окисления липидов у холодостойких растений при гипотермии // Физиология растений. – 2011. – Т.58. – №6. – С.875-882.
11. Hishida M., Ascencio Valle F., Fujiyama H., Orduño-Cruz A., Endo T., Larrinaga-Mayoral J.A. Antioxidant enzyme responses to salinity stress of *Jatropha curcas* and *J. cinerea* at seedling stage // Физиология растений. – 2014. – Т.61. – №1. – С.59-68.
12. Goth L. A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range // *Clinica Chimica Acta*. – 1991. – V.196. – P.143-152.
13. Гарифзянов А.Р., Жуков Н.Н., Пантюхин Ю.О., Иванищев В.В. Особенности NaCl-индуцированного окислительного стресса и динамики активности антиоксидантных ферментов в органах тритикале озимого // Доклады Россельхозакадемии. – 2012. – № 2. – С. 9-11.
14. Keshavkant S., Padhan J., Parkhey S., Naithani S.C. Physiological and Antioxidant Responses of Germinating *Cicer arietinum* Seeds to Salt Stress // Физиология растений. – 2012. – Т.59 – №2. – С. 232–237.
15. Ahmad P., Ozturk M., Sharma S., Gucel S. Effect of sodium carbonate-induced salinity-alkalinity on some key osmoprotectants, protein profile, antioxidant enzymes, and lipid peroxidation in two mulberry (*Morus alba* L.) cultivars // *Journal of Plant Interactions*. – 2014. – V.9. – №1. – P.460–467.
16. Patil N.S., Apradh V.T., Karadge B.A. Effects of alkali stress on seed germination and seedlings growth of *Vigna aconitifolia* (Jacq.) // *Article in pharmacognosy journal*. – 2013. – P.125-127.
17. Иванищев В.В., Жуков Н.Н. Проявления окислительного стресса в проростках тритикале при кратковременном действии хлорида натрия // Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т.52. – №11. – С. 123-130.
18. Жуков Н.Н., Гарифзянов А.Р., Иванищев В.В. Динамика активности антиоксидантных ферментов в органах *Triticosecale* на фоне NaCl-засоления // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2012. – Вып. 2. – С. 285-291;
19. Tarchoune I., Sgherri C., Izzo R., Lachaal M., Ouerghi Z., Navari-Izzo F. Antioxidative responses of *Ocimum basilicum* to sodium chloride or sodium sulphate salinization // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2010 – №48 – С.13-15
20. Wang H., Xiao X., Yang M., Gao Z., Zang J. Effects of salt stress on antioxidant defense system in the root of *Kandelia candel* // *Botanical studies*. 2014. – V.55. – P.57.

Поступила в редакцию 15.05.19

После доработки 28.06.19

Принята к публикации 10.07.19

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ (ГОЛЛАНДСКОЙ) ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Ю.А. Мажайский^{1,3}, А.В. Шуравилин², доктора сельскохозяйственных наук,
Е.А. Пивень², Н.П. Пивень², кандидаты медицинских наук,
О.В. Черникова³, кандидат биологических наук

¹Мещерский филиал Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова,
390021, Рязань, ул. Мещерская, 1А

²Российский университет дружбы народов,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

³Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний,
390036, Рязань, ул. Сенная, 1
E-mail: chernikova_olga@inbox.ru

Исследования проведены на серых лесных почвах предприятия «Агрико-Евразия» Воскресенского района Московской области в 2015-2017 гг. с целью обоснования адаптивной промышленной (голландской) технологии возделывания картофеля в зависимости от вносимых удобрений и сортовых особенностей. Изучение ростовых процессов картофеля показало, что при применении промышленной технологии фазы развития у растений наступают раньше на 3-8 дней, чем в условиях традиционной технологии. Более раннее их наступление отмечено в вариантах 10 (сорт Аризона) и 14 (сорт Рокко) с использованием промышленной технологии и дополнительным к фону внесением сульфата калия в период посадки. Самая высокая урожайность изучаемых сортов получена при их возделывании по промышленной технологии с дополнительным внесением к фону ($N_{120}P_{90}K_{120}$ д.в.) сульфата калия в дозе 60 кг д.в./га в период посадки. Дана оценка качеству клубней картофеля по его биохимическому составу, содержанию тяжелых металлов и нитратов. Отмечено, что наиболее высокие показатели качества картофеля были при использовании промышленной технологии с дополнительным к фону внесением сульфата калия в дозе 60 кг д.в./га в период посадки.

JUSTIFICATION OF THE USE OF INDUSTRIAL (DUTCH) TECHNOLOGY OF POTATO CULTIVATION IN THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

Mazhaisky Yu.A.^{1,3}, Shuravilin A.V.², Piven E.A.², Piven N.P.²,
Chernikova O.V.³

¹Meschersky branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova,
390021, Ryazan, ul. Meshcherskaya, 1A

²Russian University of Friendship of Peoples,
117198, Moscow, ul. Miklucho-Maclaya, 6

³Academy of law management of the federal penal service of Russia,
390036, Ryazan, ul. Sennaya, 1
E-mail: chernikova_olga@inbox.ru

The studies were conducted on gray forest soils of LLC "Agriko-Eurasia" of the Voskresensky district of the Moscow region in 2015-2017. in order to substantiate the adaptive industrial (Dutch) technology of potato cultivation, depending on the fertilizers and varietal characteristics. The study of the growth processes of potatoes showed that when applying industrial technology, the development phases came 3-8 days earlier compared to traditional technology. Their earlier offensive was noted on variants 10 (Arizona grade) and 14 (Roco grade) with the use of industrial technology and the addition of potassium sulfate to the background during the planting period. Studies have shown that the highest yields of the studied potato varieties were obtained when it was cultivated by industrial technology with additional addition to the background ($N_{120}P_{90}K_{120}$) of potassium sulphate during planting at a dose of 60 kg/ha ae. An assessment of the quality of potato tubers according to its biochemical composition, content of heavy metals and nitrates is given. It has been established that the highest quality indicators of potatoes are obtained when applying industrial technology with the addition of potassium sulfate in addition to the background at a dose of 60kg / ha during the landing period.

Ключевые слова: Московская область, серые лесные почвы, технология выращивания картофеля, дозы минеральных удобрений, сухая биомасса, урожайность, биохимический состав клубней, тяжелые металлы, нитраты

Key words: Moscow region, gray forest soils, potato growing technology, doses of mineral fertilizers, dry biomass, yield, biochemical composition of tubers, heavy metals, nitrates

В условиях Московской области урожайность картофеля значительно ниже реально возможного уровня, что связано с невысоким почвенным плодородием и особенностями экологической обстановки. При этом возникает необходимость внедрения прогрессивных технологий возделывания этой культуры [1-3] с учетом оптимизации внесения минеральных удобрений

и использования районированных высокоурожайных сортов. Для решения задачи проведены комплексные исследования промышленной (голландской) технологии, которая заметно отличается от традиционной прежде всего особенностями посадки картофеля, комплексностью машин и совмещением ряда технологических операций. Возделывание районированных сортов

картофеля по промышленной технологии включает оптимизацию обработки почвы, системы удобрений с учетом биологических потребностей растений, что существенно влияет на урожайность культуры и качество клубней.

В литературе есть много работ по этому вопросу [4-11], в которых показано преимущество промышленной технологии по сравнению с традиционной. В ряде исследований [12-17] отмечено положительное влияние калийных удобрений на повышение урожайности картофеля при использовании высокоурожайных районированных сортов. Однако такие важные вопросы, как влияние удобрений на урожайность и качественные показатели картофеля в зависимости от технологии его возделывания и использования районированных сортов до настоящего времени не изучены. В связи с этим целью настоящей работы была сравнительная оценка влияния технологии возделывания, удобрений и районированных высокоурожайных сортов на урожайность, биохимический состав картофеля, содержание тяжелых металлов и нитратов в продукции.

Методика. Исследования проводили на землях предприятия «Агрико-Евразия» Воскресенского района Московской области в 2015-2017 гг. Вегетационный период 2015 г. был умеренно теплым, а по осадкам близким к многолетним данным, в 2016 г. – относительно теплым и влажным, в 2017 г. – холодным и влажным. Почва опытного участка – светло-серая лесная среднесуглинистая, характеризуется благоприятными агрофизическими и агрохимическими свойствами. В слое почвы 0-30 см плотность сложения составляет 1,29 г/см³, пористость – 51,3%, наименьшая влагоемкость – 23,1%, содержание гумуса – 3,2%, содержание подвижного фосфора и калия – соответственно 22 и 19 мг/100 г, рН_{KCl} 5,8. Концентрация высоко опасных тяжелых металлов цинка и свинца и умеренно опасных меди и никеля по шкале экологического нормирования по подвижным формам находится значительно ниже ориентировочно допустимой концентрации (ОДК).

Для сравнительной оценки эффективности традиционной и промышленной (голландской) технологии возделывания были выбраны два перспективных раннеспелых сорта картофеля зарубежной селекции Аризона и Роко. Сорт Аризона – столового назначения, с достаточно высокой товарной урожайностью – 220-400 ц/га, массой товарного клубня – 112-150 г; устойчив к болезням (средне – по ботве и относительно – по клубням), с хорошим вкусом, товарностью 88-97% и лежкостью (качество хранящихся клубней) 95%. Сорт Роко относится к высокоурожайным сортам, до 400 ц/га, масса товарного клубня – 100-120 г. Показатель товарности составляет более 95%, лежкости – 89%, отличная устойчивость к различным заболеваниям.

Посадку картофеля проводили с междурядьями 0,7 м, в ряду – с расстоянием 0,25 м. Трехфакторный мелкоделяночный полевой опыт заложен по методике Б.А. Доспехова с использованием традиционной и промышленной технологии возделывания картофеля и калийных удобрений при посадке и в качестве подкормок (табл. 1). Во всех вариантах удобрения N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ д.в. вносили как основной фон. Повторность опыта – 4-кратная. Размер каждой делянки составлял 28 м². Расположение повторностей рендомизированное. Агрофизические свойства почв исследовали по общепринятым методикам. Кислотный показатель определяли потенциометрическим методом, содержание P₂O₅ и K₂O – по Кирсанову, гумус – по Тюрину, тяжелых ме-

Табл. 1. Схема трехфакторного мелкоделяночного полевого опыта

Вариант	Технология (фактор А)	Удобрения, срок и доза их внесения, кг/га (фактор В)	Сорт картофеля (фактор С)
1 – контроль	Традиционная	При посадке N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон	Аризона
2		Фон + K ₂ SO ₄ при посадке – 131 кг/га или 60 кг д.в./га	
3		Фон + K ₂ SO ₄ при подкормке – 66 или 30 кг д.в./га	
4		Фон + KCl при подкормке – 50 или 30 кг д.в./га	
5 – контроль	Промышленная	При посадке N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон	Роко
6		Фон + K ₂ SO ₄ при посадке – 131 кг/га или 60 кг д.в./га	
7		Фон + K ₂ SO ₄ при подкормке – 66 или 30 кг д.в./га	
8		Фон + KCl при подкормке – 50 или 30 кг д.в./га	
9 – контроль	Промышленная	При посадке N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон	Аризона
10		Фон + K ₂ SO ₄ при посадке – 131 кг/га или 60 кг д.в./га	
11		Фон + K ₂ SO ₄ при подкормке – 66 или 30 кг д.в./га	
12		Фон + KCl при подкормке – 50 или 30 кг д.в./га	
13 – контроль	Промышленная	При посадке N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ – фон	Роко
14		Фон + K ₂ SO ₄ при посадке – 131 кг/га или 60 кг д.в./га	
15		Фон + K ₂ SO ₄ при подкормке – 66 или 30 кг д.в./га	
16		Фон + KCl при подкормке – 50 кг/га или 30 кг д.в./га	

таллов в клубнях – методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре «РЕСПЕКТ» (Россия).

Площадь листьев определяли весовым методом с помощью высечек, урожайность клубней картофеля – весовым методом. Биохимический анализ клубней проводили следующими методами: содержание сухого вещества – методом высушивания, витамина С (аскорбиновая кислота) – по Мурри, крахмала – по удельной массе, белка – по Кьельдалю, содержание тяжелых металлов в клубнях – атомно-абсорбционным методом, нитратов – по ГОСТ 29270-95. Картофель возделывали по зональной традиционной и промышленной технологиям.

Результаты и обсуждение. Фазы развития растений картофеля заметно изменялись в зависимости от технологии возделывания и сортовых особенностей. Так, при выращивании картофеля по промышленной технологии фазы развития наступали раньше на 3-8 дней, чем при традиционной технологии. В вариантах с дополнительным внесением 60 кг д.в./га K₂SO₄ при посадке наступление и прохождение фаз отмечали на 1-2 дня раньше, чем на общем фоне удобрений. В целом период вегетации картофеля от посадки до полного увядания ботвы у сорта Аризона составлял 90-96 дней при использовании традиционной технологии и 82-85 дней – при промышленной технологии. У сорта Роко

Табл. 2. Урожайность (т/га) клубней картофеля двух сортов за годы исследований (фактор А – технология возделывания картофеля, фактор В – минеральные удобрения)

Вариант	Год исследований			Среднее за три года, т/га	Отклонение от контроля	
	2015	2016	2017		т/га	%
Сорт Аризона						
1(К)	30,24	25,56	25,65	27,15	-	100
2	37,96	32,27	33,12	34,45	7,30	126,9
3	35,50	30,89	31,14	32,51	5,36	119,7
4	32,74	28,46	28,65	29,95	2,8	110,3
9	38,87	34,93	35,94	36,58	9,43	134,7
10	43,57	40,84	41,89	42,10	14,95	155,1
11	41,84	37,94	39,17	39,65	12,5	146,0
12	40,13	36,88	31,71	38,24	11,09	140,9
НСП ₀₅ фактор А	7,64	6,72	6,31	7,19	-	-
НСП ₀₅ Фактор В	3,27	2,94	3,72	3,71	-	-
Сорт Роко						
5(К)	28,96	25,02	26,24	26,74	-	100
6	35,59	31,67	32,43	33,23	6,49	124,3
7	32,65	28,45	30,43	30,51	3,77	114,1
8	29,94	26,24	27,10	27,76	1,02	103,8
13	37,88	34,24	35,08	35,73	5,99	122,4
14	43,19	39,66	40,30	41,05	14,3	153,5
15	40,65	37,24	38,63	38,84	12,1	145,3
16	39,58	35,88	36,92	37,46	10,72	140,1
НСП ₀₅ фактор А	6,87	6,13	5,96	6,92	-	-
фактор В	3,14	2,73	3,41	3,58	-	-

продолжительность вегетации картофеля увеличивалась в среднем на 9-13 дней и составляла 100-105 дней и 92-98 дней соответственно при традиционной и промышленной технологии. Наименьшую продолжительность периода от посадки до фазы полного увядания ботвы наблюдали в вариантах 10 и 14, где картофель выращивали по промышленной технологии, а в период посадки дополнительно вносили сульфат калия. В этих вариантах продолжительность вегетации составляла 83 дня у сорта Аризона и 94 дня у сорта Роко.

Урожайность картофеля зависела от удобрений, технологии возделывания и сорта. За 3 года исследований выявлено, что дополнительное внесение к фону 60 кг д.в./га K_2SO_4 при посадке обеспечивает большую прибавку урожая как при традиционной технологии выращивания картофеля (у сорта Аризона – 2,8-7,3 т/га,

сорта Роко – 1,02-6,49 т/га), так и при промышленной (соответственно 9,43-14,95 и 5,99-14,3 т/га). Однако следует отметить, что промышленная технология способствовала получению более высокой урожайности, чем традиционная, во все годы исследований (табл. 2). Так, прибавка урожая в сравнении с контрольным вариантом картофеля сорта Аризона составила 14,95 т/га (55,1%), у сорта Роко – 14,3 т/га (53,5%). В целом у возделываемых сортов урожайность была примерно одинаковой, но отмечена тенденция ее роста у сорта Аризона.

Качество продукции определяли по содержанию сухого вещества, белка, крахмала и витамина С (табл. 3). Из-за лучших условий произрастания содержание сухого вещества и качество клубней картофеля сорта Аризона, возделываемого по промышленной

Табл. 3. Биохимический состав клубней картофеля двух сортов (в среднем за 3 года)

Вариант	Сухое вещество, %	Белок (сырой протеин), %	Крахмал, %	Витамин С, мг%
1 (К)	26,0	1,7	15,0	19,4
2	26,0	1,9	15,6	21,0
3	26,0	1,8	15,3	20,6
4	25,8	1,8	14,0	19,6
5(К)	25,3	1,9	15,2	19,4
6	25,8	1,8	15,3	19,8
7	26,0	1,9	15,4	19,5
8	25,2	1,8	14,0	19,5
9(К)	26,8	1,9	16,2	21,0
10	28,3	2,2	16,6	23,3
11	27,8	2,0	15,9	22,0
12	27,1	2,0	15,0	22,0
13(К)	26,6	1,9	16,0	21,3
14	27,9	1,9	16,2	21,9
15	27,5	1,9	16,1	21,8
16	26,8	1,8	15,1	21,4

технологии +фон+K₂SO₄ при посадке оказались значительно выше исследуемых показателей в аналогичном варианте при выращивании картофеля по традиционной технологии. Отмечено снижение содержания в клубнях крахмала при внесении калийного хлорсодержащего удобрения в обеих технологиях в среднем до 14,5%.

При оценке технологического достоинства клубней важно знать не только количество крахмала в них, но и размер крахмальных зерен. Наибольшее количество крупных и средних крахмальных зерен в клубнях выявлено при выращивании картофеля по промышленной технологии и дополнительном внесении к фону сульфата калия в период посадки, что обнаружено под микроскопом.

Для получения экологически чистой продукции необходимо изучить наличие в клубнях тяжелых металлов и нитратов (табл. 4). Сравнительный анализ показал, что при традиционной технологии содержание нитратов в клубнях в среднем было выше на 25% по отношению к промышленной технологии. При этом следует отметить, что при предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов в клубнях картофеля 250 мг/кг их содержание было значительно ниже (не более 47% от ПДК).

Наиболее низкое содержание нитратов отмечено в вариантах 9 и 13 при промышленной технологии, где при посадке в качестве фона использовали только минеральные удобрения, без внесения дополнительных веществ – 80,5 мг/кг. Концентрация нитратов в клубнях картофеля при его возделывании по промышленной технологии и дополнительном внесении к фону сульфата калия была несколько выше – в среднем

Табл. 4. Содержание (мг/кг) тяжелых металлов и нитратов в клубнях картофеля двух сортов (в среднем за 3 года)

Вариант	Cu	Zn	Ni	Pb	Нитраты
1(К)	2,2±0,09	5,8±0,03	0,22±0,01	0,38±0,02	96,9±4,9
2	2,6±0,013	5,2±0,03	0,22±0,01	0,40±0,02	110,0±5,5
3	1,5±0,08	5,8±0,04	0,23±0,02	0,30±0,01	111,0±5,5
4	2,4±0,012	6,8±0,02	0,21±0,01	0,32±0,02	110,85,5
5(К)	2,3±0,012	4,4±0,02	0,21±0,01	0,34±0,03	98,0±4,9
6	2,8±0,013	3,5±0,02	0,22±0,01	0,33±0,02	110,0±5,4
7	2,8±0,014	2,8±0,01	0,22±0,01	0,33±0,02	111,1±5,7
8	1,8±0,09	2,8±0,01	0,25±0,03	0,36±0,03	111,2±5,7
9(К)	2,2±0,011	2,7±0,01	0,22±0,01	0,32±0,02	80,5±4,0
10	2,0±0,01	4,6±0,02	0,25±0,04	0,33±0,02	82,7±4,1
11	1,8±0,09	4,8±0,02	0,21±0,01	0,32±0,01	83,4±4,2
12	1,5±0,07	4,7±0,03	0,18±0,01	0,38±0,04	85,0±4,3
13(К)	1,9±0,06	4,8±0,05	0,24±0,03	0,36±0,03	80,5±7,3
14	1,3±0,08	2,2±0,01	0,19±0,01	0,38±0,03	84,0±4,2
15	1,7±0,05	2,6±0,01	0,18±0,01	0,36±0,05	84,7±4,2
16	1,8±0,08	3,8±0,01	0,21±0,02	0,35±0,02	85,1±4,3
ПДК	5,0	10,0	0,3	0,5	ПДК – 250

82,7 мг/кг. Содержание тяжелых металлов не превышало предельно допустимых концентраций; так, Cu в среднем было меньше на 64,5%, Zn – на 62,3%, Ni – на 31%, Pb – на 30%. Ряд тяжелых металлов по убыванию имеет вид: Cu>Zn>Ni>Pb, что связано с наличием в почве подвижных, но неусвояемых для растений форм.

Таким образом, промышленная (голландская) технология выращивания картофеля служит высокоэффективным агрономическим приемом, который улучшает экологическую обстановку и обеспечивает благоприятные условия произрастания растений, а также получение более высокой урожайности, улучшение структуры урожая и качества картофеля по сравнению с традиционной технологией за счет гребневой посадки и более быстрого смыкания растений.

Дополнительное внесение сульфата калия при посадке в дозе 60 кг/га д.в. на фоне $N_{120}P_{90}K_{120}$ д.в. при промышленной технологии повышает ростовые процессы, биомассу растений, урожайность картофеля, улучшает качественные показатели в сравнении с традиционной технологией. Возделываемые сорта Аризона и Роко по основным показателям продуктивности и качества клубней существенно не различались.

Литература

1. Амплеева Л.Е., Черникова О.В. Пищевая ценность картофеля при использовании различных форм селена // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: Материалы Национальной научно-практической конференции 22 ноября 2018 года. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2019. – Ч. 2. – С. 357–362.
2. Chernikova O., Mazhayskiy Yu., Ampleeva L. Selenium in nanosized form as an alternative to microfertilizers // *Agronomy Research*. – 2019. – 17(S1). – P. 974–981.
3. Савина О.В., Питюрина И.С. Потребительская оценка сортов картофеля, районированных в Рязанской области // III Международный пени-тенциарный форум «Преступление, наказание, исправление» (к 20-летию вступления в силу Уголовно-исполнительного кодекса Российской Федерации). Сб. тезисов выступлений и докладов участников Международной научно-практической конференции. Академия ФСИН России. – Рязань: Академия ФСИН России, 2017. – С. 235-240.
4. Васьюк В.Т., Оболенник Н.В. Технологии возделывания картофеля в условиях Нечерноземной зоны РФ. – С.-Пб.: ПрофИнформ., 2004. – 224 с.
5. Замотаев А.И. Индустриальная технология производства картофеля. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 239 с.
6. Ивенин В.В., Ивенин А.В., Строкин В.Л., Новосадов А.А. Картофель: адаптация голландской технологии в Волго-Вятском районе // *Картофель и овощи*. – 2016. – №12. – С. 26-28.
7. Козлов В.В. Сравнительная оценка технологий возделывания картофеля в условиях Верхневолжья: Дисс. на соиск. уч. ст. к. с.х. наук. Спец. 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство. – Тверь, 2017. – 164 с.
8. Симаков Е.А., Старовойтов В.И., Анисимов Б.В. и др. Индустрия картофеля (справочник). – М.: ВНИИ-ИКС, 2013. – 272 с.
9. Бубер А.А. Статистический анализ влияния факторов влажности и уровня минерального питания на урожайность раннего картофеля // *Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК Матер. международной научно-практической конференции*, 2017. – С. 53-56.
10. Максименко В.П., Волчкова Т.Л., Меньшикова С.А. Повышение урожайности картофеля при использовании удобрения-мелиоранта на полимерной основе // *Плодородие*, – 2015. – № 4 (85). – С. 39-41.
11. Бубер А.А., Бородычев В.В. Разработка динамической модели формирования урожая «Potato» // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2018. – № 2 (50). – С. 170-180.
12. Бутов А.В., Боева О.Ю. Тяжелые металлы и нитраты в клубнях картофеля в Черноземной лесостепи // *Достижения науки и техники в АПК*. – 2013. – №8. – С. 16-18.
13. Власенко Н.Е. Удобрение картофеля. – М.: Агропромиздат, 1987. – 219 с.
14. Ивенин В.В., Ивенин В.В. Агротехнические особенности выращивания картофеля. – С.-Пб.-М.-Краснодар: Лань, 2015. – 336 с.
15. Ильин А.Н., Васильев О.А., Ильина Т.А. Влияние ресурсосберегающей технологии на плодородие серой лесной почвы // *Аграрный научный журнал*. – 2015. – № 7. – С. 18–22.
16. Мингалев С.К., Касимова Н.В., Лаптев В.Р. Урожайность и качество клубней картофеля разных групп скороспелости в зависимости от приемов технологии возделывания в условиях Среднего Урала // *Аграрный вестник Урала*. – 2010. – № 5. – С.41-44.
17. Титова В.И., Чудоквасов А.А. Влияние удобрений и комплекса защитных мероприятий на урожайность и качество клубней разных сортов картофеля // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2018. – №6. – С.9 – 12.

Поступила в редакцию 29.07.19

После доработки 10.09.19

Принята к публикации 15.10.19

Защита растений

УДК 632.954: 633.1

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-20-24

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.С. Голубев¹, кандидат биологических наук, Т.А. Маханькова¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
В.И. Долженко¹, С.Д. Каракотов², академики РАН

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3

²Щелково Агрохим, 141101, Щелково, Московская область, ул. Заводская, 2
E-mail: golubev100@mail.ru

В условиях полевых мелкоделяночных опытов изучена биологическая и хозяйственная эффективность применения нового комбинированного гербицида Унико, ККР (100 г/л флуороксипира + 2,5 г/л флорасулама) в дозах применения 1,0; 1,25; 1,5 и 1,75 л/га в три срока обработки: в фазе кущения – начала выхода в трубку, в фазе появления флагового листа и в фазе колошения зерновых культур (опыт с внесением гербицидов в самой поздней фазе проведен впервые в РФ). Закладку опытов осуществляли в соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» в 2016 и 2017 гг. Применение изучаемого гербицида в ранние фазы роста и развития зерновых культур даже в минимальной дозе (1,0 л/га) обеспечивало очищение посевов от сорных растений на уровне 66,4-83,4%, что предпочтительнее действия гербицида-эталона Деметра, КЭ при норме применения 0,43 л/га. Увеличение дозы применения гербицида Унико, ККР приводило к повышению уровня его биологической эффективности до 68,8-91,0% (1,25 л/га), 72,4-95,3% (1,5 л/га) и 76,5-97,3% (1,75 л/га). Использование максимальной дозы эталона Деметра, КЭ (0,57 л/га) оказалось менее эффективным: общая засоренность посевов зерновых культур снизилась на 62,4-86,7%. Преимущество изучаемого препарата над эталоном проявлялось в более сильном влиянии на такие виды сорных растений, как мак-самосейка, осот полевой, бодяк полевой, марь белая и щирица запрокинутая. Поздние обработки (в фазе флагового листа и особенно в фазе колошения культуры), как правило, были менее эффективны (до 25%), чем внесение гербицида в фазе кущения. Несмотря на снижение эффективности поздних обработок в целом, в отдельных случаях с учетом особенностей биологии некоторых видов сорных растений они могут быть продуктивными. Например, в случае позднего появления всходов вьюнка полевого его наиболее уязвимая для действия гербицидов фаза может приходиться на колошение культуры. По результатам исследований гербицид Унико, ККР был рекомендован для использования на территории РФ.

STUDY OF POSSIBILITY APPLYING HERBICIDES AT DIFFERENT GROWTH STAGE OF CEREALS

Golubev A.S.¹, Makhankova T.A.¹, Dolzhenko V.I.¹,
Karakotov S.D.²

¹All-Russian Institute of Plant Protection, 196608, Sankt-Peterburg-Pushkin, shosse Podbelskogo, 3

²Schelkovo Agrohim, 141101, Schelkovo, Moskovskaya oblast, ul. Zavodskaya, 2
E-mail: golubev100@mail.ru

Biological and economic efficiency herbicide Uniko (100 g/l fluroxypyr + 2.5 g/l florasulam; application rates 1.0; 1.25; 1.5 and 1.75 l/ha) was studied in the field trials. There were 3 times of spraying cereals: tillering, booting and heading. Trials with use of herbicide in the latest phase was made for the first time in the Russian Federation. The experiments were laid in accordance with the "Guidelines for registration testing of herbicides in agriculture" in 2016 and 2017. Using the 1.0 l/ha of herbicide Uniko in the early phase of crops growth and development efficiency provided 66.4-83.4%. This was more effective than using 0.43 l/ha standard Demetra (350 g/l of fluroxypyr). An increase in the rate of application herbicide Uniko led to an increase in the level of its biological efficiency to 68.8-91.0% (1.25 l/ha), 72.4-95.3% (1.5 l/ha) and 76.5-97.3% (1.75 l/ha). The use of the maximum rate of application standard Demetra (0.57 l/ha) provided a less efficiency (62.4-86.7%). Herbicide Uniko was more that standard destroying these types of weeds as Papaver rhoeas L., Sonchus arvensis L., Cirsium arvense (L.) Scop., Chenopodium album L. u Amaranthus retroflexus L. Late treatments were typically up to 25% less effective than treatments at tillering stage of cereals. But in the case of the late emergence of Convolvulus arvensis L. late treatments were can be effective. According to the results of the research herbicide Uniko was recommended for use on the territory of Russian Federation.

Ключевые слова: гербициды, зерновые культуры, сорные растения, вьюнок полевой, сроки обработки, кущение, выход в трубку, колошение

Key words: herbicides, cereals, weeds, Convolvulus arvensis L., time of spraying, tillering, booting, heading

Борьбу с сорными растениями в сельском хозяйстве, как правило, осуществляют на ранних этапах роста и развития культурных растений. Для зерновых культур таким этапом традиционно была фаза кущения, в которую применяли препараты на основе феноксиуксусных кислот, присутствовавших в ассортименте гербицидов еще в середине XX в. [1-5]. Увеличение количества препаратов, разрешенных к применению на посевах зерновых за счет появления комбинаций с флорасуламом, позволило расширить период их применения до фазы

формирования второго междоузлия культуры [6-8]. При этом внесение препаратов в поздние фазы (в частности, в фазе выхода в трубку) часто считали оправданным в годы с поздней и холодной весной, когда сроки прорастания сорных растений растянуты [9]. С появлением гербицидов из группы сульфониломочевин произошло очередное увеличение диапазона их использования. Сейчас некоторые препараты из этой группы разрешено применять от фазы 2-3 листьев до фазы появления флагового листа культуры [10,11].

Возможность дальнейшего расширения «технологических окон» применения гербицидов лимитирована тремя факторами: снижением биологической эффективности препаратов вследствие повышения устойчивости сорных растений в более поздние фазы развития; критическим периодом вредоносности сорных растений; возможным отрицательным влиянием гербицидов на растения культуры [12-14]. Для большинства гербицидов из представленного в настоящее время ассортимента эти утверждения верны, однако на практике в производстве могут возникать ситуации, когда провести обработку в рекомендованный период затруднительно, поэтому поиск препаратов с потенциально более широким диапазоном применения представляет большой научный и практический интерес.

Главной целью нашей работы была оценка возможности использования нового гербицида Унико, ККР – концентрат коллоидного раствора (100 г/л флуроксипира + 2,5 г/л флорасулама) от фазы кушения – выхода в трубку до фазы колошения. Такие регламенты позволили бы существенно расширить традиционные и рекомендованные в России сроки применения гербицидов. Для достижения этой цели нам необходимо было решить следующие задачи.

1. В серии мелкоделяночных опытов, проведенных в разных по климатическим условиям регионах, определить биологическую и хозяйственную эффективность внесения гербицида Унико, ККР в три последовательных срока: в фазы кушения – до начала выхода в трубку зерновых культур (эти две фазы мы условно объединяем в один срок – «традиционный» для использования гербицидов по вегетирующей культуре); в фазе появления флагового листа зерновых культур (это наиболее поздний из разрешенных ранее сроков для внесения некоторых гербицидов) и в фазе колошения зерновых культур (впервые в России).

2. Сравнить показатели эффективности изучаемого препарата с показателями эффективности эталона, в качестве которого выбран гербицид Деметра, КЭ (концентрат эмульсии), содержащий 350 г/л флуроксипира, то есть такого же основного действующего вещества, что и в гербициде Унико, ККР. Применение эталона регламентировано существующим «Каталогом...» с фазы кушения культуры до окончания фазы выхода в трубку.

3. Оценить возможность использования изучаемого препарата в поздние фазы развития зерновых культур (появление флагового листа и колошение); определить условия, необходимые для такого приема, и разработать регламенты эффективного применения гербицида в этот срок.

Методика. Мелкоделяночные опыты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» [15] в течение двух вегетационных сезонов (2016 и 2017 гг.). Размер каждой делянки составлял 25-40 м², повторность – 4-кратная. Размещение делянок было, как правило, рендомизированным.

На посевах пшеницы яровой опыты были заложены в Ленинградской, Свердловской и Воронежской областях (сорта – соответственно Ленинградская 6, Красноуфимская 100 и Дарья во все годы исследований); на посевах пшеницы озимой – в Краснодарском крае (Калым в 2016 г., Таня в 2017 г.) и Тамбовской области (Мироновская 808 в 2016 г., Московская 56 в 2017 г.); на посевах ячменя ярового – в Алтайском крае, Белгородской и Ростовской областях (Салаир, Княжич и Вакула во все годы исследований). Гербициды вносили ручными малообъемными опрыскивателями (Рези-

стент, Соло и др.). Норма расхода рабочей жидкости составляла 200-300 л/га.

Серия опытов в каждом регионе состояла из трех связанных опытов с внесением 1,0; 1,25; 1,5 и 1,75 л/га гербицида Унико, ККР в три срока: в фазе кушения – начала выхода в трубку; в фазе появления флагового листа и в фазе колошения зерновых культур. Схема опыта с обработкой в самой ранней фазе была дополнена двумя вариантами с гербицидом-эталон Деметра, КЭ (0,43 и 0,57 л/га).

Учеты сорных растений проводили количественным методом с подсчетом числа отдельных экземпляров каждого вида растения на учетных площадках (как правило, использовали 4 учетные площадки размером 0,25 м², выделяемые на каждой делянке опыта с помощью рамок соответствующего размера). Учеты засоренности посевов проводили в 4 срока: 1-й – до обработки (исходная засоренность), 2-й – через 30 дней после обработки, 3-й – через 45 дней после обработки, 4-й – перед уборкой урожая.

Эффективность препарата определяли по отношению к необработанному контролю по формуле:

$$\mathcal{E} = (K - B) / K100,$$

где $\mathcal{E}$ – эффективность действия гербицида, %; K – количество сорняков в контроле, экз./м²; B – количество сорняков в варианте с гербицидом, экз./м².

Учет урожая в большинстве опытов осуществляли вручную, методом пробных снопов с площади 1 м² на каждой делянке опыта. В Белгородской области уборку проводили комбайном Сампо-2010. Статистическая обработка данных осуществлена методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Использование гербицида Унико, ККР в ранние фазы роста и развития зерновых культур даже в минимальной дозе применения (1,0 л/га) обеспечивало очищение посевов зерновых культур на уровне 66,4-83,4%, что было более предпочтительным, чем действие 0,43 л/га эталона Деметра, КЭ (рис. 1). Увеличение дозы применения изучаемого гербицида приводило к повышению уровня его биологической эффективности до 68,8-91,0% (1,25 л/га), 72,4-95,3% (1,5 л/га) и 76,5-97,3% (1,75 л/га). Использование максимальной дозы эталона Деметра, КЭ (0,57 л/га) оказалось менее эффективным: общая засоренность посевов зерновых культур снизилась на 62,4-86,7%.

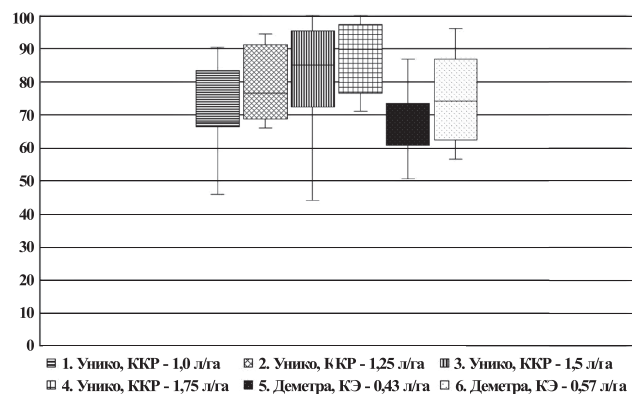


Рис. 1. Снижение общего количества сорных растений (% к контролю) при использовании гербицидов в ранние фазы роста и развития (кушение – выход в трубку) зерновых культур, 2016-2017 гг.

Следует отметить, что по данным опытов из нескольких регионов, преимущество гербицида Унико, ККР над эталоном проявлялось прежде всего в его более сильном действии на такие виды многолетних двудольных сорных растений, как осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) и бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), а также на марь белую (*Chenopodium album* L.) и щирицу запрокинутую (*Amaranthus retroflexus* L.). В отдельных регионах этот препарат превосходил эталон по влиянию на фаллопию выюнковую (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love), ромашку непахучую (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) и подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.). Особенно преимущество гербицида Унико, ККР проявилось в очищении посевов пшеницы озимой от мака-самосейки (*Papaver rhoeas* L.): в обработанных им вариантах погибали все растения этого вида.

На рис. 2 представлено изменение эффективности воздействия поздней обработки гербицидом Унико, ККР на общую засоренность посевов в сравнении с более ранними обработками. На оси абсцисс показана разница между эффективностью применения изучаемого препарата в фазы колошения и кущения (выхода в трубку), а на оси ординат – то же в фазы колошения и появления флагового листа.

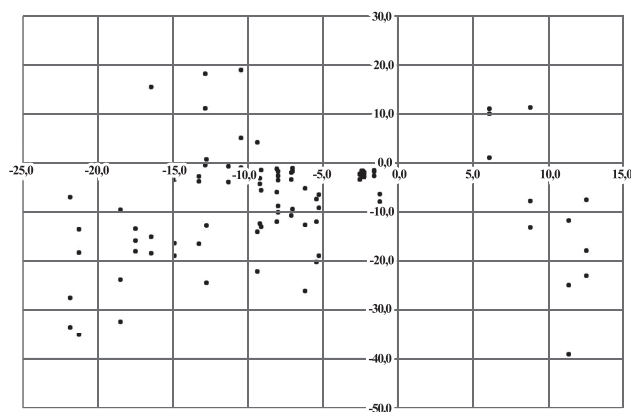


Рис. 2. Изменение эффективности воздействия поздней обработки гербицидом Унико, ККР на общую засоренность посевов по отношению к эффективности более ранних обработок, 2016-2017 гг.

В большинстве случаев наблюдали обратную зависимость между временем обработки и ее эффективностью, что полностью согласуется с общепринятой в настоящее время концепцией. Поэтому позднее внесение препаратов, как правило, требует использования их в максимально рекомендованных дозах применения. Интерес же представляют немногочисленные случаи проявления прямой зависимости между этими показателями. Рассмотрев их, мы пришли к выводу, что некоторые из них объясняются биологией вредных объектов и, в частности, выюнка полевого. Известно, что в течение лета у этого сорняка существуют два периода восходящего потока питательных веществ, когда гербициды малоэффективны (весеннее отрастание и формирование семян) и два нисходящих потока, когда гербициды более эффективны (перед цветением и после созревания семян) [16, 17]. Поскольку период появления всходов выюнка полевого растянут и зачастую растения этого вида появляются в посевах зерновых культур позднее других сорняков, наиболее уязвимые

Снижение количества выюнка полевого в посевах ячменя ярового при использовании гербицида Унико, ККР в разные фазы развития культуры (Алтайский край, 2017 г.)

Вариант	Время учета	Снижение количества, % к контролю		
		кущение – трубка	флаговый лист	колошение
1. Унико, ККР, 1,0 л/га	Через 1 мес	59	88	100
	Через 1,5 мес	71	93	-
	Перед уборкой	58	94	100
2. Унико, ККР, 1,25 л/га	Через 1 мес	70	100	100
	Через 1,5 мес	76	100	-
	Перед уборкой	79	100	100
3. Унико, ККР, 1,5 л/га	Через 1 мес	82	100	100
	Через 1,5 мес	90	100	-
	Перед уборкой	95	100	100
4. Унико, ККР, 1,75 л/га	Через 1 мес	88	100	100
	Через 1,5 мес	90	100	-
	Перед уборкой	95	100	100

для гербицидов фазы обработки могут смещаться на более поздние, чем фаза кущения, периоды [18-20].

Такую ситуацию наблюдали в 2017 г. в опытах на яровом ячмене, заложенных в условиях Алтайского края (табл.). При внесении гербицида Унико, ККР в конце фазы кущения – начале фазы выхода в трубку культуры в посевах насчитывалось до 14 экз./м² выюнка полевого с длиной побегов 10-15 см. Эффективность подавления растений этого вида при применении 1,0 л/га препарата составляла 58-71%. Повышение его дозы до 1,25; 1,5 и 1,75 л/га приводило к увеличению эффективности изучаемого гербицида в среднем соответственно на 12; 26 и 28%. В фазе появления флагового листа препарат вносили при длине побегов выюнка полевого 15-20 см, при этом эффективность минимальной (1 л/га) дозы составляла 88-94%, других доз – 100%. Использование гербицида в фазе колошения ячменя ярового при достижении растениями выюнка полевого фазы бутонизации обеспечивало полное уничтожение этого вида. В пяти из восьми регионов позднее внесение гербицида Унико, ККР способствовало достоверному сохранению урожая, что было сопоставимо с более ранними сроками его использования.

По результатам исследований можно отметить, что в целом биологическая эффективность применения гербицида Унико, ККР (1,0-1,75 л/га) в ранние фазы развития зерновых культур (кущение – выход в трубку) выше, чем гербицида-эталона Деметра, КЭ (0,43-0,57 л/га). Преимущество проявилось в более сильном влиянии на такие виды сорных растений, как мак-самосей-

ка, осот полевой, бодяк полевой, марь белая и щирица запрокинутая.

Поздние обработки (в фазе флагового листа и особенно в фазе колошения культуры) гербицидом, как правило, менее эффективны (до 25%), чем в фазе кущения культуры. Эти данные коррелируют с результатами зарубежных исследователей, полученными в последние годы [21, 22]. На наш взгляд, позднее внесение препаратов может быть оправдано, например, в нештатной ситуации в хозяйстве, когда внести гербициды в оптимальной фазе по каким-то причинам не получилось. В этом случае лучше использовать максимальные рекомендованные нормы применения препаратов.

Несмотря на снижение эффективности поздних обработок в целом, в отдельных случаях, принимая во внимание особенности биологии некоторых вредных объектов, они могут быть продуктивными. Например, при позднем появлении всходов вьюнка полевого его наиболее уязвимая для действия гербицидов фаза может приходиться на колошение культуры. Следует также отметить, что к моменту поздней обработки главную отрицательную роль в формировании будущего урожая сорняки уже сыграли, однако их уничтожение снизит потери при уборке и будет способствовать улучшению фитосанитарного состояния поля в будущем. Последнее относится главным образом к многолетним видам сорных растений, которые по вредоносности значительно превосходят однолетние сорняки [23].

Использование гербицида Унико, ККР во все сроки применения было безопасным для растений зерновых культур и в большинстве опытов обеспечивало достоверное сохранение урожая.

По результатам исследований гербицидов Унико, ККР рекомендован для использования на территории РФ в посевах пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового путем опрыскивания растений с фазы кущения до фазы появления флагового листа (озимые обрабатывают весной) в дозах применения 1,0–1,5 л/га против однолетних, в том числе устойчивых к 2,4-Д и МЦПА (2-метил-4-хлорфеноксисукусной кислоте), и многолетних двудольных сорных растений (подмаренника цепкого, гречишки вьюнковой и вьюнка полевого). При преобладании многолетних двудольных сорных растений (виды осота, бодяка, вьюнок полевой) нормы применения гербицида следует увеличить до 1,25–1,5 л/га.

Если погодные условия не позволяют провести обработку раньше срока, то допустимо вносить препарат путем опрыскивания посевов в фазе колошения культуры (с учетом чувствительности сортов) при преобладании подмаренника цепкого и вьюнка полевого (озимые обрабатывают весной). Норма применения препарата в этом случае составляет 1,5 л/га.

Литература

- Маханькова Т.А., Кириленко Е.И., Голубев А.С. Ассортимент гербицидов для зерновых культур // *Защита и карантин растений*. – 2011. – 3. – С. 16–18.
- Долженко В.И., Петунова А.А., Маханькова Т.А. Биолого-токсикологические требования к ассортименту гербицидов // *Защита и карантин растений*. – 2001. – 5. – С. 14.
- Долженко В.И., Силаев А.И. Защита растений: состояние, проблемы и перспективы их решения в зерновом производстве // *Агро XXI*. – 2010. – 7–9. – С. 3–5.
- Orr J., Canevari M., Jackson L., Wennig R., Carner R., Nishimoto G. Postemergence herbicides and application time affect wheat yields // *California Agriculture*. – 1996. – 50(4). – С. 32–36. (doi: 10.3733/ca.v050n04p32).
- Pilipavicius V. Herbicides in Winter Wheat of Early Growth Stages Enhance Crop Productivity, *Herbicides - Properties, Synthesis and Control of Weeds*, Dr. Mohammed Nagib Hasaneen (Ed.), 2012. ISBN: 978-953-307-803-8, InTech, (Available from: <http://www.intechopen.com/books/herbicides-properties-synthesis-and-control-of-weeds/herbicides-in-winter-wheat-of-early-growth-stages-enhance-crop-productivity>).
- Маханькова Т.А., Долженко В.И. Современный ассортимент гербицидов для защиты зерновых культур // *Защита и карантин растений*. – 2013. – 10. – С. 46–50.
- Кириленко Е.И., Редюк С.И., Чернуха В.Г., Свирина Н.В. Комбинированные гербициды, содержащие флорасулам, на посевах зерновых культур. Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения; сборник научных трудов. – С.-Пб.: МСХ, СПбГАУ, 2018. – С. 111–113.
- Auskalnis A., Kadzys A. Effect of timing and dosage in herbicide application on weed biomass in spring wheat // *Agronomy Research*. – 2006. – 4. – С. 133–136.
- Шпанев А.М., Лаптев А.Б., Гончаров Н.Р., Воронаев В.В. Интегрированная защита озимой пшеницы на Северо-Западе России // *Защита и карантин растений*. – 2018. – 6. – С. 28–34.
- Кириленко Е.И., Долженко В.И., Маханькова Т.А., Галиев М.С., Редюк С.И. Совершенствование ассортимента гербицидов для защиты зерновых культур / *Химический метод защиты растений. Состояние и перспектива повышения экологической безопасности. Материалы международной научно-практической конференции*. – С.-Пб.: РАСХН, ВИЗР, 2004. – С. 153–156.
- Чернуха В.Г., Кириленко Е.И., Редюк С.И., Свирина Н.В. Новый гербицид Калибр Голд, ВДГ и его применение в посевах пшеницы яровой в Ленинградской области и Алтайском крае / *Глобализация и развитие агропромышленного комплекса России. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию СПбГАУ*. – С.-Пб.: МСХ, СПбГАУ, 2014. – С. 38–40.
- Kudsk P. Optimizing herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides // *The Environmentalist*. – 2008. – 28 (1). – P. 49–55.
- Domaradzki K., Kieloch R. Possibilities of weed control in spring cereals by herbicides applied at reduced rates // *Polish Journal of Agronomy*. – 2009. – 1. – С. 9–14.
- Robinson, M. A., Letarte, J., Cowbrough, M. J., Sikkema P. H., Tardif, F.J. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) response to herbicides as affected by application timing and temperature // *Can. J. Plant Sci.* – 2015. – 95. – P. 325–333 (doi:10.4141/CJPS-2014-109).
- Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве (под ред. В.И. Долженко). – СПб, 2013. – 280 с.
- Стецов Г.Я., Садовникова Н.Н. Эффективность гербицидов против вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) в посевах яровой пшеницы в зависимости от срока обработки // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2013. – 5 (103). – С. 28–32.
- Садовникова Н.Н. Эффективность применения гербицидов против вьюнка полевого в паровом поле и посевах пшеницы в условиях Приобья Алтай. Автореф. канд. дис. – Красноярск, 2013. – 18 с.

18. Стрижков Н.И., Лебедев В.Б., Михайлин Н.В., Якушева Л.Д., Долгополов Ю.И. Вьюнок полевой и меры борьбы с ним // *Защита и карантин растений*. – 2009. – 8. – С.43.
19. Красножон С.М. Влияние элементов технологии возделывания на сорный компонент агроценоза яровой пшеницы // *АПК России*. – 2015. – 74. – С. 134-140.
20. Филиппов А.С., Немченко В.В. Оптимизация фитосанитарного состояния посевов зерновых культур с помощью разноплановых гербицидов в современном земледелии // *АПК России*. – 2017. – 24 (2). – С. 314-321.
21. Dzikowski M., Becker J., Larelle D., Kamerichs B., Gast R. Arylex™ active - new herbicide active and base for new cereals herbicides: Zypar™ and Pixxaro™ EC to control wide range of broadleaf weeds in cereals in Europe 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 23.-25. Februar 2016 in Braunschweig, 2016. (doi 10.5073/jka.2016.452.040).
22. Barros J., Calado J., Basch G., Carvalho M. Effect of different doses of post-emergence-applied iodosulfuron on weed control and grain yield of malt barley (*Hordeum distichum* L.) under Mediterranean conditions // *Journal of Plant Protection Research*. – 2016. – 56 (1). – P. 15-20.
23. Шпанев А.М. Фитосанитарное состояние посевов гречихи и потери урожая от вредных организмов на юго-востоке Центрально-Черноземной зоны // *Сельскохозяйственная биология*. – 2013. – 5. – С.106-112.

Поступила в редакцию 05.10.19

После доработки 21.10.19

Принята к публикации 23.10.19

Радиобиология

УДК:613.648.4;632.76

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-25-28

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *Oryzaephilus surinamensis*

Н.Н. Лой, кандидат биологических наук,
Н.И. Санжарова, член-корреспондент РАН, С.Н. Гулина

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,
249032, Обнинск, Калужская область, Киевское шоссе, 109 км
E-mail: loy.nad@yandex.ru

Изучено влияние разных доз и видов излучения – гамма и электронного на жизнеспособность мукоеда суринамского (*Oryzaephilus surinamensis*). Зерно ячменя, зараженное вредителем, облучали на установке ГУР-120 в диапазоне доз 150-1000 Гр (мощность дозы – 100-120 и 1800-2000 Гр/ч) и на электронном ускорителе марки «Дуэт» в диапазоне доз 200-1000 Гр (мощность дозы – 100 Гр/имп.). Установлено, что гамма-облучение мукоеда суринамского (стадия имаго) дозами 170-1000 Гр при мощности дозы 100 Гр/ч, так же, как и при дозах 150-600 Гр и мощности дозы 1800 Гр/ч, приводит к полной гибели вредителя через 15 сут. При электронном излучении полная гибель насекомого-вредителя в стадии имаго наступала через 15 сут после облучения при всех изученных дозах и мощности дозы излучения 100 Гр/имп. Скорость отмирания мукоеда суринамского после облучения зависела от дозы и мощности дозы излучения. Отмечено, что при дозе облучения 250 Гр гибель вредителя наступала через 15 сут, при 400-550 Гр (мощность – 100 Гр/ч) – через 9 сут, при 900-1400 Гр (1800 Гр/ч) – через 6 сут, однако при 1200 Гр полная гибель насекомого была через 7 сут. Проведен анализ качества облученного зерна ярового ячменя сортов Нур и Владимир. Так, гамма-облучение в дозах 200-600 Гр (мощность – 1800 Гр/ч) вызывало значимое увеличение содержания золы у сорта Нур на 4-6%, а при дозе 800 Гр – снижение этого показателя на 5,3%. Применение электронного излучения в изученном интервале доз в основном существенно не влияло на качество зерна ячменя данного сорта.

EFFECT OF IONIZING RADIATION ON RADIO SENSITIVITY *Oryzaephilus surinamensis*

Loy N.N., Sanzharova N.I., Gulina S.N.

Russian Institute of Radiology and Agroecology,
249032, Obninsk, Kaluzhskaya oblast, Kievskoe shosse, 109 km
E-mail: loy.nad@yandex.ru

The effect of different doses and types of radiation, γ and electronic, on the viability of the Suriname mucoed (*Oryzaephilus surinamensis*) was studied. The barley grain infected with the pest was irradiated on the GUR-120 unit in the dose range of 150-1000 Gy (dose rate 100-120 Gy/h and 1800-2000 Gy/h) and on the Duet electronic accelerator in the dose range 200-1000 Gy (dose rate of 100 Gy / imp). It was established that gamma irradiation of a Surinamese mucoed (imago stage) in the dose range of 170-1000 Gy and dose rate of 100 Gy/h resulted in complete death of the pest 15 days after irradiation, as well as at doses of 150-600 Gy and dose rate of 1800 Gr. The use of electron radiation showed that the total death of an insect pest in the imago stage occurred 15 days after irradiation at all studied doses and radiation dose rates of 100 Gy/imp. The rate of death of the Surinamese mucoed after irradiation depended on the dose and dose rate of the radiation. It was noted that with a radiation dose of 250 Gy, death occurred after 15 days, with doses of 400-550 Gy - after 9 days (power 100 Gy/h), when irradiated with doses of 900-1400 Gy (dose rate 1800 Gy/h) after 6 days, with the exception of a dose of 1200 Gy, where the complete death of the insect was noted after 7 days. Determining the quality of irradiated spring barley grain showed that gamma irradiation at doses of 200-600 Gy (dose rate of 1,800 Gy/h) caused a significant increase in the ash content of the Nur variety by 4-6%, and at a dose of 800 Gy, on the contrary, decreased by 5.3%. The use of electron radiation in the dose range studied did not, in the main, have a significant effect on the grain quality of barley varieties Nur.

Ключевые слова: ионизирующие излучения, выживаемость, насекомые-вредители, радиационная дезинсекция, зерно ячменя, качество зерна

Key words: ionizing radiation, survival, insect pests, radiation pest control, barley grain, grain quality

По данным ФАО, общемировые потери зерна при хранении, связанные с поражением вредителями (насекомыми и клещами), ежегодно достигают 10% [1]. В России прямые и косвенные потери зерна при хранении в отдельные годы могут составлять 15-20%. Проблемой становится заселение экспортного зерна вредителями, что приводит к необходимости его дополнительной обработки перед отправкой потребителю. Причем все страны-импортеры предъявляют строгие требования к наличию в партиях поврежденного зерна. Значительные потери отмечаются при хранении зерна Зернового интервенционного фонда. Например, в 2010 г. более 260 тыс. т оказалось зараженным. Зача-

стую вредителями оказывается заселено не только пищевое и кормовое зерно, но и семена зерновых и зернобобовых культур, используемых для посева – около 6 тыс. т в 2016 г. [2, 3]

Для обеспечения надежной дезинсекции семян в нашей стране традиционно используют химические средства – контактные инсектициды. Химические вещества (фумигация) не всегда эффективны против внутренней зараженности продуктов, а их массовое применение ведет к появлению форм вредителей, резистентных к используемым ядохимикатам [4]. Усилия многих ученых и специалистов направлены на изыскание новых методов обеззараживания семян без приме-

нения подобных веществ. Радиационная дезинсекция и дезинфекция сельскохозяйственной продукции по сравнению с существующими химическими методами имеют несомненные преимущества: исключено загрязнение окружающей среды, в облученных продуктах отсутствуют остатки ядохимикатов, экономически выгодны [5-7].

По данным МАГАТЭ, в мире усиливается интерес к использованию радиационных технологий агропромышленного профиля. В частности, в 69 странах действует разрешение на облучение более чем 80 видов продукции, около 40 стран проводят облучение пищевой продукции на постоянной основе. В настоящее время в мире создано около 220 специализированных центров по облучению сельскохозяйственной продукции и продуктов питания [8]. Мировой рынок таких услуг растет и составляет в среднем около 10% в год. В нашей стране, как и во многих странах мира, ученые также ведут исследования, связанные с возможностью применения радиации для дезинсекции зерна [9-12].

Мировым научным сообществом подготовлена большая информационная база, которая после необходимой экспериментальной апробации может быть применена в России. Требуется корректировка режимов облучения с учетом современных научно-технических достижений и международных и российских нормативных требований. Дозы, необходимые для подавления жизнедеятельности или контроля различных вредителей, зависят от многих факторов и в первую очередь от вида вредителя и стадии его развития [13-15]. Ранее мы исследовали влияние различных видов ионизирующего излучения и мощностей доз на жизнеспособность малого хрущача *Tribolium confusum* Duv [16-18].

Целью настоящей работы было изучение влияния разных доз и видов излучения – γ и электронного на жизнеспособность мукоеда суринамского (*Oryzaephilus surinamensis* L.) из семейства *Cucujidae*.

Методика. Исследования проведены на яровом ячмене (*Hordeum vulgare* L.) сортов Нур и Владимир. Зерно, зараженное вредителем, помещали в мешочки из органзы для свободного доступа кислорода и облучали на установке ГУР-120 (Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск) в диапазоне доз 150-1000 Гр при мощности дозы гамма-излучения 100-120 и 1800-2000 Гр/ч, а также на электронном ускорителе (марка «Дуэт» [19], Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск) в диапазоне доз 200-1000 Гр (мощность дозы – 100 Гр/имп.). Для измерения поглощенных доз в воздухе и материале объектов использовали современный клинический дозиметр ДКС-101 (Россия), предназначенный для измерения поглощенной и эквивалентной дозы, а также их мощности в широком диапазоне энергий фотонного и электронного излучений.

Зараженность зерна насекомыми-вредителями определяли по действующему в России ГОСТ 13586.4-83; качество зерна (содержание золы, протеинов, жира, клетчатки, сухого вещества, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) после облучения – методом диффузной отражательной спектроскопии в ближней ИК-области спектра на ИК-анализаторе «Инфрак-61» (Россия). Результаты экспериментов обработаны с применением пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 2003.

Результаты и обсуждение. Ранее в наших опытах было установлено, что гамма-облучение в интервале доз 700-1000 Гр (мощность дозы – 500 Гр/ч), а также

150-600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) приводит к полной гибели малого хрущача (*Tribolium confusum* Duv) из семейства *Tenebrionidae* (стадия имаго), заселяющего зерно ярового ячменя сорта Нур, уже через 15 сут после воздействия, при мощности дозы излучения 100 Гр/ч – через 30 сут. При использовании тормозного и электронного излучений полная гибель насекомого наступала через 15 сут после облучения при всех изученных дозах и их мощности, кроме дозы 250 Гр (тормозное излучение), при которой гибель отмечена через 30 сут [16-18].

Ингибирующее воздействие ионизирующих излучений на функциональную деятельность организма находится в прямой зависимости от дозы облучения. На величину абсолютной летальной дозы (LD_{100}), которая изменяется в широких пределах, влияют вид насекомых и стадия его развития [20-22]. Гамма-облучение мукоеда суринамского в диапазоне доз 170-1000 Гр при мощности дозы излучения 100 Гр/ч показало 100%-ную эффективность – полная гибель насекомых отмечена уже при первом учете – через 15 сут после облучения. Облучение вредителя, находящегося в зерне ячменя, на установке ГУР-120 (гамма-излучение) в диапазоне доз 150-600 Гр, но при значительно более высокой мощности дозы – 1800 Гр/ч было также эффективным по степени влияния на жизнеспособность насекомых: уже через 15 сут после облучения при всех дозах отмечена его полная гибель. Применение электронного излучения привело к полной гибели мукоеда суринамского через 15 сут после облучения при всех изученных дозах.

Анализ данных скорости отмирания вредителя (стадия имаго) после облучения показал, что время наступления гибели насекомых зависит от дозы и мощности дозы излучения. Так, при дозе 250 Гр гибель наступала через 15 сут, при 400-550 Гр (мощность 100 Гр/ч) – через 9 сут (рис. 1 а), при 900-1400 Гр (1800 Гр/ч) – через 6 сут, за исключением дозы 1200 Гр, при которой полная гибель насекомого отмечена через 7 сут (рис. 1 б). Таким образом, результаты наших исследований и данные литературы [21] свидетельствуют о высокой эффективности как гамма-, так и электронного излучения с энергией электронов 100-200 кэВ для инактивации насекомых данного вида.

При использовании ионизирующих излучений для облучения пищевой продукции одним из основных требований является сохранение ее качества и отсутствие вредных для здоровья веществ. В наших исследованиях анализ качества зерна, облученного с целью уничтожения мукоеда суринамского, оценивали в соответствии с принятыми нормами [23]. Установлено, что гамма-облучение зерна ячменя сорта Владимир в диапазоне доз 150-1000 Гр и мощности излучения 100 Гр/ч в основном не влияет на его качество (рис. 2). Облучение в дозах 200-600 Гр способствовало статистически значимому росту содержания золы в зерне на 4-6%, а при дозе 800 Гр – снижению показателя на 5,3% (рис. 2).

Гамма-облучение зерна ячменя сорта Нур в интервале доз 150-600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) достоверно увеличивало содержание сухого вещества в зерне при дозе 150 Гр и на уровне тенденции – количество протеина на 5,9-7,7%. Электронное излучение в изученном интервале доз существенно не влияло на качество зерна ячменя этого сорта по сравнению с контрольными значениями (без облучения). Однако статистически значимо снизилось содержание жира в зерне

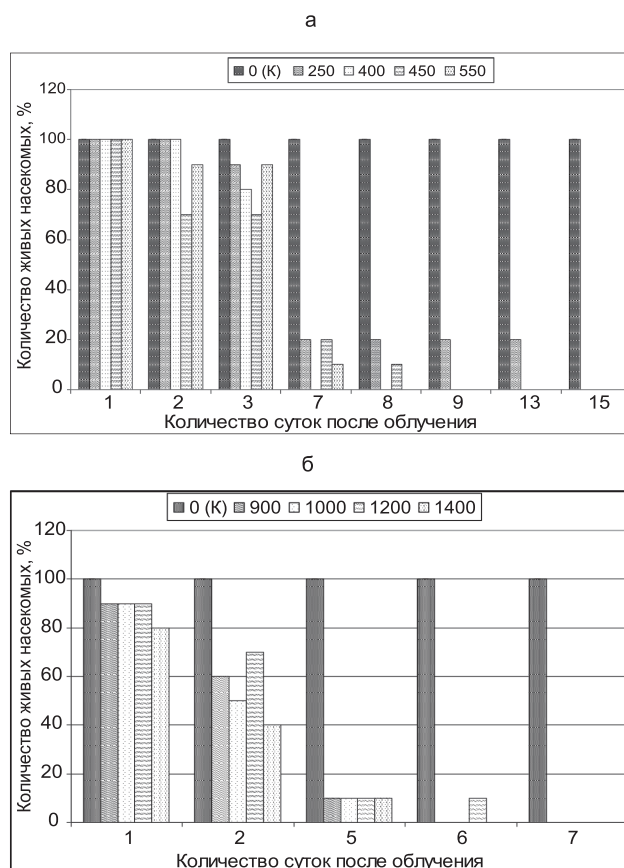


Рис. 1. Скорость отмирания мукоеда суринамского при гамма-облучении мощностью дозы 100 Гр/ч – а и 1800 Гр – б.

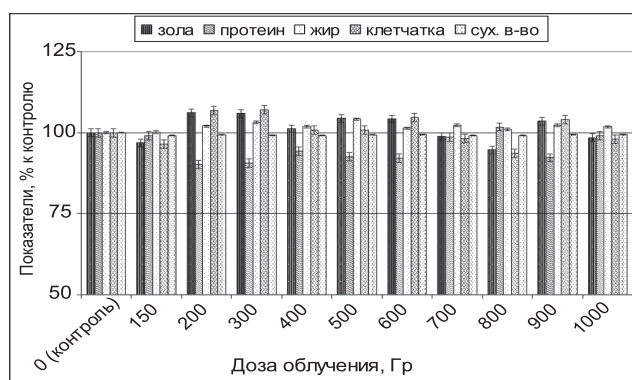


Рис. 2. Качество зерна ячменя сорта Владимир при гамма-облучении (мощность дозы – 100 Гр/ч).

на 14,6% при дозе 750 Гр и повысилось на уровне тенденции (на 11,4%) при дозе 1000 Гр.

Таким образом, скорость отмирания мукоеда суринамского (стадия имаго) после облучения находится в прямо пропорциональной зависимости от дозы и мощности дозы излучения. Гамма-облучение в дозах 200-600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) вызывало значимое увеличение содержания золы у сорта Нур на 4-6%, а при дозе 800 Гр – снижение показателя на 5,3%. Применение электронного излучения в изученном интервале доз существенно не влияло на качество зерна ячменя этого сорта.

Литература

1. Источник: <http://www.fao.org/itc/exact/sustainable-agriculture-platform-pilot-website/post-harvest-losses-management/en/>.
2. Источник: <https://dezplan.ru/article/poteri-zerna-pri-hranenii-mozhno-polnostyu-isklyuchit/>.
3. Источник: <http://www.agroinvestor.ru/markets/news/30359-rosselkhozndzor-usilil-kontrol-kachestva-zerna>.
4. Champ B.R., Dye C.E. Report of the FAO global survey of pesticides susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Production and Protection Series. Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome. – 1976. – N5. – 297 pp.
5. Tuncbilek A S. Effect of ^{60}Co gamma radiation on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz, Umweltschutz. – 1995. – 68. – P. 37-38.
6. Lapidot M., Saveanu S., Padova R., Ross I. Insect Disinfestation by Irradiation. Insect Disinfestation of Food and Agricultural Products by Irradiation. Proceedings IAEA, Vienna., 1991. – 103 pp.
7. Ahmed M. Disinfestation of stored grain, pulses, dried fruits and nuts, and other dried foods, In: "Food Irradiation Principles and Applications" (R. Molins, ed.). Wiley. – New York., 2001. – P. 77-112.
8. Санжарова Н.И., Гераскин С.А., Исамов Н.Н., Козьмин Г.В., Лой Н.Н., Павлов А.Н., Пименов Е.П., Цыгвинцев П.Н. Научные основы применения радиационных технологий в сельском хозяйстве. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2013. – 133 с.
9. Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н. Оценка эффективности применения ионизирующих излучений для дезинсекции зерна // Технологические системы и экологический риск: Тезисы докладов II Международной (XV Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 368-369.
10. Chiz T.V., Loy N.N., Pavlov A.N., Vorobyev M.S. Application of ionizing radiation for the protection of grain from pests and diseases // 6th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2018): Abstracts. – Tomsk: Publishing House of IAO SB RAS, 2018. – 675 pp.
11. Лой Н.Н. Применение ионизирующего излучения для обеспечения фитосанитарной безопасности сельскохозяйственной продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции, – Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – С. 210-214.
12. Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Павлов А.Н., Кобылко В.О., Лой Н.Н., Цыгвинцев П.Н. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции, – Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – С. 32-36.
13. Brown G.A., Brower J.H., Tilton E.W. Gamma radiation effects on *Sitophilus zeamais* and *S. granarius*. // Journal of Economic Entomology. – 1972. – 65. – P. 203-205.
14. Tilton E.W., Brower J.H. Ionizing radiation for insect control in grain and grain products. Cereal Food World, 1987. – 32. – P. 330-335.
15. Zewar M.M., Abdel-Salam C.A. Food consumption by irradiated *Sitophilus granarius* (L.) and *Rhyzopertha*

- dominica F. // *Agricultural Research Review*. – 1988. – 66. – P. 55-61.
16. Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Щагина Н.И., Миронова М.П., Губарева О.С. Влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность насекомых-вредителей и качество зерна и зернопродуктов // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2016. – №6. – С. 53-55.
17. Лой Н.Н., Гулина С.Н., Щагина Н.И., Миронова М.П. Влияние ионизирующих излучений на жизнеспособность насекомых-вредителей зерна и зернопродуктов // *Круглый стол «Применение химических веществ, ионизирующих и неионизирующих излучений в агробиотехнологиях», в рамках XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии*. – М., 21 сентября 2016. – Обнинск: ВНИИРАЭ. – С. 82-86.
18. Loy N., Sanzharova N. Application of ionizing radiation for abatement with insect pests of grain and grain products during storage // *Area-Wide Management of Insect Pests: Integrating the Sterile Insect and Related Nuclear and Other Techniques 22–26 May 2017 Vienna, Austria BOOK OF ABSTRACTS Organized by the FAO/IAEA, 22–26 May 2017*. – Vienna, Austria. – P. 305.
19. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции. – Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – 356 с.
20. Aldryhim Y.N., Adam E.E. Eacacy of gamma irradiation against *Sitophilus granaries* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). // *Journal of Stored Products Research*. – 1999. – 35. – P. 225-232.
21. Hosseinzadehl A., Shayesteh N., Zolfaghari H., Babaei M., Zarehahi H., Mostafavi H., Fatollahi H. Gamma radiation sensitivity of different stages of saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). // *Journal of Plant Protection Research*. – 2010. – V. 50. – N. 3. – P. 250-255.
22. Guy J. Hallman. Control of stored product pests by ionizing radiation. // *Journal of Stored Products Research*. – 2013. – 52. – P. 36-41.
23. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 г. N 299. Глава 2. Раздел 1. Требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — С. 6-357

Поступила в редакцию 18.07.19

После доработки 10.08.19

Принята к публикации 08.09.19

Агрохимия. Почвоведение

УДК 631.452:631.8:631.559

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-29-32

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ*

В.Р. Ямалтдинова¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
Н.Е. Завьялова¹, доктор биологических наук, **Д.С. Фомин**^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук,
М.Т. Васбиева¹, кандидат биологических наук

¹Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
614532, Пермский край, с. Лобаново, ул. Культуры, 12

²Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, Пермский край, Пермь, ул. Петропавловская, 23
E-mail: nezavyalova@gmail.com

Изучено влияние длительного применения различных систем удобрений (органической, минеральной, органо-минеральной) на агрохимические показатели дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы и продуктивность культур 8-польного парозернопропашного севооборота. Системы удобрений с их высоким насыщением (навоз 20 т/га в год, NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу) обеспечили достоверное увеличение содержания гумуса в почве с 1,97 до 2,23-2,50%, подвижного фосфора – на 120-145 мг/кг, обменного калия – на 105-163, общего азота – на 200-360, минерального – на 1,3-2,3 и легкогидролизуемого – на 53-65 мг/кг. Применение навоза крупного рогатого скота способствовало снижению гидролитической кислотности с 2,3 до 1,5-1,8, увеличению суммы обменных оснований с 18,2 до 20,8-21,9 ммоль/100 г почвы. При внесении NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год гидролитическая кислотность возросла на 1,0, сумма обменных оснований снизилась на 1,1 ммоль/100 г. Максимальная продуктивность пашни – 3,8 тыс. корм. ед./га получена при использовании систем удобрений – NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год и навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу.

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS ON FERTILITY INDICATORS OF SOD-PODZOLIC HEAVY LOAMY SOIL OF PRE-URALS

Yamaltidinova V.R.¹, **Zav'yalova N.E.**¹, **Fomin D.S.**^{1,3}, **Vasbieva M.T.**¹

¹Perm Federal Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
614532, Permskij kraj, Lobanovo, ul. Kultury, 12

²Perm State Agrarian-Technological University named after D.N. Pryanishnikov,
614990, Permskij kraj, Perm, ul. Petropavlovskaya, 23
E-mail: nezavyalova@gmail.com

The effect of long-term usage of various fertilizer systems (organic, mineral, organo-mineral) on the agrochemical indicators of sod-podzolic heavy loamy soil and the productivity of crops of eight-field crop rotation has been studied. Fertilizer systems with high saturation (manure 20 t / ha per year, NPK equivalent to manure 20 t / ha per year, manure 10 t / ha per year + NPK equivalent to manure) provided a significant increase in humus soil from 1.97 to 2.23 -2.50%, mobile phosphorus (by 120-145), exchangeable potassium (by 105-163), total nitrogen (by 200-360), mineral (by 1.3-2.3) and hydrolysable (by 53- 65 mg / kg). The usage of cattle manure contributed to a decrease in hydrolytic acidity from 2.3 to 1.5-1.8, an increase in the amount of exchange bases from 18.2 to 20.8-21.9 mmol / 100 g of soil. When NPK is applied, manure is equivalent to 20 t / ha per year, the hydrolytic acidity increased by 1.0, the amount of exchange bases decreased by 1.1 mmol / 100 g. The maximum productivity of arable land is 3.8 thousand fodder units obtained using fertilizer systems - NPK is equivalent to manure 20 t / ha per year and manure 10 t / ha per year + NPK is equivalent to manure.

Ключевые слова: системы удобрений, плодородие почвы, формы азота, урожайность сельскохозяйственных культур, дерново-подзолистая почва

Key words: fertilizer systems, soil fertility, nitrogen forms, crop yields, sod-podzolic soil

Преобладающую часть пахотных земель Пермского края занимают дерново-подзолистые почвы, характеризующиеся низким естественным плодородием. По данным центра агрохимической службы, в 2018 г. 78,6% пахотных земель в Пермском крае составляли кислые почвы, 34,1; 14 и 84% – с низким содержанием соответственно подвижного фосфора, обменного калия и органического вещества. Один из важных факторов улучшения показателей почвенного плодородия и получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур на этих почвах – научно обоснованное

применение удобрений [1-3]. Удобрения улучшают минеральное питание растений и создают благоприятные условия для формирования урожая. Однако при этом дискуссионным остается вопрос сравнительной эффективности органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения в зависимости от величины NPK. Длительные опыты позволяют изучить закономерности действия удобрений на агрохимические показатели почвы и урожайность полевых культур [4].

Цель исследований – выявить влияние длительного применения систем удобрений (минеральной, органи-

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-45-590166 p_a.

Табл. 1. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы, 2018 г.

Вариант	Гумус, %	pH _{KCl}	S	Hг	V,%	P ₂ O ₅	K ₂ O
			ммоль/100 г			мг/кг	
1. Без удобрений (контроль)	1,97	4,9	18,2	2,3	89	125	174
2. Навоз 10 т/га в год	2,24	5,3	20,8	1,8	92	180	212
3. Навоз 20 т/га в год	2,50	5,6	21,9	1,5	94	245	286
4. NPK эквивалентно 10 т/га в год навоза	2,17	4,6	17,8	2,9	86	235	203
5. NPK эквивалентно. 20 т/га в год навоза	2,23	4,6	17,1	3,2	84	261	279
6. Навоз 5 т/га в год + NPK эквивалентно навозу	2,30	4,9	17,9	2,6	87	240	250
7. Навоз 10 т/га в год+ NPK эквивалентно навозу	2,46	4,9	18,8	2,3	89	270	337
НСР ₀₅	0,14	0,3	1,0	0,3	2	81	42

Табл. 2. Азотный режим дерново-подзолистой почвы, 2016-2017 гг.

Вариант	N _{общ}	N _{мин}		N _{лг}		N _{тг}		N _{нг}	
		мг/кг	% от N _{общ}	мг/кг	% от N _{общ}	мг/кг	% от N _{общ}	мг/кг	% от N _{общ}
1	1219,8	8,3	1	160,3	13	412,3	34	638,9	52
2	1371,0	8,5	1	195,7	14	490,7	36	676,2	49
3	1420,0	10,6	1	212,8	15	502,6	35	694,0	49
4	1252,0	9,6	1	189,2	15	423,9	34	629,4	50
5	1422,0	10,1	1	217,2	15	515,9	36	678,9	48
6	1279,8	9,4	1	210,0	16	418,6	33	641,7	50
7	1579,8	9,6	1	225,1	14	528,5	33	816,6	52
НСР ₀₅	170,0	1,2	-	38,3	--	53,0	-	Fф<Fт	-

ческой и органо-минеральной) в полевом севообороте на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур.

Методика. Экспериментальная работа выполнена в 2010-2018 гг. на базе длительного полевого опыта Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, заложенного в 1969 г. Опытный участок расположен на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве с содержанием гумуса 2,16 – 2,22 %, pH_{сол.} 5,2-5,4, P₂O₅ – 125-165 мг/кг и K₂O – 170-173 мг/кг. Изучали следующие системы удобрений: органическую (насыщенность 1 га пашни навозом 10, 20 т/га в год); минеральную, в которой дозы удобрений рассчитаны по эквивалентному содержанию питательных веществ в навозе; органо-ми-

неральную, где с насыщенностью навозом 5, 10 т/га в год внесены минеральные удобрения эквивалентно содержанию питательных веществ в навозе. Повторность вариантов – 4-кратная, размещение рендомизированное. Опыт заложен в двух последовательных во времени закладках. Исследования проводили в полевом парозернопропашном севообороте с чередованием культур: пар чистый – озимая рожь – яровая пшеница с подсевом клевера – клевер 1 года пользования (г.п.) – клевер 2 г.п. – ячмень – картофель – овес.

Навоз вносили в севообороте в два приема: под рожь и картофель (разовые дозы составили 20, 40, 80 т/га). Минеральные удобрения, рассчитанные по эквивалентному содержанию в навозе, распределяли в зависимости от количества, под озимую рожь, пшеницу, ячмень, картофель, овес. На клевере изучали последствие удобрений. Химические анализы почвы выполнены общепринятыми методами [5].

Результаты и обсуждение. Длительное применение удобрений

привело к существенным изменениям агрохимических показателей почвы (табл. 1), что подтверждается результатами исследований [6-9]. Все изучаемые системы удобрений способствовали повышению содержания гумуса в почве относительно контрольного варианта. Наиболее значительный рост обеспечили органическая система удобрения с насыщением пашни навозом 20 т/га в год (на 27%) и органо-минеральные системы удобрений (на 17-25 %), что отмечено и другими учеными [10, 11].

Если в органической системе содержание гумуса увеличилось за счет гумификации навоза, то при внесении минеральных удобрений, вероятно, за счет повышения массы пожнивных-корневых остатков и использования минерального азота для формирования урожаев, что способствовало снижению минерализа-

Табл. 3. Урожайность культур и продуктивность пашни, 2010-2017 гг.

Вариант	Урожайность культур, т/га						Сбор корм.ед./га в год
	озимая рожь	яровая пшеница	клевер (1+2 г.п.)	ячмень	карто- фель	овес	
1	3,30	2,46	6,22	3,59	14,15	2,94	3044
2	3,75	2,78	6,21	3,81	17,97	3,18	3340
3	4,15	2,99	6,76	3,80	18,78	3,36	3544
4	4,00	3,40	6,38	3,83	25,32	3,36	3699
5	4,22	3,42	6,70	4,06	26,73	3,60	3841
6	4,12	3,22	7,37	3,85	24,82	3,30	3734
7	4,22	3,47	6,80	3,67	26,54	3,61	3848
НСР ₀₅	0,45	0,27	0,65	0,40	3,80	0,24	240

ции почвенного азота. Положительную роль в сохранении и накоплении гумуса играло наличие в севообороте двух полей клевера.

Системы удобрения влияли на кислотно-основное состояние почвы. Органические системы удобрений привели к снижению ее кислотности. Так, показатель реакции почвенной среды увеличился на 0,4-0,7 ед., гидролитическая кислотность снизилась на 0,5-0,8 ммоль/100 г (по отношению к контролю), похожие данные получены авторами работ [12, 13]. В этих вариантах наблюдали увеличение суммы обменных оснований на 2,6-3,7 ммоль/100 г, в результате степень насыщенности основаниями возросла с 89 до 92-94%. Применение минеральных систем удобрений обеспечило повышение гидролитической кислотности и снижение суммы обменных оснований. Максимальные достоверные изменения отмечены в варианте НРК эквивалентно навозу 20 т/га. Гидролитическая кислотность увеличилась на 1,0, сумма обменных оснований снизилась на 1,1 ммоль/100 г. Неоднозначное влияние на кислотно-основные свойства почвы оказало применение органо-минеральных систем удобрений. В варианте навоз 5 т/га в год + НРК эквивалентно навозу повысилась гидролитическая кислотность и снизилась сумма обменных оснований. Степень насыщенности основаниями уменьшилась до 87%. В варианте навоз 10 т/га в год + НРК эквивалентно навозу существенных изменений в изучаемых показателях не наблюдали.

Все системы удобрений способствовали в той или иной степени повышению содержания подвижных форм фосфора и калия в почве. Например, отмечена тенденция увеличения их содержания при насыщенности севооборота 10 т/га в год навоза на 55 и 38 мг/кг. Высокие дозы удобрений обеспечили достоверное повышение содержания подвижных форм фосфора и калия в почве соответственно на 110-145 и 76-163 мг/кг.

Один из основных факторов, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах – уровень азотного питания [14-16]. Непосредственным источником питания растений служит минеральный азот. Минеральные формы азота не представлены незначительно и составили всего 1% от количества общего азота (табл. 2). Максимальное достоверное увеличение содержания общего и минерального азота в почве отмечено в вариантах с

высоким насыщением удобрений (навоз 20 т/га в год, НРК эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + НРК эквивалентно навозу). Количество общего азота возросло на 200-360 мг/кг, минерального – на 1,3-2,3 мг/кг.

Резервом питания растений является фракция легкогидролизуемого азота в почве, содержание которой достоверно увеличилось на 33-40% в варианте с дозой навоза 20 т/га в год, внесением минеральных удобрений эквивалентно дозе навоза 20 т/га, совместном применении органических и минеральных удобрений. В содержании легкогидролизуемого азота по вариантам отмечена такая же закономерность, как и в содержании общего и минерального азота – с увеличением количества удобрений повышается содержание этих форм азота. Увеличение содержания легкогидролизуемого азота свидетельствует о тенденции улучшения азотного режима почвы.

Фракция трудногидролизуемого азота – наиболее стойкая в процессе минерализации и слабее вовлекается в круговорот. Достоверное увеличение азота этой фракции наблюдали в вариантах с органической системой удобрений, при внесении высоких доз минеральных удобрений (НРК эквивалентно навозу 20 т/га в год) и в варианте навоз 10 т/га в год + НРК эквивалентно навозу на 19-28 %.

Фракция негидролизуемого азота, представленная более стойкими к гидролизу и микробиологическому разложению органическими азотсодержащими соединениями, составляет большую часть валовых запасов азота (48-52% от общего азота). Применение удобрений существенно не влияло на содержание этой фракции азотистых соединений.

Все изучаемые системы удобрения оказали значительное воздействие на продуктивность полевых культур севооборота (табл. 3). Применение удобрений приводило к увеличению среднегодовой продуктивности пашни на 296-804 корм. ед./га (на 10-26 %). Минеральные и органо-минеральные системы удобрений, выровненные по содержанию НРК, обеспечили практически одинаковую продуктивность. Максимальный сбор кормовых единиц получен в вариантах с высоким насыщением удобрений (НРК эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + НРК эквивалентно навозу).

Все системы удобрений достоверно повысили урожайность озимой ржи (на 0,45-0,92), яровой пшеницы (0,32-1,01), картофеля (на 3,82-12,39) и овса (на 0,24-0,67 т/га). Минеральная и органо-минеральная системы удобрений обеспечили урожайность картофеля почти в 1,5 раза выше, чем органические удобрения. Максимальный прирост сена клевера в сумме за 1 и 2 г.п. (1,15 т/га) получен при насыщении пашни навозом 5 т/га в год и внесении эквивалентного количества минеральных удобрений. На ячмене достоверная прибавка выявлена в варианте с внесением НРК в дозе, эквивалентной 20 т/га в год навоза.

Таким образом, системы удобрений с их высоким насыщением питательными веществами (навоз 20 т/га в год, НРК эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + НРК эквивалентно навозу) способствовали достоверному увеличению в почве гумуса, общего, минерального и легкогидролизуемого азота, подвижного

фосфора и калия. Органические системы удобрений улучшили показатели почвенно-поглощающего комплекса почвы. Минеральные удобрения повысили гидролитическую кислотность и снизили сумму обменных оснований. Все системы удобрения увеличили продуктивность культур 8-польного севооборота на 10-26%. Максимальный сбор кормовых единиц получен при высоком насыщении пашни удобрениями (NPK эквивалентно навозу 20 т/га в год, навоз 10 т/га в год + NPK эквивалентно навозу).

Литература

1. Кайгородов А.Т. 50 лет агрохимической службе Пермского края. – Пермь, 2014. – 52 с.
2. Попова С.И., Кирякова Е.М. Пути сохранения плодородия дерново-подзолистых почв, эффективности удобрений и продуктивности земель сельскохозяйственного назначения Пермского края / Сохранение плодородия земель сельскохозяйственного назначения как национального достояния Пермского края: сборник научных статей и передовой опыт сельскохозяйственных предприятий. – Пермь: «ОТ и ДО», 2008. – С. 9-18.
3. Фомин Д.С., Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Тетерлев И.С. Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистой почве при различной землепользовании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №1 (69). – С. 16-18.
4. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьев В.А., Цыганова Н.А. Агроэкологические последствия длительного применения дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2016. – №4 – С.10-17.
5. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
6. Кукишева А.А., Наплекова Н.Н. Изменение микробоценоза дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №4. – С. 14-16.
7. Налиулин А.Н., Белозеров Д.А., Ерегин А.В. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 3–7.
8. Новосёлов С.И. Влияние агроэкологических условий на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2015. – №4. – С. 42-46.
9. Платонов И.Г., Сафонов А.Ф., Сумо В.Х. Воспроизводство агрохимических показателей плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность агроценозов после 70-летнего применения неполного удобрения // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №4. – С.8-11.
10. Корчагин А.А., Мазиров М.А. Влияние систем удобрений на динамику содержания, групповой состав гумуса серых лесных почв и продуктивность севооборотов // Вестник АГАУ. – 2014. – №5 115. – С 32-39.
11. Лапа В.В., Босак В.Н., Пироговская Г.В. Влияние органо-минеральной системы удобрения на продуктивность севооборотов и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 40-44.
12. Бельченко С.А. Влияние систем удобрения на химические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №1. – С. 22-24.
13. Козлова Л.М., Макарова Т.С., Попов Ф.А., Денисова А.В. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №1. – С. 16-18.
14. Кидин В.В., Ахметова А.Б. Трансформация аммонийного и нитратного азота в разных горизонтах дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. – 2011. – №3. – С. 7-16.
15. Пискунов А.С. Азот почвы и эффективность азотных удобрений на зерновых культурах в Предуралье. – Пермь: ПСХИ, 1994. – 135 с.
16. Якименко В.Н. Изменение содержания форм минерального азота и калия в профиле почвы агроценозов // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2009. – №328. – С. 202-207.

Поступила в редакцию 10.03.19
После доработки 30.03.19
Принята к публикации 30.04.19

ОЦЕНКА ТРЕНДОВ РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНЫХ ПАСТБИЩАХ И ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

М.М. Аличаев, кандидат сельскохозяйственных наук,
М.-Р. А. Казиев, доктор сельскохозяйственных наук, М.Г. Султанова

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан,
367014, Республика Дагестан, Махачкала, мкр. Научный городок,
ул. Абдуразака Шахбанова, 30
E-mail: niva1956@mail.ru

Целью работы была оценка трендов развития почвенных процессов на горных пастбищах и определение влияния природных условий и антропогенных воздействий на процесс деградации почв и продуктивность угодий. Обобщение материала прошлых лет и сопоставление его с данными собственных маршрутных исследований, проведенных в бассейнах крупных рек Самура, Чирахчая, Сулака и других, позволили установить главный фактор, воздействующий на тренды развития почвенных процессов в горах Дагестана – высотная поясность. Именно с ним связана не только смена климата, растительности, но и хозяйственная деятельность человека. Показано, что на почвообразование, развитие деградационных процессов в почвах влияют также направление склона и антропогенный фактор. Склоны южной и близких к ней экспозиций более сухие, снежный покров на них держится недолго, а снеготаяние бурное. По этой причине здесь растительность скудная и сильнее проявляются процессы денудации. По данным наблюдений за последние 50 лет, в почвах, находящихся в хозяйственном обороте, содержание гумуса уменьшилось на 0,5-1,2%, а в некоторых из них на 1,5-2%. Ежегодный смыв почвы в среднем составляет 12 млн т, вместе с ней выносятся примерно 50 тыс. т гумуса. Не нормированный выпас скота на пастбищах приводит к сильной выбитости, тропинчатости и изреживанию растительного покрова. Вследствие этого при уменьшении проективного покрытия почвы растительностью до 20-30% объем многолетней эрозии в 5-7 раз больше, чем при проективном покрытии 70-75%. На современные процессы почвообразования воздействуют и глобальное потепление климата, и различия водно-теплогового режима почв на склонах разных экспозиций в системе высотной поясности, и сильное развитие эрозионных процессов, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами. В целях охраны почвенных ресурсов, восстановления плодородия почв необходим комплекс противозерозионных мероприятий, включающих щелевание 1 раз в 3-4 года, упорядочение выпаса скота и равномерное стравливание с учетом экспозиций склонов.

FEATURES OF AN ESTIMATION OF DEVELOPMENT TRENDS OF SOIL PROCESSES IN MOUNTAIN PASTURES AND THE PROBLEMS OF PROTECTION AND RATIONAL USE OF SOILS

Alichayev M.M., Kaziev M.-R. A., Sultanova M.G.

IFederal agrarian scientific center of the Republic of Dagestan,
367014, Respublica Dagestan, Makhachkala, MD.
Nauchniy gorodok, ul. Abdurazaka Sakhbanova, 30
E-mail: niva1956@mail.ru

The aim of the work is to assess trends in the development of soil processes in mountain pastures and to establish the impact of natural conditions and anthropogenic impacts on the process of soil degradation and land productivity. As a result of generalization of materials of previous years and matching them with the data of the route research was carried out on the basins of major rivers Samur, Cirocha, Sulak et al. found that the main factor influencing the trends of soil processes in the mountains of Dagestan is elevation. It is connected with it not only the change of the Kli-Mat, vegetation, but also human economic activity. The direction of the slope and the anthropogenic factor also have a huge impact on the processes of soil formation and the development of degradation processes in soils. The slopes South and close to it exhibits more dry, snow on them lasts not long, but rapid snowmelt. For this reason, the vegetation here is sparse and denudation processes are stronger. According to observations over the past 50 years, the soil is in economic circulation lost from 0.5 to 1.2% of humus, and some soils humus content decreased by 1.5 and 2%. The annual soil washout averages 12 million tons, which carries away about 50 thousand tons of humus. Not normalized grazing on pastures, a real disaster, which leads to a strong visitaste, tropicality and izrazavanja vegetation. As a result, when the projective coating is reduced to 20-30%, the volume of long-term erosion is 5-7 times greater than when the projective coating is 70-75%. Modern processes of soil formation are influenced by global warming of the climate, differences in water-thermal regime of soils on the slopes of different exposures in the system of high-altitude zonation and strong development of erosion processes caused by both natural and anthropogenic factors. In order to protect soil resources and restore soil fertility, it is necessary to carry out a set of anti-erosion measures including crevice every 3-4 years, regularization of grazing and uniform grazing taking into account the exposures of the slopes. Key words: mountain, landscape, soil, vegetation, exposition, trend, pastures.

Ключевые слова: гора, ландшафт, почва, растительность, экспозиция, тренд, пастбище

Key words: mountain, landscape, soil, vegetation, exposition, trend, pastures

Горные территории относятся к наиболее уязвимым экосистемам, которые в процессе нерационального использования земель подвержены существенному преобразованию (развитию эрозионных процессов, деградации почвенно-растительного покрова и изменению биоразнообразия почв). Северный Кавказ по сочета-

нию природно-климатических условий – классический регион взаимодействия гор и равнин по биоресурсным потенциалам [1].

Горный Дагестан, который ценен в основном летними пастбищами, представляет собой сильно расчлененную сложную складчатую систему, образованную

рядами хребтов с отдельными вершинами до 2500 м и выше над уровнем моря. Более половины пастбищ расположено на эродированных склоновых землях. Однако именно эти пастбища среди естественных кормовых угодий являются наиболее ценными. На них от 100 до 130 дней выпасают большое количество поголовья крупного рогатого скота и овец.

Целью настоящей работы было изучение современного состояния почв, почвообразовательных процессов, оценка тренда развития почвенных процессов на горных пастбищах за 50 лет, а также определение влияния природных условий и антропогенных факторов на процессы деградации почв и продуктивность угодий в системе высотной поясности.

Методика. Полевые исследования проводили маршрутно-профильным методом и методом характерных «ключей» на основных типах почв, согласно общепринятым инструкциям и указаниям по проведению почвенных [2,3], почвенно-эрозионных [4,5] и геоботанических [6,7] обследований с использованием крупномасштабных карт (1:25000 и 1:50000). Использовали также данные из ранее опубликованных работ. Профильно-маршрутные исследования проводили в 2016-2019 гг. в горных бассейнах крупных рек: Самура, Чирахчая, Аварского Койсу. Маршруты проложены по хребтам и их склонам с расчетом охвата верхних горизонтов ранее изученных почв для определения изменений в их профиле и свойствах за 50 лет и более.

Средний объем смытой почвы ($\text{м}^3/\text{га}$) определяли по уменьшению мощности генетических горизонтов за этот период. По замерам струйчатых размывов рассчитывали объем смытой почвы за период стока талых вод и после выпадения одного или нескольких ливней.

Результаты и обсуждение. Первые ценные сведения о почвах горных пастбищ Дагестана приведены в

работах [8-11]. Горные районы Дагестана, занимающие более 60% площади региона, характеризуются сложным рельефом и резкой континентальностью климата. Склоны крутизной более 250 составляют 37%. Около 44% площади на каждом квадратном километре имеют овражно-балочную и речную сеть более 1 км длины, что указывает на сильную расчлененность рельефа и его предрасположенность к развитию эрозионных процессов.

В зависимости от высоты местности, рельефа меняются среднегодовое количество осадков от 430 до 600 мм и температура воздуха – от 6,1 до 6,8 °С. С увеличением высоты местности на каждые 100 м уменьшение температуры воздуха составляет -0,43°С. Количество осадков и их распределение в пределах той или иной горной системы очень разнообразно. Поэтому в качестве основного фактора, влияющего на формирование ландшафтов горных пастбищ, мы определили высотную поясность и связанные с ней изменения климатических условий.

На процессы развития почвенных процессов влияют также крутизна и экспозиция склонов. Согласно С.У. Керимханову [12], интенсивность эрозии на горных пастбищах в большей мере зависит от экспозиции склонов, чем от их крутизны и длины. С этими экологическими условиями связаны разнообразие почвенного, растительного покрова и процессы эрозии почв (табл. 1, 2).

Данные табл. 1 показывают, что смыв почвы в процессе пастбищной эрозии особенно проявляется на крутых склонах южной экспозиции с изреженным травостоем, характерным для светло-гумусовых почв. При этом роль растительности в защите почв слабая из-за недостаточного количества удерживающей влаги после осадков. Вследствие этого происходят изрежен-

Табл. 1. Количество смыва почвы в зависимости от экспозиции, крутизны склонов и степени покрытия ее растительностью

Элемент склона	Экспозиция и крутизна	Почва	Покрываемость растительностью, %			
			25	40	60	80-90
			смыв почвы, $\text{м}^3/\text{га}$			
Верх	Южная 35°	Литозем светло-гумусовый	630	440	115	нет
Середина	Южная 40°	Литозем светло-гумусовый	280	130	45	нет
Низ	Южная 40°	Литозем светло-гумусовый	230	170	190	20
Верх	Северная 35°	Литозем перегнойно темно-гумусовый	90	35	25	нет
Середина	Северная 45°	Литоземы перегнойно темно-гумусовый	190	120	55	нет

Табл. 2. Почвозащитная роль растительности

Травостой	Почва	Проективное покрытие, %	Воздушно-сухая масса, $\text{г}/\text{м}^2$		Объем многолетней эрозии, $\text{м}^3/\text{га}$
			надземная	корневая	
Низкоосоково-типчакный	Литозем светло-гумусовый	20	44,5	118,0	940
Типчакно-низкоосоковый	Литозем серогумусовый тяжелосуглинистый	45	86,0	258,0	533
Типчакный с осокой низинной	Литозем серогумусовый тяжелосуглинистый	50	76,5	282,0	320
		60	148,0	464,0	260
Низкоосоково-манжетковый овсяницево-	Литозем перегнойно темно-гумусовый	65	302,5	1336,0	210
		75	590,0	2482,0	105
Низкоосоково-манжетковый	Литозем перегнойно темно-гумусовый	70	560	1531,8	180
		75	225,0	857,5	160

ность и быстрое выгорание растительности, а непрерывно идущие в почве микробиологические процессы полностью минерализуют опад, нейтрализуя тем самым накопление гумуса. Данные обстоятельства служат причиной слабого покрытия поверхности почв растительностью, что в дальнейшем приводит к усилению эрозионных процессов в отличие от влажных склонов северной и западной экспозиций, где перегнивание корневой системы растений осуществляется медленно и создаются условия для накопления гумуса. Наши исследования показывают прямую зависимость между проективным покрытием почвы растительностью, мощностью надземной и корневой массы, видовым составом биоценозов и объемом эрозии (табл. 2).

При уменьшении проективного покрытия почвы растительностью до 20-30% объем многолетней эрозии на низкоосоково-типчаковых пастбищах был в 5-7 раз больше, чем на низкоосоково-манжетковых овсяницевых пастбищах при проективном покрытии 70-75%. Наличие в составе травостоя дерновообразующих злаков: типчака, овсяницы пестрой, осоки низкой и манжетки снижало разрушительные процессы почв за счет закрепления хорошо развитой корневой системой и образующей дерниной [13].

Другим дестабилизирующим обстановку фактором служит нерегулируемый выпас скота. Это приводит к сильной выбитости, тропинчатости и изреживанию растительности. Повышение продуктивности пастбищ на не эрозионно и слабоэрозионно опасных землях, а также их «емкости» позволит сократить выпас скота на средне- и сильно эрозионно опасных землях.

Направление горных хребтов определяет характерные различия однотипных почв. На южных и восточных склонах, сланцах и песчаниках формируются светло-гумусовые скелетные почвы, преимущественно суглинистого механического состава, а на северных и западных склонах, известняковых породах – перегнойно-темно-гумусовые тяжелосуглинистые почвы.

Морфологические признаки литозема светлогумусового карбонатного эродированного суглинистого со средне развитым профилем на пролювиальных отложениях, подстилаемых известняками из разреза, заложенного на высоте 1250 м над уровнем моря, приведены в табл. 3.

Описанный профиль характерен для горно-каштановых почв. Величина pH водной вытяжки по профилю изменяется от 6,6 до 7,3, содержание гумуса с глубиной снижается постепенно: от 1,93 до 1,22%.

Табл. 3. Профиль литозема светлогумусового, 2004 г.

Горизонт	Мощность	Описание
A1 (PJ1)	(0-7) 7	Горизонт сухой, светло-серый (2,5YR 6/1), плитчато-пылеватый, сильно уплотнен, средний суглинок, трещин нет, единичные обломки пород, корней – 7-10%, переход ясный по структуре и плотности, граница ровная
A2 (PJ2)	(7-20) 8	Горизонт свежий, серый (2,5YR 5/1), среднекомковатая структура, корней -- 2%, слабо уплотненный, средний суглинистый, обломков мало, переход заметный по плотности, граница ровная
B (AJC)	(20-40) 20	Горизонт свежий, серый, со слабым бурым оттенком (2,5YR5/2), тяжелосуглинистый, слабо оструктуренный, очень плотный, обломков – среднее количество, обломки не окатанные, до 4 см.

В вопросах охраны почв от эрозии на склоновых землях необходимо учитывать состав и почвозащитные свойства отдельных видов растительности. Причиной исчезновения некоторых видов растений может быть не только поедание их скотом, но и почвенная засуха. Имеет большое значение селективность стравливания, так как крупный рогатый скот предпочитает мягкие влажные и кислые растения, лошади – сухие опресненные, овцы и козы – солелюбивые, с резким запахом. В результате из травостоя выпадают все поедаемые растения. Степень изменения видового состава пастбищ во многом зависит и от интенсивности выпаса. В данном случае загонная пастба – важное средство регулирования и сохранения состава растительности.

Э.Н. Молчанов, Н.В. Можарова и др. [14] показали, что надежную защиту естественных кормовых угодий можно обеспечить их использованием в системе сенокосо-пастбищеоборотов с обязательным предоставлением отдыха и проведением поверхностного или коренного улучшения, предполагающего культуртехнические работы, посев или подсев трав, внесение удобрений. Нельзя допускать использования пастбищ в период, когда почва переувлажнена. Эффективным может стать и позднелетнее щелевание кормовых угодий на склонах до 150 с расстоянием между лентами до 10 м.

Для повышения биологической продуктивности всей горной экосистемы, зарегулирования поверхностного стока необходим комплекс мелиоративных мероприятий, чтобы восстановить травостой пастбищ. Заброшенные на горных склонах террасы-поля следует использовать под посевы кормовых культур, а где возможно проводить посадки многолетних насаждений [15].

Таким образом, современные процессы почвообразования на горных пастбищах Дагестана идут в условиях общего глобального потепления климата, различия водно-теплового режима на склонах разных экспозиций в условиях высотной поясности и сильного развития эрозионных процессов. Для территории характерны специфические особенности развития эрозионных процессов. Существует определенная связь эрозионной предрасположенности почвы с абсолютным уровнем территории. При других равных условиях противоэрозионная устойчивость почв возрастает с повышением высоты местности. По стойкости к эрозии основные типы почв располагаются следующим образом: литоземы светло-гумусовые, литоземы серо-гумусовые, литоземы перегнойно-темно-гумусовые, литоземы темно-гумусовые дерновые. Знание этих закономерностей позволит научно обоснованно решать вопросы оценки трендов развития почвенных процессов, разработки мероприятий для охраны и рационального использования почв.

Литература

1. Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. – М.: Наука. 1976. – 298 с.
2. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных карт землепользования. – М.: Колос, 1973. – 97 с.
3. Почвенная съемка. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – 345 с.
4. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. Том 1. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1948. – 305 с.
5. Соболев С.С. Защита почв от эрозии. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 232 с.

6. Методы полевых экологических исследований : учеб. пособие / авт. коллектив: О.Н. Артаев, Д.И. Баимаков, О.В. Безина и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014 – 412 с.
7. Боголюбов А.С. Методы геоботанических исследований. – М.: Экосистема, 1996. – 21 с.
8. Солдатов А.С. Почвенные исследования в Дагестанской АССР // Тр. отдела почвоведения Даг-ФАН СССР. Т.3. – Махачкала, 1956. – 77 с.
9. Зонн С.В. Опыт естественноисторического районирования Дагестана // Сельское хозяйство Дагестана. – 1946. – Т. 2. – С. 141-165.
10. Почвенная карта Дагестанской АССР. / Под редакцией Молчанова Э.Н., Добровольского Г.В. – М.: ГУГК, 1990.
11. Баламирзоев М.А., Аличаев М.М. Проблемы охраны и повышения плодородия почв горных территорий Дагестана. // Труды Всероссийской научной конференции, посвященной 50-летию Дагестанского отделения ВОО им. В.В. Докучаева. – Махачкала, 2012. – С. 33-37.
12. Керимханов С.У. О влиянии экспозиции склонов на размещение почв в горном Дагестане // Почвоведение. – 1973. – № 2. – С. 3-10.
13. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М.-Р., Аджиев А.М. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. – Махачкала: Даг. кн. изд., 2008. – 336 с.
14. Молчанов Э.Н., Можарова Н.В., Стасюк Н.В., Федоров К.Н. Почвенный покров Дагестанской АССР. (Пояснительный текст к почвенной карте Дагестанской АССР). – М.: ГУГК, 1990. – 27 с.
15. Казиев М.-Р. А., Аличаев. М.М. Меры предотвращения деградации земель сельскохозяйственного назначения в предгорьях Дагестана // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – №4. – С. 49-52.

Поступила в редакцию 18.03.19

После доработки 05.07.19

Принята к публикации 02.09.19

Животноводство

УДК 636.4.084.1+636.4.087.74

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-37-41

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ И ФОРМ ХЕЛАТНЫХ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАТОВ НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА И ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОТКАРМЛИВАЕМОГО МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ

М.Г. Чабаяев, Р.В. Некрасов, доктора сельскохозяйственных наук,
Н.И. Стрекозов, академик РАН,
Е.Ю. Цис, М.И. Клементьев, кандидаты сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр животноводства –
ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
142132, Московская область, Дубровицы
E-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru

В научно-хозяйственном опыте на откармливаемом молодняке свиней определена целесообразность скармливания различных уровней и форм хелатных металлопротеинов, включающих органические и неорганические соединения меди. Подопытным животным контрольной группы скармливали комбикорм, который обогащен сернокислой медью из расчета 40 г на тонну. Поросята 1-й опытной группы получали комбикорм с указанным элементом (в форме сернокислой меди) в дозе 20 г/т. Животные 2-й и 3-й опытных групп в составе комбикорма получали хелатные соединения меди в количествах 50 и 100 г/т. Исследованиями установлено, что оптимальной нормой ввода органической меди в комбикорма откармливаемого молодняка свиней является 50 г/т, обеспечивающей повышение на 1,81% переваримость протеина и, как следствие, увеличение на 4,5% среднесуточных приростов живой массы, на 2,2% – выхода мяса в туше. Существенное отложение железа, меди, цинка, марганца отмечено в печени, длинной мышце спины, большеберцовой кости у подопытных животных, получавших в составе комбикормов указанные микроэлементы. Гистологические срезы слизистой тонкого отдела кишечника показали, что использование органической меди способствует усиленному росту ворсинок, крипт, повышая тем самым переваривающую и всасывающую способность этого участка желудочно-кишечного тракта. Происходит интенсификация биохимических процессов крови и тканей печени и желудка, что способствует повышению на 4,5% продуктивного потенциала молодняка свиней.

INFLUENCE OF VARIOUS LEVELS AND FORMS OF CHEMICAL METAL PROTEINS ON PRODUCTIVE QUALITIES AND EXCHANGE PROCESSES OF GROWING YOUNG PIGS

Chabaev M.G., Nekrasov R.V., Strekozov N.I., Tsis E.Yu., Klementyev M.I.

Federal Science Center for Animal Husbandry,
142132, Moskovskaya oblast, Dubrovitsi
E-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru

In the scientific trial with young pigs on fattening, advantages of different levels and forms, including organic and inorganic copper compounds, has been determined. Animals in the control group were fed compound feeds with copper sulphate at the rate 40 g. per ton of feed. The pigs in the 1 st trial group received compound feeds with copper (in the form of copper sulphate) at a dose of 20 g/t of feed. Animals in the 2 nd and 3rd trial groups received compound feeds with copper in the form of chelated. Studies have found that the optimal inclusion rate of organic copper in the feed for young pigs on fattening is 50 g/t, providing 1.81% higher of digestibility of protein and, as a result, an increase of average daily weight gain on 4.5% and higher meat yield on 2.2%. Significant (%) deposition of iron, copper, zinc, manganese in the liver, longest back muscle, tibial bone in animals treated with the specified trace elements in the composition of animal feed. Histological sections of the mucous membrane of the small intestine showed that the use of organic copper contributes to the enhanced growth of villi, crypts, thereby increasing the digestive and absorption capacity of the small intestine. There is an intensification of biochemical processes in the blood and tissues of the liver and stomach, which contributes to a 4.5% increase in the productive potential.

Ключевые слова: хелатные соединения меди, переваримость, продуктивность, гистологические срезы, печень, тонкий отдел кишечника, желудок

Key words: copper chelate compounds, digestibility, productivity, histological sections of the liver, small intestine, stomach

Медь является одним из ключевых микроэлементов, участвующих в процессах кроветворения, тканевого дыхания, входит в состав ферментов оксидаз, супероксиддисмутаз, стимулирует гормоны гипоталамуса [1]. Под влиянием меди в присутствии железа ускоряется образование гемоглобина, увеличивается число, размер эритроцитов, фагоцитарная активность лейкоцитов, а также повышается кислород-связывающая способность крови [2-4].

Недостаток меди в организме растущих свиней приводит к снижению в крови уровня железа, гемоглобина, эритроцитов и увеличению эозинофилов [5]. В

современных нормативных справочных материалах балансирование количества меди для молодняка свиней осуществляется за счет ее неорганической формы – сернокислой меди [6-9]. В последнее время проведен ряд интересных исследований по эффективности использования этого элемента в органической форме в системе функционального питания свиней. Медь этой формы обладает достаточным физиолого-биохимическим воздействием на продуктивный потенциал растущего молодняка [10-13].

Целью исследований было установить оптимальную норму органической меди для молодняка свиней

Табл.1. Продуктивность откармливаемого молодняка свиней

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Живая масса, кг:				
в начале откорма	30,8±0,2	31,0±0,2	30,8±0,2	30,8±0,2
в конце откорма	98,8±1,64	97,8±1,54	101,9±1,84	99,1±2,77
Абсолютный прирост живой массы, кг	68,0	66,8	71,1	68,3
Среднесуточный прирост живой массы, г	800±18,1	786±20,5	836±20,5	803±34,4
В % к контрольной группе	100,0	98,3,4	104,5	100,4
Затрачено на 1 кг прироста:				
ЭКЕ	4,33	4, 41	4,13	4,30
переваримого протеина, г	397	404	379	394
Затрачено комбикорма на 1 кг прироста живой массы, кг	3,3	3,4	3,2	3,3

и определить ее влияние на интенсивность роста, использование питательных веществ кормов, формирование мышечной ткани и ее качество.

Методика. Исследования проведены в условиях агрофирмы «Ялтау» Лениногорского района Республики Татарстан на массиве животных, включающем 160 голов молодняка свиней крупной белой породы 97-дневного возраста. Для опыта сформированы с учетом возраста и живой массы 4 группы животных по 40 голов в каждой. Продолжительность откорма составила 85 дней. Групповое кормление подопытных животных осуществлялось полнорационными комбикормами типа СК-5 в первый и СК-6 – во второй период откорма. Молодняку контрольной группы скармливали комбикорм, в состав которого входила серноокислая медь из расчета 40 г/т (в пересчете на чистый элемент 10 г/т комбикорма). Животные 1-й опытной группы получали комбикорм с серноокислой медью в количестве 20 г/т (5 г/т в пересчете на чистый элемент). Свиньи 2-й и 3-й опытных групп в составе корма получали органическое соединение меди 50 и 100 г/т (5 и 10 г/т в пересчете на чистый элемент), соответственно.

В научно-хозяйственном опыте учитывали расход кормов, затраты их составляющих (обменной энергии, питательных веществ) на единицу продукции. Интенсивность роста молодняка контролировали путем его взвешивания при постановке и через каждые 15 дней опыта. В конце эксперимента на трех животных из каждой группы проведен балансовый опыт по определению переваримости питательных веществ комбикормов, включающих различные формы и уровни медьсодержащих добавок [14]. При достижении съемной массы 98,5-101,8 кг было убито по 3 головы из контрольной и 2-й опытной группы. Содержание микроэлементов (марганца, меди, цинка, железа) в печени, длиннейшей мышце спины, большеберцовой кости свиней определяли фотометрией и атомно-абсорбционным методом с использованием

стандартной методики МУГКСЭНО 1-19/47-11-92 [15]. Сделаны гистосрезы внутренних органов пищеварения: печени, желудка, тонкого отдела кишечника для изучения их гистологических особенностей [16].

Цифровой материал, полученный в эксперименте, обработан биометрически с использованием метода дисперсионного анализа (ANOVA), посредством программы STATISTICA (version 10, StatSoft, Inc., 2011).

Результаты и обсуждение. Использование в системе функционального питания откармливаемого молодняка свиней 50 г/т комбикорма органического соединения меди позволило повысить на 4,5% интенсивность роста подсвинков при сниженной на 4,7% затрате кормов на единицу прироста по сравнению со сверстниками контрольной группы, получавшими серноокислую медь в количестве 40 г/т (табл. 1).

Повышение доли органического соединения меди с 50 до 100 г на тонну корма обусловило небольшую (3,9%) депрессию интенсивности роста. Это свидетельствует о том, что уровень 50 г/т комбикорма полно-

Табл. 2. Коэффициенты переваримости питательных веществ, %

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Сухое вещество	77,44±0,25	76,96±0,18	77,86±0,43	77,36±0,22
Органическое вещество	80,04±0,19	79,27±0,11**	80,70±0,40	79,98±0,16
Протеин	77,94±0,18	77,16±0,21*	78,97±0,25**	77,90±0,27
Жир	31,14±3,37	30,94±2,92	33,51±3,59	31,11±0,76
Клетчатка	39,14±0,81	38,99±0,64	42,12±1,56	39,04±0,79
БЭВ	85,74±0,14	85,06±0,19*	86,05±0,59	85,63±0,11
* P< 0,01; **P< 0,05				

**Табл. 3. Результаты контрольного убоя
подопытных животных, %**

Показатель	Группа	
	контрольная	2-я опытная
Предубойная живая масса, кг	98,5±0,66	101,8±0,17*
Выход туши, %	61,9	64,0
Убойная масса, кг	80,1±1,64	83,4±0,37
Убойный выход, %	81,3	81,9
Масса охлажденной туши, кг	60,1±1,40	62,3±0,34
В том числе:		
мясо, кг	37,60±0,37*	39,23±0,31
%	62,56	62,97
Площадь мышечного глазка, см ²	33,0±0,72	34,9±0,61
Толщина шпика, мм:		
на холке	25,3±1,42	25,9±1,56
над 6-7 позвонком	25,3±1,53	26,7±1,66
на крестце	23,6±0,68	25,1±0,49
* P < 0,05		

**Табл. 4. Содержание микроэлементов в про-
дуктах убоя, мг/кг**

Микроэлементы	Группа	
	контрольная	2-я опытная
Печень		
Железо	108,0±5,81	117,0±1,37
Медь	22,47±1,40	26,74±0,61*
Цинк	185,0±2,73	198,0±1,02*
Марганец	14,0±1,37	15,0±0,68
Длиннейшая мышца спины		
Железо	26,38±5,6	28,65±5,8
Медь	3,19±0,10	3,49±0,53
Цинк	59,95±1,45	62,12±7,74
Марганец	1,14±0,29	1,40±0,72
Большеберцовая кость		
Железо	17,86±3,22	18,62±3,39
Медь	12,67±1,26	14,00±2,05
Цинк	110,97±5,71	127,93±1,30 *
Марганец	4,78±0,61	5,29±0,76
* P < 0,05		

стью удовлетворяет потребности откармливаемого молодняка свиней в этом микроэлементе, такой уровень меди рекомендуют также В.А. Кокорев (1990), А.П. Калашников с соавторами (2003) [17,3].

Изучено влияние органической и минеральной форм меди на переваримость питательных веществ комбикормов (табл. 2).

Органическая форма меди в количестве 50 г/т комбикорма способствовала достоверному повышению на 1,81% переваримости протеина по сравнению с результатом контрольной группы.

Биохимические показатели сыворотки крови, такие как уровень общего белка, его фракций, мочевины, глюкозы, ферментов аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы, кальция, фосфора у откармливаемого молодняка во все периоды соответствовали физиологической норме.

Контрольный убой животных, достигших съёмной массы, свидетельствует, что органическая форма меди в составе комбикормов 2-й опытной группы обусловила незначительную тенденцию к повышению на 3,35% предубойной живой массы и на 2,2 кг массы охлажденной туши по сравнению с результатами животных контрольной группы (табл. 3). В охлажденной туше молодняка 2-й опытной группы было больше мяса на 1,63 кг по сравнению с контролем.

Органическое соединение меди в количестве 50 г/т комбикорма усилило отложение микроэлементов (железа, меди, цинка, марганца) в печени, длиннейшей мышце спины, большеберцовой кости (табл. 4).

При анализе гистологических срезов слизистой оболочки тонкого отдела кишечника у животных 2-й опытной группы (рис. 1) отмечена складчатость слизистой оболочки с хорошо выраженными ворсинками с глубокими криптами и выстлана цилиндрическим каемчатым эпителием. Слизиобразующие клетки, волокна соединительной ткани тонкие, собственная пластинка слизистой оболочки выражена хорошо. В подслизистом слое тонкой кишки – собственные железы с хорошо выраженной секрецией по типу пилорических. Мышечная оболочка тонкая, между слоями нервные стволы. Гладкие миоциты окружены тонкими коллагеновыми волокнами, сосуды без признаков полнокровия, с дифференцированной стенкой.

У поросят контрольной группы, получавших комбикорма, обогащенные премиксом с включением сернокислой меди, в гистологических срезах тонкого отдела кишечника в строении ворсин отмечено слабо выраженное полнокровие тонкостенных капилляров, клетки гистиоцитарного ряда с включением единичных клеток лимфоидного ряда.

Гистологические срезы печени (рис. 2) – важнейшего органа, участвующего в обмене веществ, подтвердили, что у животных как контрольной, так и опытной группы функциональное состояние соответствовало нормативным показателям. Дольки многоугольной формы, различных размеров, окруженные соединительно-тканевыми прослойками. Синусоиды полнокровны, гепатоциты с зернистой и вакуолизированной цитоплазмой, расположены правильно, встречаются двуядерные гепатоциты, в основном, на периферии долек. Соединительная ткань представлена тонкими прослойками портальных трактов, крупные сосуды без признаков полнокровия, в желчных протоках отдельных долек присутствует билирубин. Гепатоциты с выраженной зернистостью и вакуолизацией цитоплазм расположены в порядке балок. В желчных капиллярах

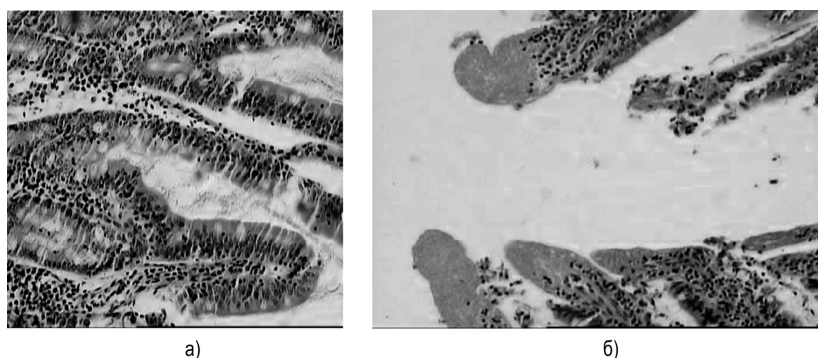


Рис. 1. Гистологические срезы тонкого отдела кишечника у животных: а) контрольной группы, б) 2-й опытной группы.

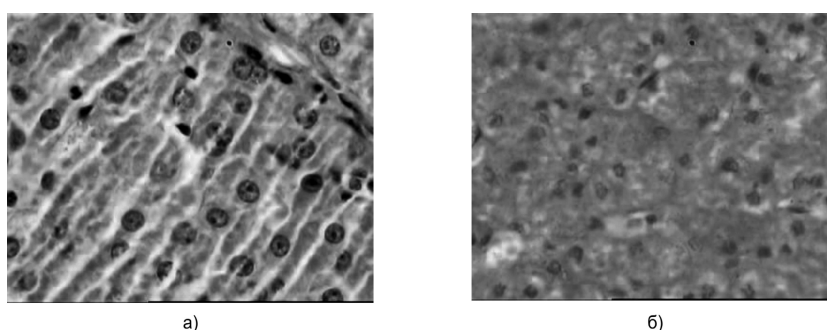


Рис. 2. Гистологические срезы печени у животных: а) контрольной группы, б) 2-й опытной группы.

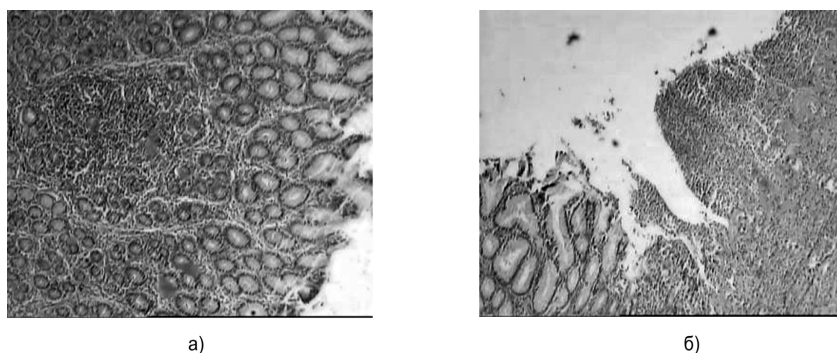


Рис. 3. Гистологические срезы слизистой оболочки желудка у животных: а) контрольной группы, б) 2-й опытной группы.

выраженное количество билирубина, в отдельных мелких желчных протоках также находится билирубин. Вместе с тем, замена в составе премикса минерального соединения меди (сернокислая медь) на органическую (хелатное соединение меди) обусловило четкое выражение конфигурации печени без ее патологических изменений. В печеночных клетках цитоплазма розовая, без патологических включений и инфильтрации.

Слизистая оболочка желудка свиней контрольной и опытной групп (рис. 3), имеет хорошо выраженную складчатость, с высокими ворсинками, которые выстланы цилиндрическим эпителием, число слизистых клеток значительно снижено. Ямочный эпителий с небольшими светлыми железами, окруженными тон-

кими прослойками соединительной ткани. Строма рыхлая, наблюдается выраженное полнокровие капилляров и венозных сосудов. Мышечная оболочка толстая, состоящая из нескольких слоев продольных и поперечных мышечных пучков. Соединительнотканые прослойки разных размеров, включая толстые, которые выражены достаточно хорошо.

Таким образом, использование в системе функционального питания растущего молодняка свиней органической меди в количестве 50 г/т позволило достоверно повысить переваримость сырого протеина на 1,81% с одновременным увеличением среднесуточного прироста живой массы на 4,5% и усилило отложение микроэлементов в печени, длиннейшей мышце спины, большеберцовой кости. В охлажденной туше молодняка, получавшего органическое соединение меди, было на 1,63% больше мышечной ткани.

Литература

1. Войнар А.О. Биологическая роль микроэлементов в жизни животных и человека. – Челябинск: Южно-Уральское изд-во, 1967. – 372 с.
2. Бала Ю.М., Лифшиц В.М. Микроэлементы в клинике внутренних болезней. Монография. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1973. – 140 с.
3. Калашиников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 2003. – 456 с.
4. Простокишин А.С., Краснощекова Т.А., Туаева Е.В., Бабухадия К.Р., Плотников Н.Б. Оптимизация кормления молодняка крупного рогатого скота и кур путем использования нетрадиционных кормов и хелатных соединений нормируемых микроэлементов // Зоотехния. – 2015. – № 3. – С. 14-15.
5. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – 136 с.
6. Шустов В.Я. Микроэлементы в гематологии. – М.: Медицина, 1967. – 159 с.
7. Liu B., Xiong P., Chen N. Effects of Replacing of Inorganic Trace Minerals by Organically Bound Trace Minerals on Growth Performance, Tissue Mineral Status, and Fecal Mineral Excretion in Commercial Grower-Finisher Pigs // Biological Trace Element Research. – 2016 – V.173(2). – P. 316-324.
8. Pastorelli G., Rossi R., Zanardi E., Ghidini S., Corino C. Two different forms and levels of CuSO₄ in piglet feeding: Liver, plasma and faeces copper status //

- Journal of Animal and Feed Sciences*. – 2014. – V. 23(1). – P. 52-57.
9. Sharvadze R.L., Krasnoshchekova T.A., Perepelkina L.I., Samuylo V.V., Kurkov Y.B. Use of chelated forms of microelements contained in natural food resources in feeding animals within the territory of the Amur River region // *EurAsian Journal of BioSciences*. – 2018. – V. 12(1). – P. 143-148.
10. Кальницкий Б.Д., Стеценко И.И. Метаболизм и биологическое значение хелатных соединений микроэлементов в организме животных // *Мат. Всес. совещ. ВНИИФБиП с.-х. животных*, 1987. – С. 90-94.
11. Надеев В.П., Чабает М.Г., Некрасов Р.В. Органические микроэлементы для промышленного свиноводства // *Комбикорма*. – 2013. – №6. – С.77-79.
12. Lee S.H., Choi S.C., Chae B.J., Lee J.K., Acda S.P. Evaluation of Metal-Amino Acid Chelates and Complexes at Various Levels of Copper and Zinc in Weanling Pigs and Broiler Chicks // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* – 2001. – V.14 (12). – P. 1734-1740.
13. Шулаев Г.М., Добрынин В.М. Биоплексы микроэлементов в составе премиксов для молодняка свиней // *Свиноводство*. – 2009. – №8. – С.30-31.
14. Томмэ М.Ф. Методики определения переваримости кормов и рационов. – М., 1969. – 39 с.
15. Ермаченко Л.А. Атомно-абсорбционный анализ в санитарно-гигиенических исследованиях. Под ред. Подуновой Л.Г. / Методическое пособие. – М.: Изд-во «Чувашия», 1997. – 207 с.
16. Дроздова Л.И., Пузырников А.В. Сравнительная морфология органов пищеварительной системы у свиней промышленного и фермерского хозяйств // *Аграрный вестник Урала*. – 2017. – №.2(156). – С. 27-32.
17. Кокорев В.А. Биологическое обоснование потребности супоросных свиноматок в макроэлементах / под ред. С.А. Лапина. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та: Саран. фил., 1990. – 172 с.

Поступила в редакцию 15.04.19

После доработки 20.05.19

Принята к публикации 03.06.19

ШЕРСТНАЯ И МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВЕЦ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ ХАНГИЛЬСКОГО ТИПА

Т.Н. Хамируев, Б.З. Базарон, кандидаты сельскохозяйственных наук,
И.В. Волков

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири –
филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН,
672010, Забайкальский край, Чита, ул. Кирова, 49
E-mail: tnk0979@mail.ru

Изучена шерстная и мясная продуктивность тонкорунных овец забайкальской породы хангильского типа. Установлено, что по классному составу овцы на 33,5% соответствуют классу элита, на 59,1 – первому и на 7,4% – второму классу. Тонкорунные бараны-производители хангильского типа превосходят стандарт породы по живой массе на 28,9%, бараны ремонтные – на 38,7, овцематки – на 30,0 и ярки – на 18,9%, по настригу мытой шерсти – на 42,6; 24,0; 22,7 и 38,9% соответственно. Изучение качественных показателей тонкой шерсти показало, что у производителей она соответствует 60 качеству, у овцематок, баранчиков и ярков – 64. Фактор комфорта шерсти был наиболее высоким у баранов-производителей и составил 86,1%, что выше, чем у баранов ремонтных, на 6,1, у овцематок – на 3,1 и у ярков – на 5,4%. Коэффициент корреляции между тониной шерсти и ее извитостью, а также между тониной и фактором комфорта был у особей всех половозрастных групп отрицательным и находился на достаточно высоком уровне. Положительная корреляция средней интенсивности выявлена между показателями извитости шерсти и фактором комфорта ($r=0,274-0,652$). Результаты контрольного убоя тонкорунных баранчиков в возрасте 6 месяцев свидетельствовали о высокой мясной продуктивности. Так, убойная масса составила 16,7 кг, убойный выход – 46,3%, выход мяса первого сорта – 91,0%, коэффициент мясности – 3,4.

WOOL AND MEAT PRODUCTIVITY OF SHEEP ZABIKALSKY BREED OF KHANGIL TYPE

Khamiruev T.N., Bazaron B.Z., Volkov I.V.

Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia –
branch Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Zabaykalsky kr., Chita, ul. Kirova, 49
E-mail: tnk0979@mail.ru

As a result of the conducted research, it was established that, by the class composition, sheep of the Transbaikalian breed of the Khangil type by 33.5% correspond to the elite class, by 59.1 - to the first class and by 7.4% - to the second class. Fine-fleece sheep of the Khangil type surpass the breed standard by live weight by 28.9%, repair sheep by 38.7, uterus by 30.0 and bright by 18.9%, by washed wool by 42.6; 24.0; 22.7 and 38.9%, respectively. The study of the quality indicators of fine wool showed that it corresponds to 60 quality for manufacturers, for queens, rams and bright - 64. The factor of comfort was higher in manufacturing rams and amounted to 86.1%, which is higher than repair rams by 6, 1, for queens - by 3.1 and bright for 5.4 abs.%. The correlation coefficient between the fineness of wool and its crimpiness, as well as between the fineness and comfort factor in individuals of all sex and age groups is negative and is at a fairly high level. Note the positive correlation of the average intensity between the indicators of the crimpiness of the wool and the comfort factor ($r = 0.274-0.652$). The results of the control slaughter of fine-fleece rams at the age of 6 months indicates their sufficiently high meat productivity. So, the slaughter mass in fine-fleeced individuals is 16.7 kg, the slaughter yield is 46.3%, the yield of first-grade meat is 91.0%, the meatiness ratio is 3.4.

Ключевые слова: овцы, забайкальская порода, хангильский тип, шерстная продуктивность, настриг шерсти, качество шерсти, тонины шерсти, мясная продуктивность

Key words: sheep, Transbaikalian breed, Khangil type, wool productivity, wool cutting, wool quality, wool fineness, meat productivity

Важным условием в деле совершенствования племенных и продуктивных качеств овец является создание внутрипородных типов, а в разрезе отдельных племенных стад – высокопродуктивных селекционных групп. Необходимость создания внутри отдельного стада генетически однородных животных вызывается тем, что порода или отдельное ее стадо не могут быть усовершенствованы сразу по всей массе, поэтому целесообразно сначала улучшить какую-то ее часть, а затем это улучшение распространить на все стадо или всю породу.

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включает 15 пород и 10 типов тонкорунных овец [1]. И.М. Дунин с соавторами [2] сообщает, что в сельскохозяйственных

организациях Российской Федерации разводят 13 тонкорунных пород овец, численность которых составляет 2339,5 тыс. голов. Авторы отмечают, что за 15-летний период доля тонкорунных овец от общего поголовья снизилась на 23,9%.

За последние 15 лет создано и включено в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2 породы и 4 типа тонкорунных овец [1]. В Ставропольском крае выведена порода российский мясной меринос [3]. В Забайкальском крае за этот период создано 3 селекционных достижения в забайкальской породе – аргунский и догойский типы мясо-шерстного направления и хангильский тип шерстно-мясного направления продуктивности [4-6].

Создание новых генотипов и породных групп овец

в специфических эколого-географических условиях Забайкалья, обладающих теми или иными биологическими особенностями и продуктивными качествами, предусматривает применение различных методов межпородного скрещивания с целью получения помесных животных желательного типа с заданными параметрами продуктивности для дальнейшей селекции. Тонкорунное овцеводство в регионе является эффективной отраслью пастбищного животноводства и источником производства качественной мериносовой шерсти, овчинного сырья, молодой баранины и ягнятины. В тонкорунном овцеводстве селекция овец на создание животных, гармонично сочетающих шерстные и мясные признаки, имеет, несомненно, перспективу и в дальнейшем обеспечит повышение рентабельности отрасли [7].

В настоящее время практически во всех странах с развитым овцеводством делается упор на производство мяса ягнят и молодой баранины, которое в общей стоимости валовой продукции отрасли занимает более 90%. Основным убойным контингентом является растущий молодняк, молодая баранина отличается превосходными органолептическими качествами и питательными свойствами, которые зависят от возраста животных и условий их выращивания [8,9].

Цель исследований – изучить шерстную и мясную продуктивность тонкорунных овец забайкальской породы хангильского типа.

Методика. Экспериментальная часть работы выполнена в племенном заводе АК «Цокто-Хангил» Агинского района Забайкальского края. Материалом для исследований послужили тонкорунные овцы желательного типа забайкальской породы хангильского типа.

Оценка племенных качеств проведена в соответствии с «Порядком и условиями проведения бонитировки племенных овец тонкорунных пород, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности» [10].

Для изучения мясных качеств проведен контрольный убой баранчиков в возрасте 6 мес по общепринятым методикам ВИЖ (1970, 1978).

Для оценки шерстной продуктивности проведен отбор образцов шерсти по методике ВИЖ (1969), ВАСХНИЛ (1970). Были определены настриг и выход шерсти, ее длина. Тонина, фактор комфорта (C_p) и угол наклона шерсти ($Curv$) были изучены на оптическом анализаторе ОФДА-2000 с программным обеспечением Meswin.

Биометрическая обработка полученных цифровых материалов проводилась методом вариационной статистики [11].

Результаты и обсуждение. В АК «Цокто-Хангил» содержание животных круглогодичное пастбищное, основным кормом является трава естественных угодий, подкормка овец концентрированными кормами проводится во время окота.

Овцы забайкальской породы хангильского типа крупные, крепкой конституции с хорошо развитым костяком и пропорциональным телосложением. Туловище массивное, немного растянутое. Шея нормальной длины, холка широкая, грудь глубокая и широкая, спина ровная, поясница широкая, крестец, лопатки и ляжки хорошо развиты. Ноги крепкие, широко поставлены. Кожа средней толщины, складчатость умеренная. Руно плотное, замкнутое, штапельного строения. Шерсть мериносовая прочная, упругая, эластичная. Извитость шерсти хорошо выраженная, полукруглой

формы. Жиропот стойкий, светло-кремовый и белый.

Оцененное поголовье овец хангильского внутрипородного типа отличается хорошим качественным составом. Согласно результатам бонитировки, к классу элита было отнесено 33,5, к первому – 59,1 и ко второму – 7,4% животных.

Средняя живая масса баранов-производителей составляет $103,1 \pm 2,14$, баранов-пробников – $92,2 \pm 1,87$, баранов ремонтных – $63,8 \pm 0,98$, овцематок – $62,4 \pm 0,88$, переярок – $52,5 \pm 0,49$ и ярок – $44,0 \pm 0,42$ кг. Наибольшим средним настригом чистой шерсти отличается группа основных баранов-производителей, который равен $6,7 \pm 0,10$ кг. У баранов-пробников он составил $5,7 \pm 0,07$, ремонтных – $3,1 \pm 0,02$, овцематок – $2,7 \pm 0,04$, переярок – $2,6 \pm 0,03$ и ярок – $2,5 \pm 0,04$ кг при длине шерсти равной $11,7 \pm 0,08$; $10,2 \pm 0,11$; $11,4 \pm 0,04$; $8,7 \pm 0,11$; $9,2 \pm 0,08$; $8,1 \pm 0,07$ см соответственно. Таким образом, бараны-производители имеют преимущество по живой массе над стандартом породы на 28,9%, ремонтные – на 38,7, овцематки – на 30,0 и ярки – на 18,9%, по настригу мытой шерсти – на 42,6, 24,0, 22,7 и 38,9% соответственно.

Анализ представленных в таблице 1 показателей шерстной продуктивности свидетельствует, что у баранов-производителей хангильского типа шерсть соответствует 60 качеству, у овцематок, баранчиков и ярок – 64. Изменение тонины шерстных волокон у тонкорунных овец зависит от полноценности кормления, физиологических и сезонных факторов. Так, тонина шерсти у овцематок ставропольской породы в летнее время составляет 22,2, в осеннее – 21,8, зимнее – 18,9 и весеннее – 18,3 мкм, то есть разница между весенней и летней тониной равна 3,9 мкм [12]. У овцематок советской мясошерстной породы разница между тониной шерсти в летне-осенний и зимне-весенний периоды составляет 2,1-3,2 мкм [13]. В наших исследованиях образцы шерсти были отобраны в июле во время стрижки, что, как мы считаем, могло повлиять на полученные результаты. У баранов шерсть толще, чем у овцематок, на 2,4 мкм или 10,9% ($P > 0,95$), у ремонтных баранчиков – на 2,3 мкм или 10,4% и у ярок – на 2,1 мкм или 9,4% ($P > 0,95$).

Табл. 1. Характеристика шерсти овец разных половозрастных групп (n=10)

Показатель	Группа			
	бараны-производители	овцематки	ремонтные баранчики	ремонтные ярки
Тонина шерсти, мкм	$24,4 \pm 0,57$	$22,0 \pm 0,47$	$22,1 \pm 0,62$	$22,3 \pm 0,61$
Фактор комфорта, %	$86,1 \pm 2,54$	$83,0 \pm 2,23$	$80,0 \pm 2,95$	$80,7 \pm 2,75$
Извитость, °мм	$65,9 \pm 1,52$	$61,6 \pm 1,33$	$63,8 \pm 1,67$	$61,9 \pm 2,20$
Коэффициент вариации, %	$19,2 \pm 0,70$	$18,3 \pm 0,30$	$19,1 \pm 0,73$	$19,1 \pm 1,09$

Показатель «фактор комфорта» был выше у баранов-производителей по сравнению с особями других половозрастных групп и составил 86,1%, что превосходит уровень у овцематок на 3,1, баранчиков – на 6,1 и ярок – на 5,4%. Это свидетельствует о более качественной шерсти у самцов-производителей.

Наименьший угол наклона волокон на 1 мм имеют образцы шерсти, полученные от овцематок, который

составляет 61,6 °мм. Наибольшее значение изгиба волокон отмечено у баранов-производителей (65,9 °мм). У ремонтного молодняка показатель извитости занимает промежуточное положение (61,9-63,8 °мм), что соответствует нормальной форме извитости волокон [14].

Существует мнение, что чем тоньше шерстяное волокно, тем сильнее оно извито. Однако многие авторы утверждают, что эта точка зрения может быть лишь условной, а чаще бывает просто ошибочной [12, 15]. В связи с этим, тонины шерстяных волокон и извитость шерсти у овец забайкальской тонкорунной породы следует рассматривать как отдельные селекционные признаки. В наших исследованиях коэффициент корреляции между тониной и извитостью шерсти у особей всех половозрастных групп был отрицательным. Так, у баранов-производителей он составил -0,218, -0,324 у овцематок, -0,574 у баранчиков и -0,781 у ярок, что согласуется с результатами других авторов [14]. Сопряженность между тониной шерсти и фактором комфорта у овец разных половозрастных групп также отрицательная и находится на высоком уровне (-0,911).

В свою очередь, изучение корреляционных связей извитости шерсти с фактором комфорта позволило установить достаточно высокую положительную взаимосвязь у овец всех групп. Так, наибольшая корреляция между исследуемыми признаками была выявлена у ремонтных баранчиков ($r=+0,474$), наименьшая – у баранов-производителей ($r=+0,274$).

Коэффициент вариации (C_v) характеризует относительную меру отклонения измеренного значения от среднеарифметического. Чем больше значение C_v , тем относительно больший разброс и меньшая выравненность признака. В наших исследованиях меньшим коэффициентом вариации характеризовалась тонина шерсти, полученной от самок, большим – от самцов.

Представленные в таблице 2 результаты контрольного убоя баранчиков в возрасте 6 месяцев свидетельствуют, что молодняк отличается высокими показателями мясной продуктивности: предубойная живая масса – 36,1 кг, убойная масса – 16,7 кг, убойный выход – 46,3%.

Табл. 2. Результаты контрольного убоя баранчиков (n=3)

Показатель	Значение
Живая масса перед голодной выдержкой, кг	38,1±3,12
Предубойная масса, кг	36,1±3,45
Масса парной туши, кг	16,0±2,16
Масса охлажденной туши, кг	15,5±2,39
Масса внутреннего жира, кг	0,7±0,42
Убойная масса, кг	16,7±2,80
Убойный выход, %	46,3

Баранчики породы южноказахский меринос в условиях Южного Казахстана в возрасте 8 месяцев имели предубойную живую массу 33,6-35,9 кг, убойную массу 14,41-16,39 кг и убойный выход 42,88-45,65% [16]. От баранчиков волгоградской породы в условиях Поволжья в возрасте 8 месяцев было получено 16,76-18,77 кг убойной массы при убойном выходе 42,11-43,59% [17]. И.И. Дмитрик и Е.Г. Овчинникова в своих исследованиях установили, что предубойная масса 6-месячных

баранчиков ставропольской породы в условиях Ставропольского края составила 34,62 кг, убойная масса – 16,52, убойный выход – 47,72% [18].

Изучение сортового состава туш баранчиков хангильского типа показало, что выход мяса 1 сорта составил 91%, второго – 9% (табл. 3).

Табл. 3. Сортовой состав туш баранчиков (n=3)

Показатель	Значение	
	кг	%
Масса охлажденной туши	15,5±2,39	100,0
Масса отрубов I сорта, всего	14,1±0,37	91,0
В том числе:		
лопаточно-спинной	6,6±0,19	47,1
поясничной	3,2±0,10	22,6
тазобедренной	4,3±0,26	30,3
Масса отрубов II сорта, всего	1,4±0,04	9,0
В том числе:		
зарез	0,28±0,007	20,1
предплечье	0,63±0,010	44,8
задняя голяшка	0,49±0,024	35,1

При изучении морфологического состава туш путем их обвалки получены следующие данные: масса костей составила 3,8±0,08 кг, масса мякоти – 12,8±0,11 кг, отношение массы мякоти к массе костей – 3,4±0,07.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно констатировать, что тонкорунные овцы забайкальской породы нового хангильского типа шерстно-мясного направления продуктивности при круглогодичном пастбищном содержании отличаются высокой шерстной и мясной продуктивностью. По живой массе они превосходят стандарт породы на 18,9-38,7%, по настригу мытой шерсти – на 22,7-42,6%. Убойная масса 6-месячных баранчиков составила 16,7 кг, убойный выход – 46,3%, выход мяса первого сорта – 91,0%, коэффициент мясности – 3,4.

Литература

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 2. Породы животных: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 172 с.
2. Дунин И.М., Амерханов Х.А., Сафина Г.Ф., Хатаев С.А., Григорян Л.Н., Зелятдинов В.В., Степанова Н.Г., Пронин А.В., Мороз Т.А. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации. – М., 2016. – 352 с.
3. Селионова М.И., Шумаенко С.Н., Ефимова Н.И., Суров А.И., Бобрышов С.С. Целевые индикаторы и признаки породы российский мясной меринос // Сб. научн. тр. ВНИИОК. – 2017. – Т. 2. – №10. – С. 10-16.
4. Мурзина Т.В., Вершинин А.С., Баженова Р.Н. Новый мясошерстный тип овец забайкальской тонкорунной породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – №9. – С. 50-54.
5. Билтуев С.И., Матханова А.В., Анандаев Б.Б., Жигжитов П.Б. Продуктивные качества догойского типа забайкальской тонкорунной породы овец

- // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – №3. – С. 18-22.
6. Хамируев Т.Н., Волков И.В. Новый шерстно-мясной тип в забайкальской тонкорунной породе овец – хангильский // Зоотехния. – 2015. – №4. – С. 6-7.
 7. Morris S.T. Economics of sheep production // Small Rum. Res. – 2009. – V. 86. – P. 59-62.
 8. Font I.F.M. Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers // Meat Science. – 2009. – №81(1). – P. 196-202.
 9. Resconi V.C. Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems // Meat Science. – 2009. – № 83(1). – P. 31-37.
 10. Порядок и условия проведения бонитировки племенных овец тонкорунных пород, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 60 с.
 11. Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии: учебное пособие. – Ставрополь: АГРУС, 2013. – 91 с.
 12. Ерохин А.И., Ерохин С.А. Овцеводство: учебник / Под редакцией А.И. Ерохина. – М.: Изд-во МГУП, 2004. – 480 с.
 13. Араев Х.М., Араев Х.Х. Влияние кормления и сезона года на длину и тонины шерсти овец. // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2009. – №3. – С. 45-47.
 14. Белик Н.И. Тонина шерсти и ее связь с другими хозяйственно-полезными и морфологическими признаками овец: Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. – Ставрополь, 2013. – 43 с.
 15. Трухачев В.И., Мороз В.А. Шерстование: учебник. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 496 с.
 16. Айтжанов А.Ж., Мухаметжарова И.Е., Ибраев Д.К. Мясная продуктивность баранчиков породы южноказахский меринос // Знание. – 2017. – 11-1(51). – С. 31-35.
 17. Чамурлиев Н.Г., Шперов А.С., Щелконогова А.А. Мясная продуктивность баранчиков волгоградской породы в зависимости от тонины шерсти // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №3(47). – С. 146-152.
 18. Дмитрик И.И., Овчинникова Е.Г. Мясные качества и развитие внутренних органов молодняка ставропольской породы // Сб. науч. тр. СНИИЖК. – 2010. – Т.3. – №1. – С. 35-37.

Поступила в редакцию 24.06.19
После доработки 03.08.19
Принята к публикации 20.09.19

ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТЬ И ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

М.Б. Улимбашев¹, доктор сельскохозяйственных наук,
А.М. Хуранов², кандидат ветеринарных наук,
О.А. Краснова³, доктор сельскохозяйственных наук,
М.Р. Кудрин³, Е.В. Хардина³, кандидаты сельскохозяйственных наук,
А.Ю. Паритов⁴, кандидат биологических наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства –
филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,
355017, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15

²Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
360030, Нальчик, пр. Ленина, 1в

³Ижевская государственная сельскохозяйственная академия,
426069, Ижевск, ул. Студенческая, 11

⁴Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова,
360004, Нальчик, ул. Чернышевского, 173
E-mail: murat-ul@yandex.ru

Цель исследований заключалась в изучении оплодотворяемости и продуктивности телок и коров красной степной породы при разном уровне атмосферного давления, градации которого составляли: 725-750, 751-775, 775 и более мм рт.ст. В дни с атмосферным давлением, соответствующим указанным границам, проведены осеменение телок и коров, контролирован удой и изучен химический состав молока. Установлено, что в дни с атмосферным давлением 751-775 мм рт.ст. как телки, так и коровы проявляли наибольшую оплодотворяемость от первого осеменения (61,1 и 58% соответственно), нежели в дни с повышенным атмосферным давлением. При осеменении животных в такие дни зарегистрирован максимальный уровень яловости. Наибольшими суточными удоями отличались коровы в дни лактации, когда уровень атмосферного давления не превышал 775 мм рт.ст. Превосходство продуктивности над удоєм, полученным в периоды с максимальным уровнем атмосферного давления, составило 3,1-3,6 кг ($P>0,99-0,999$). По содержанию сухого вещества и основных компонентов молока наблюдалась та же тенденция. Результаты проведенных исследований позволяют констатировать, что оплодотворяемость и продуктивность красного степного скота характеризуется максимальными значениями лишь при комфортных значениях атмосферного давления (751-775 мм рт.ст.).

FLAMMABILITY AND PRODUCTIVE QUALITIES OF HARVESTING CATTLE AT DIFFERENT LEVEL OF ATMOSPHERIC PRESSURE

Ulimbashev M.B.¹, Huranov A.M.², Krasnova O.A.³, Kudrin M.R.³,
Hardina E.V.³, Paritov A.Yu.⁴

¹All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding –
branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «North Caucasian Agrarian Center»,
355017, Stavropol, per. Zootekhnicheskoy, 15

²Kabardino-Balkarian state agrarian University named after V.M. Kokov,
360030, Nalchik, pr. Lenina, 1v

³Izhevsk state agricultural Academy,
426069, Izhevsk, ul. Studenteskaya, 11

⁴Kabardino-Balkarian state University named after Kh.M. Berbekov,
360004, Nalchik, ul. Chernyshevskogo, 173.
E-mail: murat-ul@yandex.ru

The aim of the research was to study the fertilization and productivity of heifers and cows of the red steppe breed at different levels of atmospheric pressure, the gradations of which were: 725-750 mm.Hg.art., 751-775, 775 and more mm.Hg.in the days corresponding to the specified limits of atmospheric pressure, insemination of cows and heifers was carried out, milk yield was controlled and the chemical composition of milk was studied. It was found that in days with atmospheric pressure 751-775 mm.Hg. art. both heifers and cows showed the greatest fertilization from the first insemination (61,1 and 58,0%, respectively) than on days with high atmospheric pressure. When insemination in those days was the maximum level's barrenness. The highest daily milk yields of cows differed in the days of lactation, when the level of atmospheric pressure did not exceed 775 mm.Hg.the Superiority of productivity over the yield obtained in periods with the maximum level of atmospheric pressure, 3, 3,1-3,6 kg ($P>0,99-0,999$). According to the content of dry matter and the main components of milk, the same trend was observed. As a result of the conducted researches it can be stated that fertilization and productivity of red steppe cattle is characterized by maximum values only at comfortable values of atmospheric pressure (751-775 mm.Hg.art.).

Ключевые слова: молочный скот, атмосферное давление, красная степная порода, оплодотворяемость, молочная продуктивность

Key words: dairy cattle, atmospheric pressure, red steppe breed, fertilization, milk productivity

В настоящее время в сельскохозяйственных предприятиях России, занимающихся разведением высокопродуктивного молочного скота, продолжает оставаться актуальной проблема воспроизводства и сокращения длительности использования животных. Завоз импортного скота в нашу страну и его дальнейшая эксплуатация при круглогодичном стойловом содержании, как правило, сопровождается ослаблением адаптации организма, что обусловлено несоответствием условий кормления и содержания имеющемуся генетическому потенциалу продуктивности [1, 2]. Кроме того, резко-континентальный климат, перепады температуры воздуха и атмосферного давления ухудшают здоровье животных, а, следовательно, их продуктивные и воспроизводительные качества [3-5]. В этой связи создание надлежащих условий окружающей среды и своевременный мониторинг состояния здоровья животных могут обеспечить снижение заболеваемости и нагрузку на организм, а также улучшить репродуктивные качества импортного скота.

Проведенные в нашей стране и за рубежом исследования по выявлению причин бесплодия коров в сельскохозяйственных предприятиях промышленного типа свидетельствуют, что значительное влияние на показатели воспроизводства оказывает гиподинамия [6, 7]. В наибольшей степени негативному влиянию подвержены репродуктивные органы, морфофункциональные изменения в которых чаще проявляются в летний период, когда имеют место высокие положительные температурные аномалии. Наряду с продолжительным световым днем, в жаркое время года телки и коровы подвергаются тепловому стрессу, оказывающему отрицательное влияние на их оплодотворяемость и другие воспроизводительные качества.

Современные индустриальные технологии производства молока не исключают воздействия на организм животных стрессоров различной природы, что сопровождается нарушением функционального гомеостаза, снижением репродуктивной способности, уменьшением количества полученного молока и ухудшением его качества [8, 9]. В результате интенсификации животноводства, связанной с созданием высокопродуктивных пород, сосредоточением на ограниченной территории большого количества скота, безвыгульным, беспастбищным содержанием, машинным доением и другими, непредусмотренными природой факторами, стало невозможно в полной мере использовать генетически обусловленный потенциал плодовитости и молочной продуктивности.

На организм животных, наряду с температурой и влажностью воздуха, действуют большое количество факторов внешней среды, на которые они в зависимости от силы и направления фактора реагируют неодинаково, что следует учитывать при создании условий содержания и кормления [10, 11]. Проявление генетического потенциала продуктивности и хорошее состояние плодовитости возможно только в том случае, когда животным создаются адекватные условия окружающей среды, под которыми понимается целый спектр природно-климатических факторов, соответствующих физиологическому комфорту организма [12, 13].

Температурный режим является одним из важнейших микроклиматических показателей, так как его изменения могут повлечь за собой серьезные сдвиги в адаптационных механизмах животных. Немаловажное значение это имеет для теплокровных животных, у которых существует температурный гомеостаз, под-

держивающий относительно постоянную температуру тела [8].

Цель исследования – изучить оплодотворяемость и молочную продуктивность животных красной степной породы при разном уровне атмосферного давления.

Методика. Исследования проведены на 134 телках и 116 коровах красной степной породы с продуктивностью 4000-4200 кг молока.

Использована следующая градация атмосферного давления: 725-750, 751-775, 775 и более мм рт.ст. Об уровне атмосферного давления судили по данным Кабардино-Балкарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Выбор коров в охоте, оптимального времени искусственного осеменения и определение стельности проводили согласно «Национальной технологии замораживания и использования спермы племенных быков-производителей» [14]. Осеменение животных осуществляли ректоцервикальным способом, двукратно в одну охоту, с интервалом 10-12 часов после выявления спонтанной охоты по рефлексу «неподвижности». Яловыми считали тех особей, которые в течение 2-х месяцев не повторили течку и в период ректального исследования оказались нестельными.

Суточные удои коров определяли на основании проведения контрольных доений, в эти же периоды изучали химический состав молока.

Полученный цифровой материал обработан биометрически с определением достоверности разности показателей по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Учитывая имеющиеся сообщения о негативном влиянии перепадов атмосферного давления на воспроизводительные качества животных [15-18], нами были исследованы телки красной степной породы на предмет их оплодотворяемости после осеменения при разных уровнях этого фактора (табл. 1).

Табл. 1. Оплодотворяемость телок красной степной породы при разных уровнях атмосферного давления

Показатель	Уровень атмосферного давления, мм рт.ст.		
	725-750	751-775	775 и более
Осеменено, гол.	32	54	48
Оплодотворилось после первого осеменения:			
гол.	18	33	23
%	56,2	61,1	47,9
Оплодотворилось после второго и более осеменений:			
гол.	12	18	15
%	37,5	33,3	31,3
Яловые:			
гол.	2	3	10
%	6,3	5,5	20,8

В дни с атмосферным давлением 725-750 мм рт.ст. оплодотворилось от первого осеменения 56,2% телок, что на 4,9% ниже, чем при уровне давления 751-775 мм рт.ст. и на 8,3% больше, чем при значениях более 775 мм рт.ст. В тоже время при атмосферном давлении не более 775 мм рт.ст. от второго и последующих осе-

нений оплодотворилось 33,3-37,5% животных. Самым низким был уровень оплодотворяемости телок в дни с атмосферным давлением более 775 мм рт.ст. – 31,3%. Меньше всего яловых особей отмечалось при уровне атмосферного давления не более 775 мм рт.ст. – 5,5-6,3%.

Об оплодотворяемости коров от первого, второго и более осеменений при разном уровне атмосферного давления можно судить по данным, представленным в таблице 2.

Табл. 2. Оплодотворяемость коров красной степной породы при разных уровнях атмосферного давления

Показатель	Уровень атмосферного давления, мм рт.ст.		
	725-750	751-775	775 и более
Осеменено, гол.	30	50	36
Оплодотворилось после первого осеменения: гол.	16	29	15
%	53,3	58,0	41,7
Оплодотворилось после второго и более осеменений: гол.	11	17	14
%	36,7	34,0	38,9
Яловые: гол.	3	4	7
%	10,0	8,0	19,4

Установлено, что от первого осеменения наибольшую оплодотворяемость демонстрировали коровы, осемененные при уровне атмосферного давления 751-775 мм рт.ст., – 58%, что больше, чем при уровне, превышающем 775 мм рт.ст., на 16,3%. Максимальной оплодотворяемостью от второго и последующих осеменений характеризовались коровы, осемененные в дни с атмосферным давлением более 775 мм рт.ст. – 38,9%, против 34-36,7% при других значениях этого природно-климатического фактора. Минимальное количество яловых коров зарегистрировано при осеменении в дни с атмосферным давлением 725-775 мм рт.ст., что практически в два раза меньше, чем при осеменении в периоды, когда давление превышало 775 мм рт.ст.

Количественные и качественные показатели молочной продуктивности коров при их использовании в условиях разного атмосферного давления представлены в таблице 3.

Табл. 3. Суточные удои и химический состав молока коров при разном уровне атмосферного давления (n= 10)

Показатель	Уровень атмосферного давления, мм рт.ст.		
	725-750	751-775	775 и более
Суточный удой, кг	15,7±0,5	16,2±0,6	12,6±0,7
Сухое вещество, %	12,93±0,39	13,02±0,44	12,78±0,50
В том числе:			
жир	3,74±0,04	3,79±0,04	3,69±0,05
белок	3,32±0,03	3,35±0,03	3,29±0,04
лактоза	5,14±0,07	5,16±0,06	5,07±0,09
зола	0,73±0,008	0,72±0,009	0,73±0,010

Более высокие суточные удои коров установлены при атмосферном давлении равном 751-775 мм рт.ст. – 16,2 кг и 725-750 мм рт.ст. – 15,7 кг, что на 3,6 (P>0,999) и на 3,1 кг молока (P>0,99), соответственно, больше по сравнению с продуцированием в дни, когда давление составляло более 775 мм рт.ст.

Анализ химического состава молока подопытных коров свидетельствует, что максимальная концентрация сухого вещества в секрете зафиксирована в дни с атмосферным давлением ниже 775 мм рт.ст. Различия по сравнению с показателями, полученными в периоды с давлением более 775 мм рт.ст., варьировали в пределах 0,15-0,24% и были недостоверными.

В периоды с атмосферным давлением от 751 до 775 мм рт.ст. наблюдалось превосходство по жирномолочности на 0,05 и 0,1% в сравнении со значениями, полученными в дни с давлением до 750 и более 775 мм рт.ст. Аналогичные различия обнаружены по содержанию белка и лактозы в молоке коров. Концентрация зола практически не зависела от уровня атмосферного давления.

Мониторинг оплодотворяемости и продуктивности коров красной степной породы свидетельствует, что при комфортных значениях атмосферного давления (751-775 мм рт.ст.) животные проявляли максимальные показатели изученных хозяйственно-полезных признаков. Снижение и повышение атмосферного давления уменьшало оплодотворяемость телок после первого осеменения на 4,9 и 13,2%, коров – на 4,7-16,3%. Как среди телок, так и коров меньше яловых животных зарегистрировано при осеменении в дни с атмосферным давлением, не превышающим 775 мм рт.ст., при более высоких значениях удельный вес таких животных увеличивается в два и более раза. Эксплуатация коров при комфортных значениях атмосферного давления обеспечила более высокие суточные удои (на 3,6 кг молока, P>0,999) и лучший качественный состав молока относительно дней, в которые уровень атмосферного давления превышал 775 мм рт.ст.

Литература

1. Улимбаев М.Б. Резистентность, гематологические показатели и продуктивные особенности коров бурой швицкой породы при отгонно-горном содержании // *Сельскохозяйственная биология*. – 2007. – №42 (6). – С. 97-100.
2. Ulimbashev M.B., Alagirowa Zh.T. Adaptive ability of Holstein cattle introduced into new habitat conditions // *Agricultural Biology*. – 2016. – №51 (2). – P. 247-254.
3. Voronin B.A., Donnik I.M. To the question of some problems import substitution of the food in Russian Federation // *Global science and innovation Materials of the V International Scientific Conference. Accent Graphics communications, Strategic Studies Institute, Article writers*. – Chicago, 2015. – P. 93-97.
4. Donnik I.M., Shkuratova I.A. Molecular-genetic and immunobiochemical markers in assessing the health of agricultural animals // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. – 2017. – №87 (2). – P. 139-142.
5. Shevkhuzhev A.F., Ulimbashev M.B., Taov I.Kh., Getokov O.O., Gosteva E.R. Variability of Hematological Indices of Brown Swiss Cattle with Different Technologies of Keeping // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2017. – №8 (6). – P. 591-596.
6. De Rensis F., Scaramuzzi R.J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow a review // *Theriogenology*. – 2003. – №60. – P. 1139-1151.

7. Белобороденко Т.А., Белобороденко А.М., Белобороденко М.А. Морфофункциональное состояние и коррекция органов репродукции у коров при гиподинамии // *Аграрный вестник Урала*. – 2008. – №11. – С. 28-29.
8. Волкова С.В., Мелешкина С.Р. Стресс сельскохозяйственных животных, как ответная реакция на неблагоприятные условия окружающей среды // *Современные наукоемкие технологии*. – 2008. – №4. – С. 55-56.
9. Арбузов И.Н., Масалов В.Н., Мошкина С.В., Малахова Н.А., Кривоплясов Е.И. Влияние технологических факторов на продуктивную и репродуктивную функцию крупного рогатого скота // *Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки*. – 2014. – №3. – С. 138-141.
10. Dickie M.B., Sabo P., Schaller A. Influence of meteorological events on obstetrical data in cattle and swine // *Journal of Reproduction and Fertility*. – 1994. – №102. – P. 41-48.
11. Dahl G.E., Petitclerc D. Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health // *J. Anim. Sci.* – 2003. – №81(3). – P. 11-17.
12. Collier R.J., Dahl G.E., Van-Baale M.J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle // *J. Dairy Sci.* – 2006. – №89. – P. 1244-1253.
13. Savsani H.H. et. al. Impact of climate on feeding, production and reproduction of animals // *Agri. Review*. – 2015. – №36 (1). – P. 26-36.
14. Национальная технология замораживания и использования спермы племенных быков-производителей. – М., 2008. – 160 с.
15. Mascorenhas R.D., Vasjues M.I., Horta A.E.M. Seasonal variation in the ovarian activity of beef cows assessed by monitoring progesterone concentrations // *Anim. Reprod. Se.* – 1987. – V. 10. – P. 251-259.
16. Слободяник В.И., Ческидова Л.В., Терентьева Т.Н. Аутоиммунные процессы в организме коров при акушерской патологии // *Ветеринария*. – 2004. – №4. – С. 35-37.
17. Донник И.М., Шкуратова И.А., Верецак Н.А. Методологические подходы оценки влияния окружающей среды на состояние здоровья животных // *Аграрная наука Евро-северо-востока*. – 2006. – №8. – С. 169-173.
18. Britt J.H., Cox N.M., Stevenson J.S. Advances in reproduction in dairy cattle // *J. Dairy Sci.* – 1981. – №64. – P. 1378-1402.

Поступила в редакцию 31.01.19

После доработки 15.03.19

Принята к публикации 10.04.19

Ветеринария

УДК 619:616.995.1-085

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-50-53

УРОВЕНЬ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ ИММУННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ СТРОНГИЛЯТОЗОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

О.И. Мамыкова, кандидат ветеринарных наук

Всероссийский институт фундаментальной и прикладной паразитологии –
филиал ФНЦ ВИЭВ РАН,

117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28

E-mail: olga.mamykova@yandex.ru

Изучены некоторые параметры иммунного статуса животных при комбинированной и традиционной терапии. Выявлены положительная динамика циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в кровотоке и восстановление состава клеток белой крови после комбинированной терапии ягнят со спонтанной инвазией стронгилятами желудочно-кишечного тракта. Предварительные подкожные двукратные инъекции риботана в дозе 0,05 мл/кг и пероральное введение фенбендазола в терапевтической дозе 5 мг/кг вызывают достоверное снижение ЦИК в кровотоке животных ($74,3 \pm 3,49$ ед.опт.пл. E_{450} ; $p < 0,05$) и предупреждают развитие функциональных расстройств кроветворения, восстанавливая состав клеток белой крови – лимфоцитов и эозинофилов – до исходного уровня в ранние сроки после назначения препаратов. Исследования показали, что ремиссия ЦИК и восстановление кроветворения являются отражением эффективности лечения и завершенности патологического процесса. Обсуждаются возможные механизмы клиренса иммунных комплексов в циркуляции и причины восстановления состава клеток белой крови после комбинированного лечения.

LEVEL OF CIRCULATING IMMUNE COMPLEXES AND HEMATOLOGICAL PROFILE AT COMBINATION TREATMENT OF GASTROINTESTINAL STRONGYLATA INFECTION

Mamykova O.I.

The All- Russian Institute of Fundamental and Applied Parasitology –
FSC RIEV RAS,

117218, Moskva, ul. B. Cheremushkinskaya, 28

E-mail: olga.mamykova@yandex.ru

Some parameter of animal immune status at combination and traditional methods therapy were studied. Positive dynamics of circulating immune complexes (CIC) and restoration white blood cells composition at combination therapy ship infected with gastrointestinal strongylata was found. Preliminary twice subcutaneous injections of ribotane at dose level of 0,05 ml/kg of body weight and fenbendazole given once perorally at therapeutic dose level of 5 mg/kg of body weight resulted in remission of circulating immune complexes in animal blood flow ($74,3 \pm 3,49$ un.opt.dens. E_{450} ; $p < 0,05$) and prevented the development of function disorder of blood formation restoring the composition of white blood cells – lymphocytes, eosinophils – to initial level in the early period after drugs administration. These results demonstrated that CIC's remission and restoring blood formation are reflection of the effectiveness of treatment and completion of the pathological process. The possible mechanisms of immune complexes clearance in the circulation and the reasons for restoration the composition of white blood cells after combination treatment were discussed.

Ключевые слова: циркулирующие иммунные комплексы, лимфоцит, эозинофил, иммуномодулятор риботан, фенбендазол, иммунный ответ, комплексная терапия гельминтозов

Key words: circulating immune complexes, lymphocyte, eosinophil, immunomodulator ribotane, fenbendazole, immune response, complex therapy of helminthoses

Оценка антигельминтной эффективности комбинации фенбендазола и нилверма с иммуномодулятором риботаном на лабораторной модели мышь (*Aspiculuris tetraptera*) и ягнятах со спонтанной инвазией стронгилятами желудочно-кишечного тракта выявила усиление основного эффекта антигельминтных препаратов, а также неспецифической резистентности к гельминтам [1]. Эффективность лечения и устойчивость к гельминтам находились в обратной зависимости от дозы иммуномодулятора. Риботан в оптимальной дозе, как биологически активное вещество, индуцировал потенцирование основного эффекта фенбендазола. Использование иммуномодулятора не только повышало эффективность лечения, позволяя снизить дозу фенбендазола, необходимую для достижения более высокого лечебного эффекта, но и индуцировало устойчивость

к повторному заражению. Очевидно, что применение дополнительного лекарственного препарата обеспечивает изменение выраженности основного эффекта фенбендазола и, соответственно, более эффективную элиминацию гельминтов из организма хозяина, вовлекая иммунологические механизмы выздоровления. Персистенция циркулирующих иммунных комплексов является одним из главных механизмов в развитии иммунопатологических изменений при гельминтозах. Кроме того, разнообразие и гиперпродукция антител имеют значение в формировании функциональных расстройств кроветворения, которые, как отмечала Шуйкина Э.Е. [2], являются логическим завершением патологии иммунной системы. Автор теоретически допускает общность в регуляции кроветворения и иммунного ответа. Наблюдения за динамикой гематоло-

гических показателей после терапии гельминтозов в литературе немногочисленны и не имеют достаточной клинической направленности.

В связи с этим представляет интерес изучение динамики уровня циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) и состава периферической крови, как показателя патологии иммунной системы, на фоне терапевтического вмешательства.

Методика. Работа проведена на базе экспериментального хозяйства ВНИИ гельминтологии им. К.И. Скрябина «Курилово». Под наблюдением находились 18 ягнят со спонтанной инвазией стронгилятами желудочно-кишечного тракта. Интенсивность инвазии варьировалась в пределах $187,9 \pm 76,71 - 331,9 \pm 230,9$ яиц стронгил в 1 г фекалий. В работе применяли риботан – комплексный иммуномодулятор, состоящий из смеси низкомолекулярных (0,5-1,0 кД) полипептидов и низкомолекулярных фрагментов РНК. Согласно инструкции по применению, препарат стимулирует иммунологическую реактивность, функциональную активность макрофагов, Т- и В-лимфоцитов, а также синтез интерферона и лимфокинов. По нашим данным, риботан обладает биорегуляторной активностью, оказывая влияние на функциональное состояние монооксигеназной системы печени [3]. Риботан применяли в дозе 0,05 мл/кг двукратно подкожно с интервалом 48 часов. В качестве антигельминтного средства использовали фенбендазол (5-фенил-тио-2-бензимидазол карбамат). Терапевтическая доза фенбендазола составила 5 мг/кг. Препарат вводили однократно перорально.

Для проведения исследований были сформированы 4 группы животных. Ягнятам I группы применяли фенбендазол. II группа животных получала подкожные инъекции иммуномодулятора риботана. III группа подвергалась комбинированной терапии, которая включала последовательное применение риботана и фенбендазола, введенного одновременно с заключительной инъекцией иммуномодулятора. В IV (контрольную) группу вошли зараженные животные, не получавшие лекарственных препаратов. Объектом исследований служили цельная кровь и ее сыворотка. Венепункцию проводили до терапевтического вмешательства, и на 1-й и 9-й день после заключительного введения препаратов.

Количественный анализ циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови определяли методом, основанном на селективной преципитации ком-

плексов антиген-антитело (АНГ-АНТ) в 3,75%-ном растворе полиэтиленгликоля (ПЭГ 6000) на 0,1 М боратном буфере (рН=8,4) с последующим определением плотности преципитата. Оптическую плотность преципитата определяли на спектрофотометре Spekoll-11 при 450 нм (E_{450}). Результат выражали в единицах оптической плотности [4].

Для дифференцирования клеток белой крови использовали комбинированное окрашивание красителем Май-Грюнвальда и свежеприготовленным раствором краски Романовского. Лейкоциты подсчитывали в счетной камере Горяева, затем используя общепринятую формулу подсчета.

Результаты исследования обработаны методом математической статистики. Достоверность различий между средними величинами определяли с помощью t критерия Стьюдента при уровне значимости $p=0,05$.

Результаты и обсуждение. Контроль концентрации иммунных комплексов в сыворотке крови представляет наибольший интерес. Известно, что гельминты активно воздействуют на иммунную систему, изменяя иммунный ответ. Сложный антигенный состав гельминтов, гиперпродукция антител индуцируют образование и персистенцию комплексов АНГ-АНТ в циркуляторном русле. Присутствие в кровотоке иммунных комплексов оказывает ингибирующее воздействие на функциональную активность Т- и В-лимфоцитов, и, соответственно, их иммунологическую компетенцию. Это обусловлено взаимодействием специфических IgG – антител с FC–рецепторами лимфоцитов с последующим функциональным исключением клетки, подавлением пролиферативной или иной активности. Клетками-мишенями для такого взаимодействия, как правило, являются В-лимфоциты [5, 6].

При количественном анализе ЦИК в сыворотке крови ягнят обнаружен высокий уровень комплексов АНГ-АНТ, превышающий 100,0 опт.ед. (E_{450}). Высокий уровень ЦИК в кровотоке является проявлением иммунокомплексного процесса, который обусловлен нарушением равновесия между образованием и элиминацией ЦИК и ослаблением клиренса иммунных комплексов АНГ-АНТ. Для иммунокомплексного процесса характерен дефект В-лимфоцитов, ослабление образования интерлейкина 2 (IL2), необходимого для нормальной генерации супрессорных Т-лимфоцитов [7]. Повышение содержания комплексов АНГ-АНТ после химиотерапии мы расцениваем как результат

Уровень циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови овец на фоне терапии стронгилятозов желудочно-кишечного тракта (ед.опт.пл. E_{450})

Группа	Препарат	Доза	Кратность введения	Срок наблюдения		
				фон	1 сут	9 сут
I	фенбендазол	5,0 мг/кг	однократно	101,3 $\pm$ 12,5	116,0 $\pm$ 11,4*	110,0 $\pm$ 5,53
II	риботан	0,05 мл/кг	двукратно	124,7 $\pm$ 13,8	102,0 $\pm$ 20,3	118,0 $\pm$ 26,9
III	риботан + фенбендазол	0,05 мл/кг 5,0 мг/кг	двукратно однократно	110,3 $\pm$ 6,4	74,3 $\pm$ 3,5*	80,0 $\pm$ 7,4
IV (контрольная)	-	-	-	90,3 $\pm$ 15,9	93,7 $\pm$ 4,5	85,7 $\pm$ 13,1
* $p < 0,05$						

сенсibilизации организма хозяина поверхностными и метаболитическими антигенами, высвобождающимися вследствие гибели гельминтов, и кратковременной стимуляцией В-лимфоцитов в течение первых 3-х суток после введения антигельминтного препарата.

Результаты количественного анализа ЦИК в сыворотке крови представлены в таблице. В кровотоке зараженных животных контрольной группы выявлена персистенция высоких концентраций ЦИК со средними значениями $85,67 \pm 13,1 - 93,7 \pm 4,5$ ед. опт. пл. (E_{450}) на протяжении всего периода наблюдений. Фенбендазол в терапевтической дозе 5,0 мг/кг вызывал повышение концентрации ЦИК в кровотоке. Через сутки после применения препарата концентрация ЦИК превосходила на 15% исходный уровень и статистически достоверно превышала средние значения у животных контрольной группы. К концу срока наблюдений персистенция ЦИК сохранялась, что указывает на сенсibilизацию организма животных антигенами гельминтов и подавление функциональной активности систем организма, ответственных за клиренс иммунных комплексов после терапии.

Кратковременная ремиссия ЦИК выявлена после подкожных инъекций риботана. Концентрация иммунных комплексов снизилась на 18,1% относительно исходного уровня. К концу срока наблюдений отмечено повышение уровня ЦИК, который приближался к исходным значениям. Полагаем, что кратковременная ремиссия ЦИК обусловлена иммуностимулирующими свойствами риботана как иммуностимулятора короткого и быстрого действия. Двукратное введение препарата не обеспечивало поддержания его постоянной концентрации в крови и тканях организма животных. С другой стороны, увеличение кратности введения может спровоцировать изменение направленности иммунологического действия риботана в сторону реакций гуморального типа, что может обострить течение инвазии и снизить эффективность терапии.

Включение риботана в терапию гельминтозов обеспечивало стойкую ремиссию ЦИК в кровотоке животных. Эффект снижения концентрации ЦИК статистически достоверен. Снижение концентрации иммунных комплексов в кровотоке указывает на нормализацию их клиренса и восстановление функционирования систем организма, ответственных за равновесие процессов образования и элиминации комплексов АНГ-АНТ. Несомненно, что ремиссия ЦИК обусловлена также восстановлением Т-супрессорных клеток и их регуляторным воздействием на пролиферацию В-лимфоцитов в плазматические клетки, что приводит к снижению антителопродукции. Ремиссия ЦИК указывает на более эффективную элиминацию гельминтов, предотвращение развития сенсibilизации организма хозяина соматическими и метаболитическими антигенами паразитов вследствие снижения антигенного материала и, соответственно, устранения разнообразных патологических процессов, которые могут иметь место в условиях персистенции высоких концентраций ЦИК в кровотоке. Значительное снижение уровня ЦИК в сыворотке крови после излечения от инвазии связывают с нормализацией иммунного статуса [8]. Кроме того, наши исследования показали, что ремиссия ЦИК является отражением эффективности лечения.

Определение относительного и абсолютного уровня клеток белой крови позволяет оценить иммунологический потенциал организма в целом. Гельминтозы относятся к заболеваниям, сопровождающимся

расстройством кроветворения. Токсины гельминтов, как факторы патогенности, наряду с разнообразными изменениями в организме, способны активно воздействовать на кроветворение и вызывать гибель лейкоцитов, в том числе и лимфоцитов. Направленное воздействие на кроветворение оказывает *Schistosoma mansoni*. При экспериментальном шистосомозе формируются экстрамедуллярные очаги кроветворения с дифференцировкой в эозинофилы. Интенсивная эозинофилия является общим признаком гельминтозов и, как правило, ассоциируется с миграцией паразитов в организме хозяина [2, 9].

При гематологическом исследовании животных, леченных фенбендазолом, изменений уровня лейкоцитов не обнаружено. Содержание лейкоцитов в периферической крови колебалось в пределах $9,48 \pm 1,11 - 10,03 \pm 1,17 \times 10^9$ клеток/л. Однако через сутки после применения антигельминтика выявлена относительная и абсолютная лимфопения, что косвенно указывает на угнетение кроветворных органов и снижение количества иммунокомпетентных клеток. Относительный и абсолютный уровень лимфоцитов составил $37,6 \pm 7,13\%$ или $3,68 \pm 0,39 \times 10^9$ клеток/л. К концу срока наблюдений отмечена тенденция к нормализации содержания лимфоцитов и значительное снижение эозинофилов в периферической крови до $3,0 \pm 0,7\%$ или $0,29 \pm 0,09 \times 10^9$ клеток/л.

Введение риботана не сопровождалось заметным сдвигом в лейкоцитарном профиле животных. Отмечено снижение эозинофилов среди клеток белой крови до $3,0 \pm 1,41\%$ или $0,4 \pm 0,11 \times 10^9$ клеток/л на 9-е сутки после применения иммуностимулятора. Зарегистрировано также повышение содержания лейкоцитов за счет возрастания абсолютного уровня лимфоцитов на 23,6% ($6,02 \pm 3,81 \times 10^9$ клеток/л) относительно исходных значений ($4,87 \pm 1,03 \times 10^9$ клеток/л) к концу срока наблюдений.

У животных, получивших комбинированную терапию, через сутки после ее окончания выявлено незначительное снижение (на 27%) содержания лимфоцитов до $41,6 \pm 6,88\%$ или $4,45 \pm 0,91 \times 10^9$ клеток/л на фоне снижения общего числа лейкоцитов ($10,61 \pm 0,5 \times 10^9$ клеток/л). На 9-е сутки наблюдений число лимфоцитов восстанавливалось до исходного уровня. Наряду с лейкопенией выявлен подъем эозинофилов среди клеток белой крови до $7,66 \pm 1,47\%$ или $0,94 \pm 0,2 \times 10^9$ клеток/л. Увеличение содержания эозинофилов является благоприятным прогностическим признаком и свидетельствует о повышении сопротивляемости организма. Повреждение и гибель паразитов многие авторы связывают с эозинофилией. Выявлена прямая корреляционная связь между эозинофилией и резистентностью к паразитам после терапии. Повышение уровня эозинофилов среди клеток белой крови ассоциируется с индукцией IL5 [10-12].

Подавление эозинофильной реакции и адгезивной способности эозинофилов и нейтрофилов связывают с тяжестью течения инвазии и снижением эффективности лечения. Механизмы гибели и изгнания паразитов индуцируются специфическими антителами совместно с эффекторными клетками, лейкоцитами, моноцитами и эозинофилами, активированными иммунорегуляторными цитокинами IL2, IL-3, 4, 5, TGF- β [13, 14].

К настоящему времени доказано, что терапия гельминтозов должна включать средства воздействия на клеточное звено иммунитета, что обусловлено преобладанием иммунных реакций гуморального типа (Th2)

[15]. Повышение устойчивости животных к инвазии под влиянием риботана сопряжено с усилением функциональной активности Т-лимфоцитов и их регуляторным воздействием на В-лимфоциты. К настоящему времени идентифицированы функциональные различия клеток Т-лимфоцитарного ряда. Функциональная активность клона Th1 хелперных клеток с фенотипом CD⁴ ассоциирована с резистентностью к гельминтам. Гибель и изгнание паразитов из организма хозяина коррелирует с уровнем IFN γ и подавлением продукции IL4 (цитокина Th2 клеток) [16, 12, 17]. IL2 и IFN γ , синтезируемые CD⁴ клетками, вызывают пролиферацию и активизацию супрессорных клеток с фенотипом CD⁸, которые участвуют в дополнительной экспрессии IFN γ в присутствии CTLs [13, 18]. Т-супрессорные клетки играют ведущую роль в регуляции иммунологической реактивности как индукторы продукции IFN γ – универсального фактора защиты. IFN γ и цитокины Th1 клона CD⁴ клеток совместно со специфическими антителами индуцируют механизмы гибели и изгнания паразитов из организма хозяина [14]. В наших экспериментах на усиление супрессорных влияний указывает ремиссия ЦИК в кровотоке – важного патогенетического фактора в развитии нарушений иммунного статуса при инвазионной патологии и терапии гельминтозов. Развитие иммунологических механизмов выздоровления и протективных иммунных реакций при гельминтозах связано со способностью Т-лимфоцитов к продукции IFN γ .

С учетом концепции об ингибирующем действии ЦИК на активность иммунокомпетентных клеток и их функциональном выключении [6] полагаем, что развитие протективных механизмов обусловлено эффектом нарастания популяции Т-лимфоцитов вследствие устранения блокады Fc-рецепторов клеток иммуноглобулиновыми молекулами. Восстановление иммунологической компетенции клеток является следствием снижения продукции антител различной специфичности в результате более эффективной элиминации гельминтов, что, в свою очередь, предотвращает сенсибилизацию организма хозяина соматическими и метаболическими антигенами гельминтов.

Положительная динамика уровня иммунных комплексов в циркуляции, восстановление кроветворения позволяют говорить о предпочтительности комбинированной терапии по сравнению с традиционными методами лечения гельминтозов. Исследования показывают, что действие дополнительных средств терапии должно быть направлено на подавление иммунных реакций Th2 типа, что обеспечит десенсибилизацию организма хозяина антигенами паразита и определит высокую эффективность терапевтического вмешательства. Сопоставив результаты терапевтических и иммунологических экспериментов по изучению возможности применения риботана в терапии гельминтозов, заключаем, что ремиссия циркулирующих иммунных комплексов и восстановление кроветворения являются отражением эффективности лечения и указывают на завершение патологического процесса.

Литература

1. Мамыкова О.И. Терапевтические эффекты антигельминтных препаратов на фоне иммуномодуляции риботаном // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 3. – С. 52-55.
2. Шуйкина Э.Е. Патология иммунной системы при инфекционных болезнях / В кн. Итоги науки и техники. Серия Иммунология. – М.: 1979. – Т.8. Патология иммунной системы. – С. 70-91.
3. Мамыкова О.И. Иммунорегуляторная активность стимулятора неспецифической резистентности риботана и его ингибирующее действие на систему цитохрома Р-450 печени мышей, инвазированных *A. tetraptera* // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 5. – С. 51-54.
4. Гриневич Ю.А., Алфёров А.И. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных // Лабораторное дело. – 1981. – № 8. – С. 493-495.
5. Ryan J.L., Henkart P.A. Inhibition of B lymphocyte activation by interaction with Fc receptors // Immunol. Commun. – 1976. – V. 5. – N 5. – P. 455-468.
6. Кульберг А.Я. Роль комплексов антиген-антитело в подавлении активности лимфоцитов и супрессии иммунного ответа // Иммунология. – 1982. – № 4. – С. 12-19.
7. Насонов Е.Л., Сура В.В. Взаимосвязь аутоиммунной и иммунокомплексной патологии: современное состояние проблемы // Терапевтический архив. – 1984. – Т. LVІ. – № 10. – С. 4-10.
8. Cuellar C., Fenoy S., Aguila C. Evaluation of chemotherapy in experimental toxocarosis by determination of specific immune complexes // J. Helminthol. – 1990. – V. 64. – N 4. – P. 279-289.
9. Andrade R.S., Andrade A.S., Suarez J.L. Relationship among presence of antibodies against *Ascaris suum* eosinophilia and autoantibodies (igm-rf) // Intern J. Appl. Res. Vet. Med. – 2009. – V.7. – N 1. – P. 57-62.
10. Meeusen E.N.T., Balic A. Do eosinophils have a role in the killing helminth parasites? // Parasitology Today. – 2000. – V. 16. – I. 3. – P. 95-107.
11. Klion A.D., Nutman T.B. The role of eosinophils in host defense against helminth parasites // J. of Allergy and Clinical Immunol. – 2004. – V. 113. – I. 1. – P. 30-37.
12. Fabre V., Beiting D.P., Bliss S.K., Gebreselassie N.G. Eosinophil deficiency compromises parasite survival in chronic nematode infection // J. Immunol. – 2009. – V. 182. – I. 3. – P. 1577-1583.
13. Meeusen E.N.T. Immunology of helminth infection with special reference to immunopathology // Vet. Parasitol. – 1999. – V. 84. – P. 259-273.
14. Meeusen E.N.T., Balic A., Bowles V. Cells, cytokines and other molecules associated with rejection of gastrointestinal nematode parasite // Vet. Immunol. and Immunopathol. – 2005. – V. 108. – I. 1-2. – P. 121-125.
15. Мамыкова О.И. Иммуномодулирующая активность Т-активина при назначении с фенбендазолом в различных режимах // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 3. – С. 52-55.
16. Pena M.T. Miller J.E., Horochov D.W. Effect of CD⁴ T lymphocyte depletion on resistance of Gulf Coast Native lambs to *Haemonchus contortus* infection // Vet. Parasitol. – 2006. – V. 138. – I. 3-4. – P. 240-246.
17. Pleass, R.J., Behnke J.M. B-cells get the T-cells but antibodies get the worms // Trends in Parasitol. – 2009. – V. 25. – I. 10. – P. 443-446.
18. Mealey R.H., Long M.T. Mechanisms of disease and immunity // Equine Internal Medicine (Fourth Edition). – 2018. – Chap. 1. – P. 3-78.

Поступила в редакцию 03.07.19

После доработки 20.08.19

Принята к публикации 21.09.19

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРОМБОЦИТОВ У НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ

И.Н. Медведев¹, доктор биологических наук, Н.В. Воробьева², кандидат биологических наук

¹Российский государственный социальный университет,
129226, Москва, ул. В. Пика, 4

²Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных –
филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
249013, Калужская область, Боровск, поселок Института
E-mail: ilmedv1@yandex.ru

Оценена активность тромбоцитов у новорожденных телят холмогорской породы. Исследования проведены на 39 животных, полученных от здоровых коров 2-3 отела. Телят за время наблюдения обследовали пятикратно через двое суток. На протяжении фазы новорожденности выявлена тенденция к повышению активности процесса агрегации кровяных пластинок со всеми испытанными индукторами. Отмечено, что число дискоидных тромбоцитов в крови телят за период наблюдения имело тенденцию к уменьшению. При этом уровень активированных тромбоцитов суммарно возрастал на 12,9% и повышалось содержание свободно циркулирующих агрегатов мелких, средних и крупных размеров. Данные изменения обеспечивались у телят небольшим усилением синтеза тромбоксана в кровяных пластинках, что происходило за счет повышения активности тромбоцитарных циклооксигеназы и тромбоксансинтетазы. Кроме того, большую значимость в увеличении тромбоцитарной активности имело повышение количественного содержания в гранулах тромбоцитов аденозинфосфатов и некоторое усиление их секреции. Уровень актина и миозина в дискоидных тромбоцитах телят за фазу новорожденности повысился на 6,4% и 12,6%, соответственно. Это сопровождалось тенденцией к росту количества актина и миозина в тромбоцитах в процессе их агрегации в ответ на слабый и на сильный индуктор на 6,4% и 10,1%, соответственно. Для телят холмогорской породы в период новорожденности характерно небольшое усиление активности гемостатических свойств тромбоцитов, что нивелирует у них риск кровотечения при оптимальных условиях для микроциркуляции. Увеличивающаяся внутрисосудистая тромбоцитарная активность формирует у животных в фазу новорожденности условия для оптимальных анаболических процессов в тканях.

PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF PLATELETS IN NEWBORN CALVES OF THE Kholmogory BREED

Medvedev I.N.¹, Vorobyeva N.V.²

¹Russian State Social University,
129226, Moscow, ul. V. Pika, 4

²All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition –
Branch of the Federal Scientific Research Center for Livestock –
All-Russian Institute of Livestock named after Academician L.K. Ernst,
249013, Kaluzhskaya oblast, Borovsk, poselok Institute
E-mail: ilmedv1@yandex.ru

The platelet activity in newborn calves of the Kholmogory breed was evaluated. Studies were conducted on 39 animals obtained from healthy cows 2-3 calving. Calves were examined five times in two days during the observation period. During the neonatal phase, a tendency toward an increase in the activity of the process of aggregation of blood plates with all tested inducers was revealed. It was noted that the number of discoid platelets in the blood of calves during the observation period tended to decrease. At the same time, the level of activated platelets increased by 12.9% in total, and the content of freely circulating aggregates of small, medium and large sizes also increased. These changes were provided in calves with a slight increase in the synthesis of thromboxane in their blood plates. This was due to increased activity of platelet cyclooxygenase and thromboxane synthetase. In addition, an increase in the quantitative content of adenosine phosphates in the platelet granules and some increase in their secretion were of great importance in increasing platelet activity. The level of actin and myosin in calf discoid platelets during the neonatal phase increased by 6.4% and 12.6%, respectively. This was accompanied by a tendency to increase the number of actin and myosin in platelets during their aggregation in response to a weak and a strong inducer by 6.4% and 10.1%, respectively. Calves of the Kholmogory breed during the neonatal phase are characterized by a slight increase in the activity of the hemostatic properties of platelets. This eliminates their risk of bleeding under optimal conditions for microcirculation. The increasing intravascular platelet activity forms conditions for optimal anabolic processes in tissues in animals during the neonatal period.

Ключевые слова: телята, новорожденность, холмогорская порода, тромбоциты, агрегация, секреция

Key words: calves, newborn, Kholmogory breed, platelets, aggregation, secretion

Процессы, протекающие в крови, существенно влияют на ход гемоциркуляции [1]. Большую значимость в этом имеют показатели форменных элементов крови, в том числе тромбоцитов, чьи гемостатические свойства в значительной мере определяют процессы микроциркуляции у всех млекопитающих [2]. Ранее выяснено, что уровень функциональной активности тромбоцитов

способен изменяться на фоне процессов роста организма [3], в ходе его созревания [4], в случае появления различных дисфункций [5], прогрессивной патологии и на фоне проведения лечебных процедур [6]. Однако многие вопросы функционирования тромбоцитов у разных пород крупного рогатого скота остаются выяснены весьма слабо. Имеются лишь отдельные исследования,

посвященные активности тромбоцитов у этого вида продуктивных животных, в которых учитывались их генетические особенности [7], однако они не позволяют создать целостного представления по данному вопросу.

Потребность в дальнейших исследованиях связана с высокой биологической ролью тромбоцитов для капиллярной гемокоагуляции. Процессы микроциркуляции в большей степени определяют рост и развитие у телят костно-мышечной системы и их внутренних органов, а, следовательно, их продуктивный потенциал [8]. Ввиду важности выяснения влияния генетических особенностей на активность тромбоцитов у отдельных пород крупного рогатого скота представлялось важным определить функциональные свойства тромбоцитов у телят высокопродуктивной молочной холмогорской породы в первой фазе их раннего онтогенеза.

Цель исследований – оценить состояние активности тромбоцитов у новорожденных телят холмогорской породы.

Методика. Исследования проведены в строгом соответствии с этическими принципами, установленными Европейской конвенцией по охране позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях (принята в Страсбурге 18 марта 1986 г. и подтверждена в Страсбурге 15 июня 2006 г.).

Работа выполнена на 39 чистокровных телятах холмогорской породы, полученных от здоровых коров 2-3 отела. Все телята обследованы в течение фазы новорожденности 5 раз: на 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 и 9-10 сутки их жизни.

Опосредованная оценка уровня генерации в тромбоцитах тромбосана и активности участвующих в данном процессе ферментов циклооксигеназы и тромбосансинтетазы осуществлялась с помощью трех проб переноса при помощи фотоэлектроколориметра [9]. В кровяных пластинках животных оценивали уровень аденозинтрифосфата (АТФ) и аденозиндифосфата (АДФ), выраженность процесса их секреции в ответ на внесение в плазму коллагена, а также количество актина и миозина в составе белкового каркаса неактивных и подвергнутых АДФ-агрегации тромбоцитов [9].

Время развития агрегации тромбоцитов (АТ) выясняли при помощи визуального микрометода [10], применив АДФ ($0,5 \times 10^{-4}$ М), тромбин (0,125 ед/мл), коллаген (разведение 1:2 основной суспензии), адреналин ($5,0 \times 10^{-6}$ М) и ристомину (0,8 мг/мл) в плазме, богатой тромбоцитами, которую предварительно стандартизировали по уровню тромбоцитов до значения 200×10^9 тромбоцитов в одном литре. Состояние внутрисосудистой активности тромбоцитов оценивали на фазово-контрастном микроскопе [10].

Статистическая обработка полученных цифровых данных производилась с помощью программного пакета «Статистика» для Windows 6.0, Microsoft Excel. Различия в данных считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. У телят холмогорской породы в период новорожденности выявлена тенденция к росту гемостатической активности тромбоцитов. У обследованного молодняка при первом наблюдении АТ развивалась в ответ на внесение коллагена за $32,4 \pm 0,12$ с, постепенно ускоряясь к концу фазы до $30,8 \pm 0,19$ с. Сходное ускорения АТ отменено в ответ на применение АДФ и ристомину (до $37,0 \pm 0,15$ с и $47,1 \pm 0,16$ с, соответственно). Также отмечена тенденция к сокращению времени возникновения АТ в ответ на тромбин и адреналин до $49,3 \pm 0,17$ и $93,4 \pm 0,15$ с (табл.).

Количество дискоидных тромбоцитов в крови телят холмогорской породы в период новорожденности уменьшилось, количество активных тромбоцитов возросло на 12,9%. При этом количество циркулирующих в крови агрегатов тромбоцитов всех размеров также увеличилось.

Функционально значимым механизмом обеспечения тенденции к сокращению времени АТ у новорожденных телят холмогорской породы следует рассматривать выявленное усиление синтеза в их тромбоцитах тромбосана. На это косвенно указывала интенсификация АТ в проведенной простой пробе переноса. Величина этого показателя составила на 9-10 сутки онтогенеза животных $34,0 \pm 0,22\%$. Выявленная динамика у обследованных телят обеспечивалась тенденцией к активации в их тромбоцитах функциональных возможностей циклооксигеназы и тромбосансинтетазы. Об этом свидетельствовало нарастание степени восстановления АТ в ходе коллаген-аспириновой пробы, позволившей опосредованно оценивать изменение активности тромбоцитарной циклооксигеназы (на момент окончания наблюдения $83,8 \pm 0,14\%$). Степень восстановления АТ в ходе коллаген-имидазольной пробы, позволяющей опосредованно оценивать динамику активности тромбоцитарной тромбосансинтетазы, у наблюдаемых телят также возрастала, достигая на 9-10 сутки $44,3 \pm 0,10\%$.

Изначально невысокое содержание в тромбоцитах телят АТФ и АДФ в последующем испытывало тенденцию к росту и достигало к 9-10 суткам их жизни уровней $5,69 \pm 0,017$ и $3,47 \pm 0,010$ мкмоль/ 10^9 тромбоцитов. При этом интенсивность их секреторного выброса за первые 10 суток повысилась до $35,1 \pm 0,13\%$ и $45,3 \pm 0,22\%$, соответственно.

Количество актина и миозина при первом обследовании в интактных кровяных пластинках телят составляло $31,2 \pm 0,14\%$ и $14,3 \pm 0,19\%$ к общему белку. В конце наблюдений оно несколько увеличилось и достигало $33,2 \pm 0,12\%$ и $16,7 \pm 0,09\%$ к общему белку в тромбоцитах. У телят отмечена склонность к нарастанию генерации актина и миозина в кровяных пластинках в случае их агрегации.

Оптимальная длительность АТ при внесении в плазму коллагена и ристомину говорила о небольшой выраженности адгезии тромбоцитов у телят на протяжении новорожденности. Выявленная тенденция к ее усилению, видимо, имела в своей основе как минимум два процесса [11]. На существование первого механизма указывала найденная склонность к ускорению тромбоцитарной агрегации под влиянием коллагена [12]. Это следует связывать с повышением на мембранах тромбоцитов телят в течение первой фазы раннего онтогенеза плотности гликопротеидов Ia-IIa и VI, выполняющих функции рецепторов, способных соединяться с коллагеном [13]. Вторым механизмом интенсификации адгезии тромбоцитов следует считать рост на их поверхности количества рецепторов, способных взаимодействовать с фактором Виллебранда (GPIIb), концентрация которого, видимо, также нарастает в крови за первые 10 суток жизни телят. Это доказывалось зарегистрированным у обследованных животных сокращением времени АТ в ответ на ристомин [14].

Выявленная у новорожденных телят холмогорской породы склонность к ускорению агрегации тромбоцитов формировала в достаточной степени защиту их организма от развития кровопотери. Некоторое ускоре-

Тромбоцитарные характеристики у новорожденных телят холмогорской породы

Показатель	Возраст, сутки				
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
Содержание АТФ в тромбоцитах до начала секреции, мкмоль/10 ⁹ тромбоцитов	5,54±0,012	5,58±0,016	5,60±0,018	5,63±0,020	5,69±0,017
Содержание АДФ в тромбоцитах до начала секреции, мкмоль/10 ⁹ тромбоцитов	3,31±0,006	3,35±0,008	3,41±0,004	3,42±0,007	3,47±0,010
Уровень секреции АТФ, %	32,5±0,12	33,8±0,20	34,2±0,06	34,6±0,05	35,1±0,13
Уровень секреции АДФ, %	43,6±0,14	43,9±0,18	44,2±0,12	44,5±0,20	45,3±0,22
Степень восстановления АТ при проведении коллаген-аспириновой пробы, %	82,1±0,06	82,4±0,08	82,8±0,07	83,2±0,09	83,8±0,14
Степень восстановления АТ при проведении коллаген-имидазольной пробы, %	42,3±0,03	42,6±0,07	42,9±0,04	43,4±0,08	44,3±0,10
Активность АТ в простой пробе переноса, %	31,7±0,08	31,9±0,14	32,7±0,05	33,3±0,09	34,0±0,22*
Время наступления АТ с АДФ, с	38,6±0,14	38,4±0,17	38,0±0,21	37,5±0,18	37,0±0,15
Время наступления АТ с коллагеном, с	32,4±0,12	32,1±0,16	31,8±0,18	31,4±0,14	30,8±0,19
Время наступления АТ с тромбином, с	50,8±0,21	50,2±0,13	49,8±0,15	49,6±0,12	49,3±0,17
Время наступления АТ с ристомидином, с	48,4±0,19	48,2±0,18	47,9±0,12	47,4±0,18	47,1±0,16
Время наступления АТ с адреналином, с	95,8±0,20	95,2±0,17	94,6±0,17	94,0±0,16	93,4±0,15
Количество тромбоцитов-дискоцитов, %	76,8±0,18	76,5±0,12	76,2±0,16	75,4±0,12	73,8±0,18
Сумма активных форм тромбоцитов, %	23,2±0,17	23,5±0,20	23,8±0,19	24,6±0,15	26,2±0,18*
Количество малых тромбоцитарных агрегатов, на 100 свободных тромбоцитов	3,5±0,05	3,7±0,07	3,9±0,06*	4,1±0,08**	4,2±0,09**
Количество средних и больших тромбоцитарных агрегатов, на 100 свободных тромбоцитов	0,12±0,023	0,13±0,014	0,13±0,016	0,14±0,017*	0,16±0,022**
* p<0,05; **p<0,01 по сравнению 1-2-х суточным возрастом.					

ние АТ в ответ на сильные агрегационные индукторы (коллаген и тромбин), очевидно, связано не только с повышением числа рецепторов к ним на тромбоцитах, но и с некоторой активацией фосфолипазы С, стимуляцией процессов фосфоинозитольного пути и усилением фосфолирирования белков, составляющих тромбоцитарную сократительную систему [15]. Наклонность к росту генерации инозитолтрифосфата в кровяных пластинках телят холмогорской породы развивалась, видимо, в результате некоторого роста выхода из тромбоцитарных депо Ca²⁺, что усиливало в них самосборку актомиозина и процесс его сокращения [2].

В ходе воздействия слабых индукторов агрегации (АДФ и адреналина) на тромбоциты телят холмогорской породы также продемонстрирована склонность к усилению реализации агрегационных процессов. В основе этого, очевидно, лежало повышением плотности расположения рецепторов к ним и фибриногену GPIIb-IIIa на поверхности мембран тромбоцитов, а также некоторое повышение уровня активности в них фермента фосфолипазы A₂. Данный механизм обеспечивал поступление из мембранных липидов в цитоплазму достаточного количества свободной арахидоновой кислоты, создавая условия для оптимальной генерации

тромбоксана A₂. Оптимум этого процесса у телят холмогорской породы обеспечивался тенденцией к усилению активности обоих ферментов, реализующих этот процесс, – циклооксигеназы и тромбоксансинтазы. Об этом свидетельствовало усиление АТ в примененных в работе пробах переноса – коллагенаспириновой и коллагенимидозальной. Еще одним важным механизмом усиления развития АТ у телят в период новорожденности является найденная склонность к усилению самосборки в тромбоцитах молекул актина и миозина, появление в плазме индуктора агрегации и рост полноты секреции из плотных гранул тромбоцитов молекул АТФ и АДФ [10].

Некоторое усиление тромбоцитарной активности у животных в течение первых 10 суток жизни доказывалось также выявленным увеличением уровня активных форм тромбоцитов в их крови. Это говорит о повышении чувствительности тромбоцитарных рецепторов в условиях *in vivo* к различным индукторам агрегации. Выявленный рост интраваскулярной активности тромбоцитов также свидетельствовал о некотором нарастании уровня доступности для тромбоцитов коллагена среднего слоя сосудистой стенки. По всей видимости, этому способствовали механические воздействия на

сосуды, увеличивающие количество свободноперемещающихся агрегатов кровяных пластинок. Вероятно, в крови телят холмогорской породы в течение фазы новорожденности имеет место некоторое увеличение концентраций растворимых индукторов агрегации (АДФ, адреналина, тромбина) [12].

Таким образом, у новорожденных телят холмогорской породы отмечается функциональная достаточность гемостатических свойств тромбоцитов. Их уровень формирует необходимые для жизнеобеспечения условия нормального кровообращения в капиллярах в течение первой фазы раннего онтогенеза. В основе этого у телят холмогорской породы лежит невысокая активность биохимических процессов, реализующих тромбоцитарные адгезию, агрегацию и секрецию. Небольшая интраваскулярная активация тромбоцитов в течение периода новорожденности обеспечивает сохранение у телят холмогорской породы оптимума кровотока в мелких сосудах мышц и всех внутренних органов.

Литература

1. Ошуркова Ю.Л., Глаголева Т.И. Биологические аспекты интенсификации животноводства // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2017. – №5. – С. 51-53.
2. Завалишина С.Ю. Противосвертывающая и фибринолитическая активность плазмы крови у телят // *Ветеринария*. – 2010. – №11. – С. 41-43.
3. Glagoleva T.I., Zavalishina S.Y. Aggregative Activity of Basic Regular Blood Elements and Vascular Disaggregating Control over It in Calves of Milk-vegetable Nutrition // *Annual Research & Review in Biology*. – 2017. – T.12. – №6. – P.1-7.
4. Skoryatina I.A., Zavalishina S.Y. A Study of the Early Disturbances in Vascular Hemostasis in Experimentally Induced Metabolic Syndrome // *Annual Research & Review in Biology*. – 2017. – T.15. – № 6. – P. 1-9
5. Vatnikov Yu.A., Zavalishina S.Yu., Seleznev S.B., Kulikov E.V., Notina E.A., Rystsova E.O., Petrov A.K., Kochneva M.V., Glagoleva T.I. Orderly muscle activity in elimination of erythrocytes microrheological abnormalities in rats with experimentally developed obesity // *Bali Medical Journal*. – 2018. – T.7. – №3. – С. 698-705.
6. Чинаров В.И. Оценка конкурентоспособности молочных пород крупного рогатого скота. // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т.32. – №10. – С.74-78.
7. Tkacheva E.S., Zavalishina S.Yu. Functional Features of Platelet Secretion in Piglets During Early Ontogenesis // *Biomedical & Pharmacology Journal*. – 2019. – Vol. 12(1). – P.485-489.
8. Фирсова Э.В., Митюков А.С. Сохранение холмогорской породы крупного рогатого скота // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 4(49). – С.77-82.
9. Ермолаева Т.А., Головина О.Г., Морозова Т.В. Программа клинико-лабораторного обследования больных тромбоцитопатиями. – СПб., 1992. – 25 с.
10. Шитикова А.С. Тромбоцитарный гемостаз. – СПб.: Изд-во СПб. ГМУ, 2000. – 227 с.
11. Глаголева Т.И. Физиологические особенности спонтанной агрегации эритроцитов у телят молозивного питания // *Международный вестник ветеринарии*. – 2016. – №4. – С.80-83.
12. Завалишина С.Ю. Сосудистый гемостаз у телят в период молочно-растительного питания // *Зоотехния*. – 2012. – № 2. – С. 21.
13. Tkacheva E.S. Physiological features of platelets in milk and vegetable nutrition piglets // *Biomedical and Pharmacology Journal*. – 2018. – T.11. – № 3. – С.1437-1442.
14. Завалишина С.Ю., Глаголева Т.И. Контроль сосудистой стенки над индуцированной агрегацией тромбоцитов у новорожденных телят в условиях дефицита железа // *Ветеринарная практика*. – 2013. – №2. – С.40.
15. Zavalishina S.Y. Restoration of Physiological Activity of Platelets in New-Born Calves With Iron Deficiency // *Biomedical and Pharmacology Journal*. – 2017. – T.10. – №2. – С. 711-716.

Поступила в редакцию 01.04.19
После доработки 12.05.19
Принята к публикации 19.06.19

ПОКАЗАТЕЛИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЛОВЫХ СТЕРОИДОВ СВИНОМАТОК В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНАХ

В.Н. Коцарев,
А.Г. Нежданов, доктора ветеринарных наук, В.Ю. Боев

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии
394087, Воронеж, ул. Ломоносова, 114б
E-mail: ldmvdc@mail.ru

Цель исследований – выяснение значения нарушений во взаимоотношении половых стероидов (прогестерона и эстрадиола-17β) в развитии у свиноматок послеродовых болезней воспалительного характера (эндометрита и метрит-мастит-агалактии). Исследования выполнены на 27 свиноматках, взятых в опыт на 106-107 день беременности, у которых определено содержание прогестерона и эстрадиола-17β за семь, пять, три, один сутки до опороса и во время родов с последующим проведением ретроспективного анализа полученных результатов в зависимости от характера течения у них послеродового периода. Установлено, что в крови свиноматок, у которых развивались послеродовые болезни, за три, пять, семь суток до опороса и во время родов содержание прогестерона было выше, чем у животных, оставшихся после опороса клинически здоровыми, соответственно, на 48,7 (p<0,01) и 31,1% (p<0,05), эстрадиола-17β – ниже на 10,1 и 21,0%. При этом показатель прогестерон-эстрадиолового соотношения был больше в 1,6 (p<0,01) и 1,7 раза (p<0,01). Это позволяет судить о том, что нарушение гормональных взаимоотношений у свиноматок в конце беременности и во время родов является одним из факторов, способствующих развитию послеродовой патологии воспалительного характера, а также использовать показатель прогестерон-эстрадиолового соотношения в качестве критерия прогнозирования риска ее проявления.

INDICATORS OF SOW SEXUAL STEROID CONCENTRATION IN THE PROGNOSIS OF INFLAMMATORY PROCESSES IN REPRODUCTIVE ORGANS

Kotsarev V.N., Nezhdanov A.G., Boev V.Yu.

All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy,
394087, Voronezh, ul. Lomonosova, 114b
E-mail: ldmvdc@mail.ru

The aim of the researches was to find out the significance of disorders in the interrelation between sex steroids – progesterone and estradiol-17β in the development of inflammatory postpartum diseases (endometritis and metrite-mastitis-agalactium) in sows. The studies were performed on 27 sows tested on the 106-107 day of pregnancy, in which the content of progesterone and estradiol-17β was determined on seven, five, three, and one day before and during childbirth, followed by a retrospective analysis of the results depending on the nature of their postpartum period. It was found out that in the blood of sows with postnatal diseases, the content of progesterone was higher three days before and during childbirth than in the animals that remained clinically healthy after farrowing by 48.7% (p<0.01) and 31.1% (p<0.05), and the content of estradiol-17β – lower by 10.1% and 21.0%, respectively. At the same time, the progesterone-estradiol relation was 1.6 times higher (p<0.01) and 1.7 times higher (p<0.01). This makes it possible to express the opinion that the violation of the hormonal interrelationship in sows at the end of pregnancy and during childbirth is one of the factors contributing to the development of postpartum inflammatory pathology, as well as to use the progesterone-estradiol relation as a criterion for predicting the risk of its manifestation.

Ключевые слова: свиноматки, беременность, роды, послеродовые болезни, кровь, половые гормоны, прогнозирование

Key words: sows, pregnancy, childbirth, postnatal diseases, blood, sex hormones, prognosis

В свиноводческих предприятиях существенным препятствием в реализации репродуктивного потенциала свиноматок являются послеродовые воспалительные процессы в репродуктивных органах, протекающие в форме эндометрита и метрит-мастит-агалактии. Они имеют довольно широкое распространение среди свиноматок и составляют, соответственно, 32-54% и 13-25,5%. Опасность этих болезней заключается в том, что их проявление сопровождается гипо- и агалактией, приводящей к заболеваемости поросят желудочно-кишечными болезнями и гибели, а также нарушением воспроизводительной функции свиноматок, бесплодием и преждевременной выбраковкой из стада [1-5].

Установлено, что ключевая роль в патогенезе воспалительных процессов отводится цитокинам, обе-

спечающих передачу сигналов между клетками, участвующих в формировании и регуляции защитных реакций в организме [6-9]. Наряду с цитокинами, информационная и регуляторная функция в организме принадлежит гормонам, в том числе стероидным – прогестерону и эстрадиолу [10, 11].

Прогестерон является ключевым промежуточным веществом метаболизма, направленным на выработку других эндогенных стероидов. Он выполняет главную роль в подготовке и сохранении беременности. Поэтому его называют «гормоном беременности». Для подготовки матки к имплантации прогестерон преобразует эндометрий в его секреторную фазу, способствует повышению густоты и вязкости цервикальной слизи, препятствуя проникновению патогенных микроорганизмов. Он уменьшает сократительную способность

**Содержание прогестерона и эстрадиола -17 β в крови свиноматок
с различным клиническим состоянием в послеродовой период**

Сутки до опороса	Показатель			
	прогестерон, нМ/л	эстрадиол, нМ/л	прогестерон /эстрадиол	
			$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	95%-ный доверительный интервал
Клинически здоровые свиноматки				
7	28,5±1,30	0,87±0,06	32,8±2,63	-
5	20,2±1,94	1,17±0,11	17,3±2,13	-
3	15,8±2,13	1,59±0,27	9,94±1,28	7,12-12,8
1	12,6±1,74	1,64±0,13	7,68±0,83	5,85-9,51
Роды	8,24±0,94	2,38±0,18	3,46±0,28	4,08-2,84
Свиноматки с послеродовыми болезнями				
7	33,4±2,45	0,84±0,12	39,8±2,87	-
5	25,2±2,77	1,13±0,07	22,3±2,41	-
3	23,5±1,10**	1,43±0,17	16,4±1,82**	13,1-19,7
1	18,2±1,53*	1,46±0,14	12,5±1,20**	10,3-14,7
Роды	10,8±0,54*	1,88±0,10	5,74±0,39***	5,04-6,44
*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001				

гладкой мускулатуры матки путем снижения чувствительности ее рецепторов к окситоцину [12].

При беременности прогестерон способствует росту миометрия, его васкуляризации, стимулирует дольчато-альвеолярное развитие молочных желез, снижает тканевые и иммунологические реакции, опосредованные через Т-лимфоциты, оказывая тем самым иммунодепрессивное действие, направленное на подавление реакции отторжения эмбриона [13,14]. По мере увеличения срока беременности он способствует растяжению и расслаблению мышц матки [15].

Эстрогены с наступлением беременности инициируют структурные изменения в эпителиальной и соединительной ткани матки, обеспечивая формирование эндометрия, увеличение массы мышечного слоя и размеров матки, обеспечивают поддержание оптимального кровотока в матке и плаценте, усиливают поглощение кислорода тканями, энергетический обмен, активность ферментов и синтез нуклеиновых кислот. Они стимулируют рост молочных желез и их подготовку к секреции, повышение чувствительности мышц матки к окситоцину, размягчение и раскрытие шейки в родах и создание благоприятных условий для лактации [13,16,17].

Целью исследований явилось определение содержания в крови свиноматок прогестерона и эстрадиола-17 β в предродовой и родовой периоды, выяснение их роли в развитии воспалительных процессов в половых органах и возможности использования в качестве критериев прогнозирования риска их развития.

Методика. Исследования выполнены в условиях свиноводческого предприятия Воронежской области в зимнее-весенний период 2017-2018 гг. на 27 свиноматках крупной белой породы, по второму-пятому опоросу, взятых в опыт на 106-107 день беременности. У животных за семь, пять, трое и одни сутки до опороса и во время родового акта (рождение первого поросятка) отбирали пробы крови для определения в ее сыворотке содержания прогестерона и эстрадиола-17 β методом ИФА с использованием стандартных наборов (тест-систем фирмы ООО «Хема») в соответствии с прилагаемой к ним методикой. В последующем, в зависимости от характера течения послеродового периода, свиноматки были разделены на две группы. Первую группу (n=12) составили свиноматки, оставшиеся после опороса клинически здоровыми, вторую (n=15) – свиноматки, заболевшие послеродовыми болезнями (эндометритом и метрит-мастит-агалактией). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерных статистических программ «Statistica 8.0» (Stat Soft Inc., США) и Microsoft Excel. Достоверность критериев прогнозирования послеродовых болезней у свиноматок по показателю прогестерон-эстрадиолового соотношения устанавливали с использованием «Биометрических методов обработки материалов при биологических исследованиях» [18].

Результаты и обсуждение. Определением концентрации прогестерона и эстрадиола-17 β в крови свиноматок в последнюю неделю беременности и во

время родов установлено, что у животных, оставшихся после опороса клинически здоровыми, содержание прогестерона за семь суток до опороса составило $28,5 \pm 1,30$ нМ/л (табл.). За трое суток до родов и в начале опороса его уровень снизился, соответственно, в 1,8 ($p < 0,001$) и 3,5 раза ($p < 0,001$). Концентрация эстрадиола-17 β в эти сроки с $0,87 \pm 0,06$ нМ/л возросла в 1,8 ($p < 0,002$) и 2,7 раза ($p < 0,001$). Прогестерон-эстрадиоловое соотношение к трем, одним суткам до опороса и в начале родов сократилось в 3,3 ($p < 0,001$), 4,3 ($p < 0,001$) и 9,5 раза ($p < 0,001$).

У свиноматок второй группы содержание прогестерона за семь суток до опороса составило $33,4 \pm 2,45$ нМ/л и было на 17,2% больше, чем у животных с нормальным течением послеродового периода. За трое суток до родов и во время опороса его уровень уменьшился в 1,4 ($p < 0,002$) и 3,1 раза ($p < 0,001$) и оставался выше, чем в контроле, соответственно, на 48,7 ($p < 0,01$) и на 31,1% ($p < 0,05$).

Концентрация эстрадиола-17 β с $0,84 \pm 0,12$ нМ/л повысилась, соответственно, в 1,7 ($p < 0,01$) и 2,2 раза ($p < 0,001$) и была ниже, чем у клинически здоровых животных, на 10,1 и 21,0% ($p < 0,05$). Прогестерон-эстрадиоловое соотношение у них стало меньше к трем, одним суткам до опороса и в начале родов в 2,4 ($p < 0,001$), 3,2 ($p < 0,001$) и 6,9 раза ($p < 0,001$), и в сравнении с контролем его показатель был больше, соответственно, в 1,6 ($p < 0,01$), 1,6 ($p < 0,01$) и 1,7 раза ($p < 0,001$).

При отсутствии существенной разницы между группами животных в динамике содержания прогестерона, эстрадиола-17 β и их соотношения в промежутке времени между семью и пятью сутками до наступления опороса наблюдалась более выраженная интенсивность их изменения в последующие сроки исследований. У свиноматок с развившимися послеродовыми болезнями в сравнении с животными, у которых послеродовой период протекал без осложнений, интенсивность снижения уровня прогестерона к трем, одним суткам до опороса и к началу родов по отношению к начальному периоду была ниже, соответственно, на 22,2; 21,7; 11,4%, возрастания эстрадиола-17 β – меньше на 5,6; 10,5; 18,5% с более выраженной разницей в изменении показателя прогестерон-эстрадиолового соотношения, составившей 27,3; 25,6; 27,4%.

Таким образом, эндокринные расстройства у свиноматок, связанные с нарушением биосинтеза половых стероидов в системе мать-плацента-плод, характеризующиеся повышенной секрецией прогестерона и пониженной выработкой эстрадиола-17 β в конце беременности и в период родов, являются одним из ведущих звеньев в цепи причинно-следственных связей в развитии патологии репродуктивной системы воспалительного характера. Достоверная разница в показателях прогестерон-эстрадиолового соотношения у свиноматок, заболевших послеродовыми болезнями и у оставшихся клинически здоровыми, за трое, одни сутки до опороса и во время родов позволяет их использовать в качестве критериев прогнозирования риска развития послеродовой патологии. Такими критериями следует считать показатели прогестерон-эстрадиолового соотношения за трое, одни сутки до опороса и во время родов равные, соответственно, 13:1 и более, 10:1 и более, 5:1 и более.

Литература.

1. Коцарев В.Н., Шумский Н.И., Нежданов А.Г., Боев В.Ю. К вопросу этиологии, диагностики, профилактики и терапии послеродовых гнойно-воспалительных заболеваний половых органов у свиноматок // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – №4 (39). – С.225-229.
2. Аржанников А.В. Ветеринарно-санитарное сопровождение свиноматок при промышленном содержании // Современные инновационные подходы в решении актуальных ветеринарных проблем в животноводстве: Материалы Международной научно-практической конференции, Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2017. – С. 47-52.
3. Кашиковская Л.М., Сафонова М.И., Балышев А.В., Абрамов С.В. Синдром ММА: современный подход к комплексной терапии // Свиноводство. – 2018. – №1. – С. 66-68.
4. Оробец В.А., Кашиковская Л.М. Профилактика послеродовых патологий у свиноматок // Ветеринария. – 2018. – №6. – С.10-14.
5. Хлопцук В.П., Кривенцев К.А. Распространение послеродовых заболеваний среди свиноматок, их значение в системе воспроизводства // Ветеринария. – 2014. – №5. – С. 38-41.
6. Роль цитокинов в регуляции реакции воспалительного ответа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://helpiks.org/1-83705.html>.
7. Симбирцев А.С. Цитокины – новая система регуляции защитных реакций организма // ГНЦ НИИ особо чистых биопрепаратов, Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://betaleukin.ru/lib/24/26>.
8. Цитокины – классификация, роль в организме, лечение (цитокотерапия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tiensmed.ru/news/citokiny-ab1.html>.
9. Saji F., Samejima Y., Kamiura S. Cytokine production in chorioamnionitis // Journal of Reproductive Immunology. – 2000. – V. 47. – P.185–196.
10. Гормоны половых желез: эстрадиол, прогестерон и тестостерон, их строение, механизм действия и биологическая роль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infopedia.su/16x7226.html>.
11. Бригадиров Ю.Н., Коцарев В.Н., Шапошиников И.Т., Лобанов А.Э., Волкова И.В., Копытина К.О. Сигнальные белки и стероидные гормоны как маркеры воспалительных процессов в репродуктивных органах свиноматок // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – №3. – С.71-74.
12. Важные гормоны во время беременности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flovit.ru/beremennost/diagnostika/gormon-beremennosti.html>.
13. Сидельникова В.М. Невынашивание беременности. – М.: Медицина, 1986. – 176 с.
14. Macias H, Hinck L. Mammary gland development // Wiley interdisciplinary reviews. developmental biology. – 2012. – N.1(4). – P.533–557.
15. Прогестерон и воспалительные реакции шейки матки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://biliofond.ru/view.aspx?id=729816>.

16. Эстрогены. Роль в организме. Плюсы и минусы матки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infopedia.su/8xd2d8.html>.
17. Эстрадиол при беременности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spuzom.com/estradiol-pri-beremennosti.html>.
18. Балашов Н.Г. Биометрические методы обработки материалов при биологических исследованиях (Вычисление коэффициента достоверности). В кн. Ветеринарный контроль при искусственном осеменении животных. – М.: Колос, 1980. – С. 231-235.

Поступила в редакцию 15.04.19

После доработки 10.07.19

Принята к публикации 03.08.19

Моделирование

УДК 910.1:531.3:574.9

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-62-65

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СУКЦЕССИОННЫХ ПЕРЕХОДОВ В АГРОЭКОЛОГИИ

А.Н. Салугин, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук,
400062, Волгоград, Университетский пр., 97
E-mail: saluginan@mail.ru

С помощью численного динамического моделирования в виде обыкновенных дифференциальных уравнений получены временные зависимости проективных покрытий для различных экотопов почвенных растительных сообществ на пастбищах аридных зон. Модели разработаны для динамики функционирования четырех типов фитоценозов с различными схемами взаимодействий. Разнообразие схем сукцессионных переходов обусловлено биологическим разнообразием и определяет механизмы процессов самоорганизации почвенных растительных экосистем. Взаимодействие между экотопами в динамических моделях описывается матрицей взаимных сукцессионных переходов между ними. Разработана методика вычислительного эксперимента для построения эволюции подобных переходов и выявления точек бифуркаций. Обнаружена зависимость эволюционных процессов от сложности внутренних связей в экосистеме. Показано, что способность пастбищных растительных сообществ к самовосстановлению связана с разнообразием их фитоценозов. Сформулированы синергетические положения совместного развития фитоценозов в режиме сукцессионных переходов.

NUMERICAL MODELING OF SUCCESSIONAL TRANSITIONS IN AGROECOLOGY

Salugin A.N.

The Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation
and Protective Forestry of the Russian Academy of Science,
400062, Volgograd, Universitetskij prp., 97
E-mail: saluginan@mail.ru

Time dependences of projective coatings for different ecotopes of soil plant communities on pastures of arid zones are obtained by numerical dynamic modeling in the form of ordinary differential equations. The models are developed for the dynamics of the functioning of four types of phytocenoses with different interaction schemes. The variety of schemes of succession transitions is caused by biological diversity and determines the mechanisms of self-organization of soil plant ecosystems. The interaction between ecotopes in dynamic models is described by a matrix of mutual successional transitions between them. A computational experiment technique is developed to construct the evolution of such transitions and identify bifurcation points. The dependence of evolutionary processes on the complexity of internal connections in the ecosystem was found. It is shown that the ability of pasture plant communities to self-recovery is associated with the diversity of their phytocenoses. Synergetic provisions of joint development of phytocenoses in the regime of succession transitions are formulated.

Ключевые слова: численное моделирование, обыкновенные дифференциальные уравнения, растительные сообщества, экотопы, эволюция, точка бифуркации, синергетика

Key words: numerical simulation, ordinary differential equations, plant communities, ecotops, evolution, bifurcation point, synergetics

Периодические изменения климата и нагрузок на почвенный покров при изменении животного населения приводят к смене состояний растительных ценозов [1]. Антропогенные воздействия на экосистему: выруб-ка лесов, выжигание кустарников, перевыпас пастбищ обуславливают деградацию почвенного растительного покрова и в результате опустынивание [2]. Подобные явления существенно изменяют естественную динамику растительных сообществ, находящихся в динамическом равновесии с биосферой. Взаимодействие между экотопами фитоценозов в процессе эволюции подчинено законам биогеоценозов. При этом их разрушение и восстановление протекают по механизму сукцессий [3]. Была разработана методика вычислительного эксперимента применительно к системам подобного типа на основе аналитических моделей с использованием ОДУ (обыкновенных дифференциальных уравнений) [4]. Эволюция экосистем, представляющая собой про-

цессы, протекающие в течение длительных интервалов (10–100 лет), отражается на компьютере за секунды. Непосредственная визуализация результатов в интерактивном режиме дает возможность направлять вычисления в нужном направлении, что значительно ускоряет достижение цели моделирования. Для выявления причин деградации и определения факторов, влияющих на ее динамику, последовательно изучено несколько вариантов моделей, отличающихся друг от друга схемами взаимодействий между экотопами.

Методика. Сукцессионные переходы и их динамика были изучены нами ранее в работах [2, 4–6] методом марковских цепей с дискретными переходами (дискретное время). В настоящей работе использовали технологию непрерывного моделирования с применением дифференциальных уравнений [7,8].

Были рассмотрены сукцессионные переходы между четырьмя экотопами по схеме, представленной на рис. 1а.

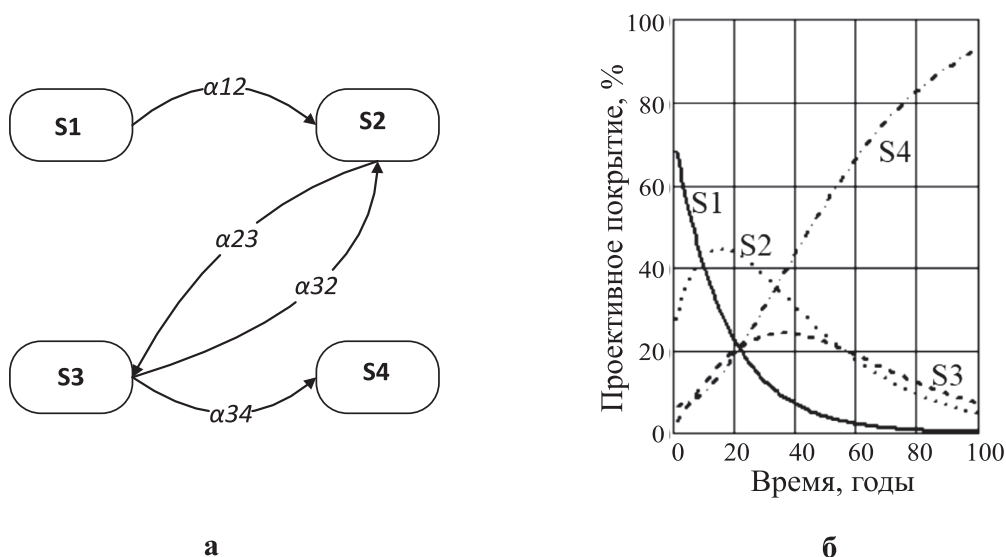


Рис. 1. Ориентированный граф переходов – а и численное решение математической модели (1) с прямыми переходами (разрушение) между элементами S_1 , S_2 , S_3 и S_4 и обратными (восстановление) – для S_2 и S_3 – б.

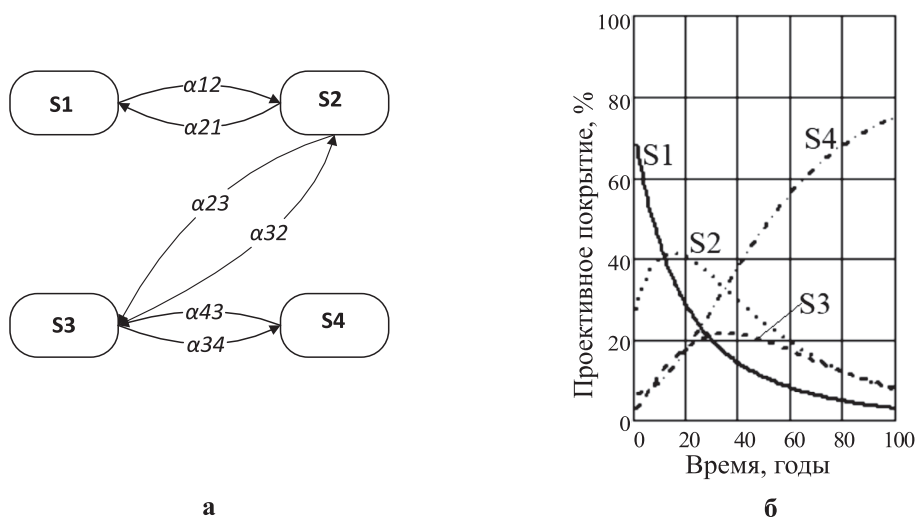


Рис. 2. Ориентированный граф модели (2) – а и ее численное решение – б. Включены обратные переходы между смежными экотопами для S_1 и S_4 .

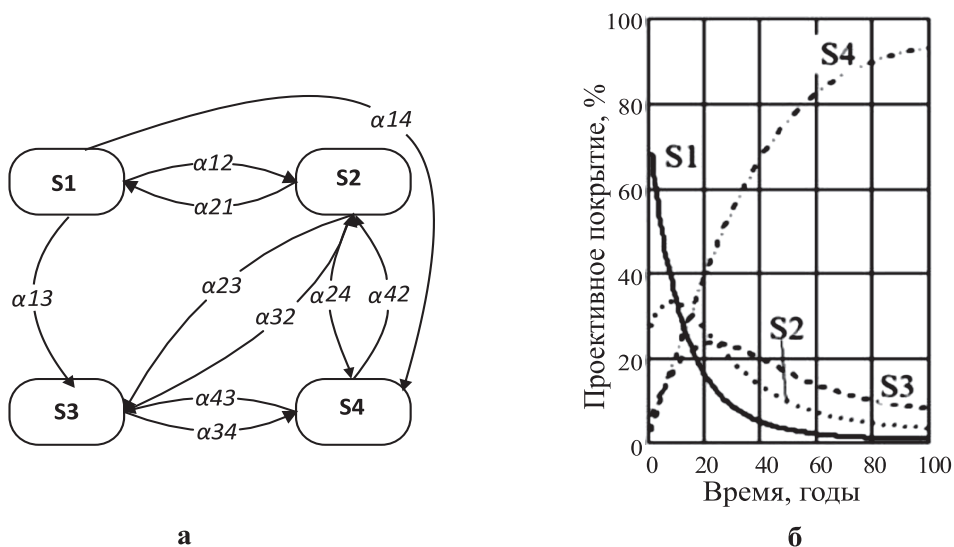


Рис. 3. Ориентированный граф модели (3) с десятью переходами – а и численное решение математической модели – б.

Процесс деградации идет от 1-го к 4-му фитоценозам, в то время как промежуточные обмениваются проективными покрытиями по сукцессионному механизму. Система ОДУ для этой схемы имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = -\alpha_{12} S_1 \\ \frac{dS_2}{dt} = \alpha_{12} S_1 - \alpha_{23} S_2 + \alpha_{32} S_3 \\ \frac{dS_3}{dt} = \alpha_{23} S_2 - (\alpha_{32} + \alpha_{34}) S_3 \\ \frac{dS_4}{dt} = \alpha_{34} S_3, \end{cases} \quad (1)$$

где S_i – проективные площади экотопов, α_{ij} – интенсивности сукцессионных переходов.

Модель (1) – математическое описание динамики четырех экотопов во времени. Вектор начальных значений (S) проективных покрытий и матрица переходов (α_{ij}) служили исходными данными для задачи Коши [8,9]:

$$S = \begin{pmatrix} 68.3 \\ 27.3 \\ 2.9 \\ 1.5 \end{pmatrix} \quad \alpha_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 0.116 & 0.046 & 0.017 \\ 0.026 & 0 & 0.076 & 0.039 \\ 0 & 0.009 & 0 & 0.107 \\ 0 & 0.003 & 0.005 & 0 \end{pmatrix} \quad (1a)$$

Модель решали численно методом конечных разностей при известных начальных условиях и коэффициентах переходов [2]. Начальные условия вводили в виде вектора с компонентами проективных покрытий для исходных растительных сообществ пастбищ (S_1) деградированных финальных состояний в виде опустыненных территорий (S_4) [6]. Из рис. 1 б видно, что S_1 и S_4 – монотонные кривые, в то время как S_2 и S_3 имеют максимумы. В природе сукцессии возникают в тех случаях, когда изменяются условия произрастания для растительных сообществ и они переходят в другой биотический вид [1-3, 9].

В настоящей работе сделана попытка выявить закономерности сукцессий пастбищных экотопов по положению экстремумов S_2 и S_3 , сравнивая их в моделях с разным числом связей. Необратимое и всевозрастающее разрушение растительности, полученное в модели (1), объясняется отсутствием восстановительных переходов для финального состояния (экотоп S_4). Для более детальной картины дефляции в модели учтено восстановление экотопов S_1 и S_4 по схеме, приведенной на рис. 2.

В данном варианте учтены прямые и обратные переходы; для смежных экотопов система приобретает вид:

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = -a_{12} S_1 + a_{21} S_2 \\ \frac{dS_2}{dt} = a_{12} S_1 - (a_{23} + a_{21}) S_2 + a_{32} S_3 \\ \frac{dS_3}{dt} = a_{23} S_2 - (a_{34} + a_{32}) S_3 + a_{43} S_4 \\ \frac{dS_4}{dt} = a_{34} S_3 - a_{43} S_4. \end{cases} \quad (2)$$

Для S_1 и S_4 добавлены восстановительные переходы с коэффициентами a_{21} и a_{43} . Графически это решение представлено на рис. 2 б. Сравнивая результаты моделей (1) и (2), отметим их различие: S_4 модели (2) асимптотически стремится к насыщению, что, на наш взгляд, связано с увеличением числа связей в схемах взаимодействия фитоценозов.

Рассмотрим более общую схему вида (рис. 3) для модели (3). В этом случае учтены все связи, которые были определены из дистанционных наблюдений [4]:

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = -(\alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14}) S_1 + \alpha_{21} S_2 \\ \frac{dS_2}{dt} = \alpha_{12} S_1 - (\alpha_{23} + \alpha_{21} + \alpha_{24}) S_2 + \alpha_{32} S_3 + \alpha_{42} S_4 \\ \frac{dS_3}{dt} = \alpha_{13} S_1 + \alpha_{23} S_2 - (\alpha_{34} + \alpha_{32}) S_3 + \alpha_{43} S_4 \\ \frac{dS_4}{dt} = \alpha_{14} S_1 + \alpha_{24} S_2 + \alpha_{34} S_3 - (\alpha_{42} + \alpha_{43}) S_4. \end{cases} \quad (3)$$

Решение (3) графически представлено на рис. 3 б. Наблюдается четкое насыщение результатов деградации, в то время как исходный экотоп практически уничтожен. Промежуточные виды S_2 и S_3 описываются кривыми с ярко выраженными максимумами.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим некоторые детали модельных уравнений. Первое уравнение

$$\frac{dS_1}{dt} = -\alpha_{12} S_1 + \alpha_{21} S_2$$

описывает взаимодействие между первым S_1 и вторым S_2 видами фитоценозов по следующему механизму: с интенсивностью α_{12} S_1 «передает» пространственные ресурсы (знак у коэффициента α_{12} отрицательный) экотопу S_2 . S_2 «возвращает» часть проективной площади экотопу S_1 с интенсивностью α_{21} (знак положительный).

Для дефляции это означает, что разрушение S_1 протекает с коэффициентом деградации α_{12} , а восстановление – с коэффициентом α_{21} . Более развитой схемой взаимодействий обладают растительные сообщества экотопов S_2 и S_3 , которые имеют степень инцидентности (число связей с другими экотопами), равную четырем. В этом случае для процессов дефляции и восстановления реализуется возможность более свободного и динамичного их поведения: по четырем каналам протекают их разрушение и восстановление с соответствующими интенсивностями. Дифференциальные соотношения между S_3 и S_4 были получены аналогично.

Вычислительные эксперименты на динамических моделях указывают на то, что жизненный цикл растительности на почвах аридных пастбищ обусловлен сукцессионными переходами. При этом важно знать поведение точек бифуркаций в динамике промежуточных экотопов. Движение растительных сообществ к устойчивому динамическому развитию самоорганизации определяется их биоразнообразием, в рассматриваемом случае – экотопами S_2 и S_3 , поведение которых существенно влияет на самовосстановление. Эти два вида растительных сообществ являются своеобразными переносчиками от исходного состояния почвенно-растительной системы к конечному. Для более точного описания процесса мы провели графический

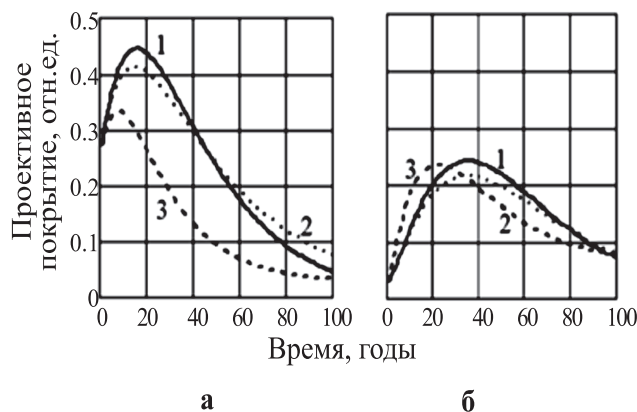


Рис. 4. Эволюция промежуточных экотопов:
а – S_2 и б – S_3 .
Номера кривых соответствуют номерам моделей.

анализ моделей с учетом различного числа взаимных переходов в сукцессиях промежуточных экотопов. На рис. 4 четко видно смещение точек бифуркаций в направлении убывания времени их наступления. Причина такого явления связана с тем, что при увеличении степени свободы экосистемы динамика процессов становится более интенсивной.

Смещение максимумов влево по времени для промежуточных экотопов обусловлено изменением числа связей в орграфе структуры модели. Такое смещение можно связать с пространственным биоразнообразием внутри проективного покрытия экотопов. Тогда становится очевидным ускорение процессов деградации по сукцессионному механизму: чем больше связей, тем интенсивнее процесс. При этом степень инцидентности ориентированного графа сукцессий ассоциируется с биоразнообразием. Когда полностью произойдет распад экосистемы, число экотопов уменьшится до одного – останется лишь S_4 ; резко изменится число растительных видов (биоразнообразие уменьшится) и процесс остановится. Для восстановления растительности (обратные сукцессионные переходы) потребуются новые условия (климатические, антропогенные, фитомелиоративные и другие). Используемая в моделях матрица переходов отражает сукцессионные процессы разрушения: интенсивность прямых (разрушительных) переходов выше, чем восстановительных. Синергетические аспекты самоорганизации экосистем требуют следующие решения ОДУ: их характеристические уравнения должны иметь положительные действительные части корней [5]. Таким образом, аналитические модели в виде ОДУ позволяют перевести проблему синергетической устойчивости и самоорганизации экосистем [12–16] в математическую задачу устойчивости решений дифференциальных уравнений [10]. Задачи синергетики растительных сообществ можно решить на основе их биоразнообразия с использованием математического моделирования. Численные эксперименты в нескольких вариантах связей между различными видами биоценозов на пространстве их проективных покрытий качественно различаются в эволюции. Количественные определения параметров устойчивости через коэффициенты переходов a_{ij} и a_{ji} требуют более детальной математической теории [11–13]. При изуче-

нии динамики дефляции фитоценозов на пастбищах не менее значим учет антропогенного воздействия, приводящего к потере их способности к самовосстановлению. Для выявления условий функционирования экосистем с самовосстановлением необходимо перейти от задач устойчивости к синергетической самоорганизации, представляющей более сложную проблему составления математического образа экосистемы с обострением [12].

Литература

1. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.
2. Салугин А.Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Волгоград, 2006.
3. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломеч А.И. Современная наука о растительности: учебник. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
4. Кулик К.Н., Салугин А.Н. Марковские цепи дефляции почвенно-растительного покрова пастбищ Черных земель. // Доклады Россельхозакадемии. 2003. – №5. С. 34–37.
5. Кулик К.Н., Салугин А.Н., Сидорова Е.А. Динамическая устойчивость аридных экосистем // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18, – №2 (51), – С.28–34.
6. Салугин А.Н., Кулик К.Н. Моделирование, прогноз и оптимальное управление в экологии почвенно-растительного покрова Калмыкии // Аридные экосистемы. – 2001. – Т.7. – №14–15. – С.11–21.
7. Свирижев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
8. Салугин А.Н., Кулик К.Н. Математические модели динамики и прогноза эволюции аридных экосистем (монография). – Волгоград, Волгоградское научное издательство, 2006. – 180 с.
9. Jorgensen S.E., Bendorichio G., Fundamentals of Ecological Modelling, 3rd ed. (Developments in Environmental Modelling, V. 21). – Amsterdam: Elsevier, 2001. – 530 p.
10. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам; пер. с англ. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
11. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 736 с.
12. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомыры. – С.-Пб.: Алетейя, 2002. – 414 с.
13. Самарский А.А., Курдюмов С.П. Парадоксы многовариантного нелинейного мира // Гипотезы и прогнозы. – М.: Знание, 1989. – С. 8–29.
14. Пригожин И. От существующего к возникающему / Под ред. Ю.Л. Климонтовича; пер. с англ. – М.: Наука, 1985. – 327 с.
15. Логофет Д.О., Денисенко Е.А., Голубятников Л.Л., 2005. Сукцессии в лесостепи в условиях изменения климата: модельный подход // Журн. общ. биологии. – 2003. – Т. 66. – № 2. – С.136–145.
16. Logofet D.O., Ulanova N. G., Klochkova I.N., Demidova A.N. Structure and dynamics of a clonal plant population: Classical model results in a non-classic formulation // Ecological Modelling. – 2006. – V. 192. – P. 95–106.

Поступила в редакцию 15.05.19

После доработки 03.07.19

Принята к публикации 10.08.19

Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

УДК 633.11: 664.788 + 664.668.9

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-66-71

МУКОМОЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА СОРТОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Р.Х. Кандроков¹, кандидат технических наук, **М.Ш. Бегаулов²**,
В.Н. Игонин², кандидаты сельскохозяйственных наук, **Р.В. Наумович²**, аспирант

¹Московский государственный университет пищевых производств,
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 47
E-mail: nart132007@mail.ru

Исследованы мукомольные свойства зерна 5 сортов и сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы: Победа 70, Донская элегия, Безенчукская Нива, Триада, Николаша, выращенных в Московской и Орловской областях. Особый интерес представляет сортообразец твердой озимой пшеницы Победа 70, созданный в лаборатории селекции и семеноводства полевых культур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и характеризующийся высокой зимостойкостью и урожайностью (до 7 т/га). Размол исходных образцов проводили по развитой технологической схеме с включением драных, ситовечных и шлифовочных, а также вымольной систем. Анализ показателей качества продуктов переработки представленных сортов и сортообразцов (макаронной крупки, полукрупки и муки второго сорта) показал, что из пяти образцов твердой пшеницы три обладают отличными мукомольными свойствами, один образец – хорошими мукомольными свойствами и еще один образец – удовлетворительными. Выход муки высшего сорта для макаронных изделий по ГОСТ 31463-2012 в образцах твердой пшеницы составил 56,1-68% при общем выходе макаронной крупки и муки 80,0-86,5%. Лучшими мукомольными свойствами обладало зерно сортообразцов твердой яровой пшеницы Триада и твердой озимой пшеницы Победа 70 (Орловская область), из которого удалось получить 68 и 67% муки высшего сорта для макаронных изделий (по показателю зольности) при общем выходе муки 82,9 и 84,5% соответственно. Худшие мукомольные свойства отмечены у зерна сорта твердой яровой пшеницы Николаша, выращенного в условиях Московского региона, из которого не удалось получить муки высшего сорта для макаронных изделий.

THE MILLING PROPERTIES OF GRAIN VARIETIES AND PROMISING VARIETIES OF SOLID WINTER AND SPRING WHEAT

Kandrokov R.H.^{1,2}, Begeulov M.Sh.², Igonin V.N.², Naumovich R.V.²

¹Moscow State University of Food Production,
125080, Moscow, Volokolamskoye shosse, 11

²Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva,
127550, Moskva, ul. Timiryazevskaya, 47
E-mail: nart132007@mail.ru

Milling properties of grain of 5 varieties and varieties of solid winter and spring wheat were studied: Victory 70, Don Elegy, Bezenchukskaya Niva, Triada, Nikolasha, grown in the Moscow and Orel regions. Of particular interest is the variety of hard winter wheat Pobeda 70, created in the laboratory of breeding and seed production of field crops of the RASU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, and characterized by high winter hardiness and yield (up to 7 t / ha). The grinding of the initial samples was carried out according to the developed technological scheme with the inclusion of torn, grate and sanding systems, as well as the effluent system. Analysis of the quality indicators of the processed products of the presented varieties and variety samples (macaroni groats, half-cuts and second-grade flour) showed that, of the seven samples of durum wheat, five have excellent milling properties, one sample has good milling properties, and another sample is satisfactory. The yield of the highest-grade flour for pasta according to GOST 31463-2012 in the presented samples of durum wheat was 56.1-68%, with the total yield of pasta grains and flour from 80.0 to 86.5%. The best flour-grinding properties were the grain of variety samples of solid spring wheat Triad and hard winter wheat Pobeda 70, grown in conditions of the Oryol region, from which 68 and 67% high-grade flour for pasta were obtained (in terms of ash content) with a total flour yield of 82.9 and 84.5%, respectively. The worst flour-milling properties were the grain of the hard spring wheat Nikolash, grown in the conditions of the Moscow region, from which it was not possible to obtain top-grade flour for pasta.

Ключевые слова: твердая пшеница, помол, макаронная крупка, извлечение, выход, качество, зольность

Key words: hard wheat, grind, yield, quality, macaroni, extraction, ash content

Обеспечение качественными продуктами питания – одно из требований социального достатка и здоровья населения. Чем выше его уровень, тем больше востребованность в потребительской корзине качественных и натуральных продуктов питания. Макароны изде-

лия (макаронны), выработанные из муки зерна твердой пшеницы, являются продуктами не только здорового, но и составной частью диетического питания благодаря находящимся в них органическим соединениям. Зерно твердой пшеницы богато витаминами и минералами

[1]. Мука из твердой пшеницы и макаронные изделия из нее имеют более низкие значения гликемического индекса, чем из мягкой пшеницы, легко усваиваются, а активные углеводы и полезные минеральные вещества улучшают пищеварение и обмен веществ, что положительно сказывается на здоровье человека [2, 3].

Следует отметить, что спрос на твердую пшеницу в России растет, но объем производимого товарного зерна явно недостаточен для обеспечения населения высококачественными макаронными изделиями и зависит от года урожая и условий выращивания [4]. Годовая потребность Российской Федерации в зерне твердой пшеницы, по оценкам специалистов, составляет около 2 млн т. При этом объем валового сбора твердой пшеницы, по разным оценкам, не превышает 500 тыс. т, хотя по стоимости она превосходит мягкую пшеницу в 1,5-2 раза.

Исследования зарубежных ученых за последние десять лет в основном связаны с влиянием климатических условий на урожайность зерна твердой и мягкой пшеницы, его санитарное состояние [5-13]. Со стороны сельхозпроизводителей различных регионов нашей страны также возрастает интерес к производству твердой озимой и яровой пшеницы.

Зерно твердой пшеницы обладает способностью давать муку высоких сортов (крупку и полукрупку) с наибольшим выходом при оптимальных условиях переработки и наименьших затратах энергии. Мукомольные свойства зерна характеризует комплекс показателей: количество и качество извлеченных крупок; степень вымалываемости; общий выход муки и ее качество; выход и качество муки высоких сортов (высшего и первого); расход электроэнергии на производство 1 т муки. Эти показатели зависят от соотношения составных частей пшеницы (эндосперма, алейронового слоя, зародыша и оболочек), а также от стекловидности, натуры, массы 1000 зерен, количества и качества клейковины, влажности и зольности исходного зерна. Исследование технологических (мукомольных) свойств зерна сортов и перспективных сортообразцов озимой твердой и яровой пшеницы будет способствовать расширению ассортимента исходного сырья при подготовке помольных партий для переработки на мукомольных предприятиях. Кроме того, твердая пшеница более дорогостоящая, чем мягкая, и обладает повышенным экспортным спросом.

Цель настоящей работы – изучение мукомольных свойств зерна сортов и перспективных сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы, выращенных в Московской и Орловской областях, для их возможного использования на макаронные изделия.

Методика. Изучены мукомольные свойства зерна твердой яровой пшеницы сорта Николаша и сортообразца твердой озимой пшеницы Победа 70 (на разных фонах минерального питания), выращенного в условиях селекционной станции имени П.И. Лисицына РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. Основное минеральное удобрение под твердую озимую пшеницу вносили после вспашки, под предпосевную культивацию – в форме азофоски $N_{16}P_{16}K_{16}$ (200 кг/га физической массы). Первую ранневесеннюю подкормку аммиачной селитрой N_{75} проводили в период начала отрастания растений; вторую азотную подкормку N_{35} – в конце фазы выхода в трубку (стадия ВВСН 32-35 – международная шкала стадий развития зерновых). На втором фоне минерального питания озимой пшеницы Победа 70 вносили третью азотную подкормку

N_{35} в фазе колошения. Система минерального питания твердой яровой пшеницы сорта Николаша состояла из предпосевного внесения азофоски $N_{16}P_{16}K_{16}$ (200 кг/га физической массы) и азотной подкормки N_{50} в фазе кущения. Определяли также мукомольные свойства зерна сортов твердой яровой пшеницы Донская элегия, Безенчукская Нива и сортообразцов твердой яровой пшеницы Триада, твердой озимой пшеницы Победа 70, выращенных в Орловской области (Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур). Основное минеральное удобрение под озимую пшеницу сорта Победа 70 вносили осенью, в виде диаммофоски $N_{10}P_{26}K_{26}$ (150 кг/га физической массы). Первую ранневесеннюю подкормку аммиачной селитрой N_{75} проводили в период начала отрастания растений; вторую подкормку азофоской $N_{16}P_{16}K_{16}$ – в конце фазы выхода в трубку. Под твердую яровую пшеницу вносили основное удобрение в виде диаммофоски $N_{10}P_{26}K_{26}$ (150 кг/га физической массы), азотную подкормку аммиачной селитрой N_{50} проводили в фазе кущения [14, 15].

Экспериментальные исследования проведены в отделе комплексной переработки и безопасности зерна и зернопродуктов ВНИИ зерна – филиале Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова РАН. Объект исследования – 5 сортов и сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы: Победа 70, Донская элегия, Безенчукская Нива, Триада, Николаша. Исходные показатели качества зерна твердой пшеницы представлены в табл. 1. Физико-химические свойства зерна определяли в соответствии с действующими стандартами на методы анализа.

Поскольку исследуемые образцы содержали минимальное количество сорной и зерновой примеси, технологический процесс подготовки зерна озимой твердой пшеницы к помолу включал только гидротермическую обработку: зерно увлажняли до 16,0-16,5% и отвлаживали в течение 12 ч [16].

Потенциальные мукомольные свойства зерна всех сортов и сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы исследовали по усовершенствованной развитой технологической схеме, разработанной во ВНИИ зерна – филиале ФНЦ пищевых систем имени В.М. Горбатова РАН. Схема включает 6 драных, 3 шлифовочных, 3 ситовеечных и 1 вымольную систему [17]. Измельчение осуществляли на размоло-сортирующем агрегате РСА-4 (Россия). На всех системах технологической схемы переработки зерна озимой твердой пшеницы использовали рифленые вальцы с расположением рифлей острие по острию. Параметры и режимы измельчения на вальцовых станках для всех сортов твердой озимой пшеницы оставались неизменными. Просеивание измельченного зерна проводили на лабораторном отсеиве, обогащение промежуточных продуктов размолы – на лабораторной ситовеечной машине. Набор сит и скорость воздушного потока ситовеечной машины подбирали для каждой фракции в зависимости от крупности обогащаемого продукта. Параметры и режимы измельчения соответствовали рекомендованным правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах для макаронных помолов твердой пшеницы. Зольность продуктов переработки зерна твердой пшеницы определяли по ГОСТ 27494-2016, влажность – по ГОСТ 13586.5-2015.

Результаты и обсуждение. Лабораторные помолы для определения потенциальных мукомольных свойств исходных 5 сортов и сортообразцов зерна твердой пшеницы проводили для каждого образца отдельно, с

Табл. 1. Физико-химические свойства зерна твердой пшеницы

№	Сорт или сортообразец	Биологическая форма	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Общая стекловидность, %	Число падения, с	Массовая доля белка, %-	Массовая доля сырой клейковины, %	Качество сырой клейковины	
									ед. прибора ИДК	группа
Московская область										
1	Сорт Николаша	Яровая	824	46	36	476	9,3	21,2	89	II
2	Сортообразец Победа 70*	Озимая	813	50	89	252	10,9	22,0	82	II
3	Сортообразец Победа 70**		802	51	94	214	11,5	23,8	78	II
Орловская область										
4	Сорт Донская элегия	Яровая	809	54	93	350	13,6	28,2	78	II
5	Сорт Безенчукская Нива		812	55	94	405	12,8	27,4	80	II
6	Сортообразец Триада		805	49	89	433	11,7	24,2	-	III
7	Сортообразец Победа 70		Озимая	804	57	98	256	14,7	31,6	88
*При внесении $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_0$.										
** $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_{35}$.										

Табл. 2. Извлечение промежуточных продуктов переработки на драных системах из зерна сортов и сортообразцов твердой пшеницы

Сорт или сортообразец	Извлечение на системе, %			Общее извлечение, %
	первой	второй	третьей	
Московская область				
Сорт Николаша	46,3	38,8	42,5	75,9
Сортообразец Победа 70*	25,9	41,8	50,3	78,6
Сортообразец Победа 70**	23,7	39,0	53,3	78,3
Орловская область				
Сорт Донская элегия	19,7	40,2	50,9	76,4
Сорт Безенчукская Нива	25,8	40,6	51,6	79,4
Сортообразец Триада	26,8	41,4	50,3	78,7
Сортообразец Победа 70	21,9	43,0	49,5	77,5
*При внесении $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_0$.				
** $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_{35}$.				

Табл. 3. Извлечение промежуточных продуктов переработки на шлифовочных системах из зерна сортов и сортообразцов твердой пшеницы

Сорт или сортообразец	Извлечение на системе, %			Общее извлечение, %
	первой	второй	третьей	
Московская область				
Сорт Николаша	60,7	66,3	34,4	91,3
Сортообразец Победа 70*	55,6	60,8	41,1	89,8
Сортообразец Победа 70**	63,1	66,3	40,0	92,5
Орловская область				
Сорт Донская элегия	49,2	66,9	40,7	90,0
Сорт Безенчукская Нива	56,9	62,0	40,4	90,2
Сортообразец Триада	61,8	67,0	27,0	90,8
Сортообразец Победа 70	56,4	63,7	40,8	90,6
*При внесении $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_0$.				
** $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_{35}$.				

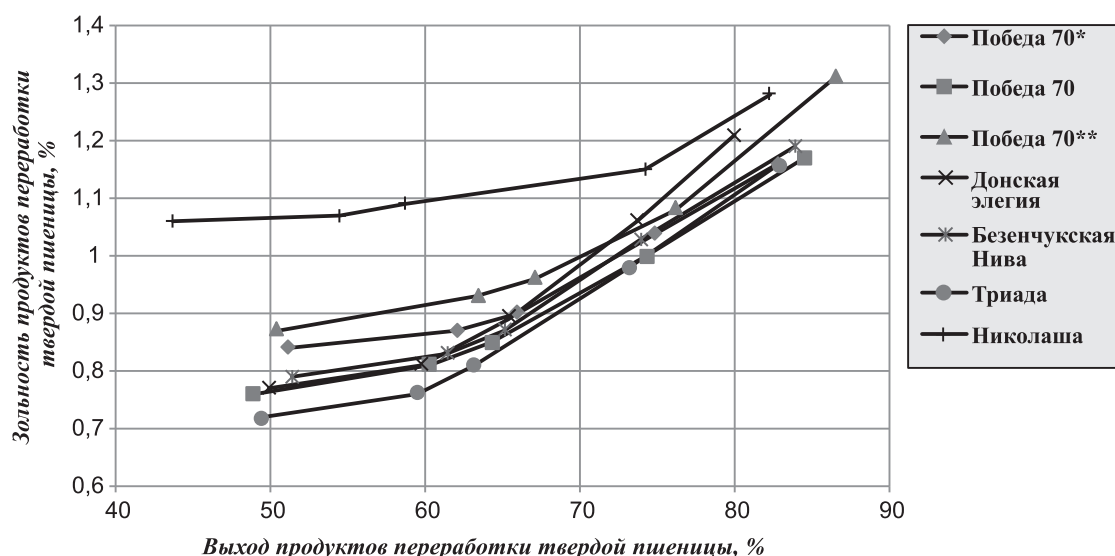
получением четырех продуктов измельчения: макаронной крупки размером 315-560 мкм, макаронной крупки размером 220-315 мкм, муки второго сорта (проход 220 мкм) и отрубей.

Режимы извлечения промежуточных продуктов переработки сортов и сортообразцов зерна озимой твердой пшеницы составили на первой драной системе

19,7-46,3%, на второй – 38,8-43,0% и на третьей – 42,5-53,3% (табл. 2). Суммарное извлечение промежуточных продуктов измельчения на всех драных системах было повышенным, что свидетельствует о хорошем процессе крупобразования, и составляло 75,9-79,4%. Извлечение на 1-й шлифовочной системе соответствовало 49,2-63,1%, на 2-й – 60,8-67,0% и на 3-й – 27,0-41,1% (табл. 3).

Табл. 4. Выход и качество продуктов переработки из зерна сортов и перспективных сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы

Продукт	Выход, %	Зольность, %
Московская область		
<i>Помол №1, сорт Николаша</i>		
Крупка	54,5	1,04
Мука 2 сорта	27,8	1,71
Отруби	17,7	5,81
<i>Помол №2, сортообразец Победа 70*</i>		
Крупка	62	0,87
Мука 2 сорта	20,8	1,32
Отруби	17,2	5,42
<i>Помол №3, сортообразец Победа 70**</i>		
Крупка	63,3	0,93
Мука 2 сорта	23,2	2,33
Отруби	13,5	5,76
Орловская область		
<i>Помол №4, сорт Донская элегия</i>		
Крупка	59,8	0,81
Мука 2 сорта	20,2	2,38
Отруби	20	5,74
<i>Помол №5, Сорт Безенчукская Нива</i>		
Крупка	61,4	0,83
Мука 2 сорта	22,5	2,18
Отруби	16,1	5,33
<i>Помол №6, сортообразец Триада</i>		
Крупка	59,5	0,76
Мука 2 сорта	23,4	2,17
Отруби	17,1	5,55
<i>Помол №7, сортообразец Победа 70</i>		
Крупка	59,3	0,83
Мука 2 сорта	24,2	1,96
Отруби	15,4	5,42
*При внесении $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_0$		
** $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_{35}$		



Кумулятивные кривые зольности продуктов переработки твердой озимой и яровой пшеницы.

*При внесении $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_{\sigma}$
 ** $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{75} + N_{35} + N_{35}$

Данные табл. 4 и кумулятивные кривые зольности продуктов переработки из зерна сортов и сортообразцов твердой пшеницы (рис.) показывают высокий общий выход макаронной крупки и муки для образцов, который составил 80,0-86,5%. При этом самый высокий выход муки для макаронных изделий, отвечающей по показателю зольности требованиям, предъявляемым ГОСТ 31463-2012 к муке высшего сорта, удалось получить из зерна сортообразцов твердой яровой пшеницы Триада (68%) и твердой озимой пшеницы Победа 70 (67%) в условиях Орловской области.

Выход муки высшего сорта для макаронных изделий для остальных сортов и сортообразцов составил: из зерна сортообразцов Победа 70* – 65,2%, Победа 70** – 56,1%, из зерна сортов Донская элегия – 65,8%, Безенчукская Нива – 67,5% при условии доведения зольности муки до величины, регламентируемой стандартом для муки высшего сорта (не более 0,90%). Из зерна твердой яровой пшеницы сорта Николаша, выращенного в условиях Московской области, не удалось получить муки высшего сорта для макаронных изделий, а только муку первого сорта (77,5%).

Таким образом, из пяти изученных сортов и сортообразцов твердой озимой и яровой пшеницы, выращенных в Московской и Орловской областях, три обладают отличными мукомольными свойствами и могут быть рекомендованы как для самостоятельной переработки в муку для макаронных изделий, так и для подсортировки в качестве улучшителя при составлении помольных партий на мукомольных заводах. Сравнительный анализ технологических свойств зерна сортообразца высокозимостойкой твердой озимой пшеницы Победа 70 селекции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, характеризующегося повышенной урожайностью (до 7 т/га), позволяет сделать вывод о его отличных мукомольных свойствах в сравнении с другими сортами и сортообразцами. Этот сортообразец можно рекомендовать для районирования в разных регионах РФ, в том числе и в Центральном федеральном округе.

Суммарное извлечение промежуточных продуктов измельчения сортов и сортообразцов твердой пшеницы на первой-третьей драных системах составило 75,9-79,4%, что свидетельствует о хорошем процессе крупобразования.

Выход муки для макаронных изделий, отвечающей по показателю зольности требованиям, предъявляемым ГОСТ 31463-2012 к муке высшего сорта, в образцах из зерна твердой пшеницы составил 56,1-68% при общем выходе макаронной крупки и муки 80,0-86,5%.

Лучшими мукомольными свойствами обладает зерно сортообразцов твердой яровой пшеницы Триада и твердой озимой пшеницы Победа 70, выращенное в Орловской области, из которого удалось получить 68 и 67% муки высшего сорта для макаронных изделий при общем выходе 82,9 и 84,5% соответственно.

Худшими мукомольными свойствами обладает зерно твердой яровой пшеницы сорта Николаша, выращенное в условиях Московской области, из которого не удалось получить муки высшего сорта для макаронных изделий.

Литература

1. Ткачев А.В. Производство макарон: проблемы и задачи // *Хлебопродукты*. – 2012. – №10. – С. 16-17.
2. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник /Под редакцией А.В. Ткачева. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
3. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Леценко М.А. Состояние и задачи селекции твердой озимой пшеницы в изменяющихся условиях климата // *Аграрный вестник Урала*. – 2015. – № 12 (142). – С. 18-23.
4. Сандакова Г.Н. Макароны свойства различных сортов твердой пшеницы в природно-климатических зонах Оренбургской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2018. – № 5 (73). – С. 67-70.
5. Rebolledo S., Beltrán S., Sanz M.T., González-Sanjósé

- M.L. Supercritical fluid extraction of wheat bran oil: study of extraction yield and oil quality // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2014. – Т. 116. – № 3. – С. 319-327.
6. Mishra C.N., Tiwari V., Kumar A., Sharma I. Yield and nutrients content of two contrasting (spring and winter) crossed ecotypes of wheat // *Bangladesh Journal of Botany*. – 2017. – Т. 46. – № 1. – С. 179-185.
7. AL-Ghumaiz N.S. Yield performance quality of eight wheat genotypes under organic and conventional farming system in Saudi Arabia // *Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food*. – 2014. – Т. 2. – С. 20-24.
8. Torrion J.A., Stougaard R.N. Impacts and limits of irrigation water management on wheat yield and quality // *Crop Science*. – 2017. – Т. 57. – № 6. – С. 3239-3251.
9. Calzarano F., Stagnari F., D'egidio S., Pagnani G., Galieni A., Pisante M., Di Marco S., Metruccio E.G. Durum wheat quality, yield and sanitary status under conservation agriculture // *Agriculture*. – 2018. – Т. 8. – № 9. – С. 140.
10. Bilgin O., Başer İ., Korkut K.Z., Guzmán C., Crossa J. Evaluation of grain yield and quality traits of bread wheat genotypes cultivated in northwest Turkey. // *Crop Science*. – 2016. – Т. 56. – № 1. – С. 73-84.
11. Kenzhebayeva S.S., Doktyrbay G., Omirbekova N.Z., Tashenev D.K., Capstaff N.M., Miller A.J., Sarsu F., Eilam T. Searching a spring wheat mutation resource for correlations between yield grain size, and quality parameters // *Journal of Crop Improvement*. – 2017. – Т. 31. – № 2. – С. 209-228.
12. Barron C., Samson M.F., Lullien-Pellerin V., Rouau X. Wheat grain tissue proportions in milling fraction using biochemical marker measurements: application to different wheat cultivars. // *Journal of Cereal Science*. – 2011. – Т. 53. – № 3. – С. 306-311.
13. Ji H., Xiao L., Xia Y., Song H., Liu B., Tang L., Cao W., Zhu Y., Liu L. Effects of jointing and jointing and booting low temperature stresses grain yield and yield components in wheat. // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2017. – Т. 243. – С. 33-42.
14. Бегулов М.Ш., Игонин В.Н. Физико-химические свойства зерна перспективного сортотипа озимой твердой пшеницы Победа 70 // *Доклады ТСХА: Сборник статей*. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. – 2017. – Вып. 289. – Ч.1. – С. 114-116.
15. Наумович Р.В., Бегулов М.Ш., Игонин В.Н. Технологические свойства зерна перспективных сортотипов мягкой и твердой озимой пшеницы // *Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина*, 2018. – С. 178-182.
16. Кандроков Р.Х., Дулаев В.Г., Шнейдер Д.В., Казеннова Н.К. Влияние содержания белозерной пшеницы в твердой пшенице на выход и качество муки и макаронных изделий // *Хлебопродукты*. – 2011. – № 5. – С. 52-53.
17. Дулаев В.Г., Кандроков Р.Х. Фракционная технология производства макаронной муки из твердой пшеницы // *Хлебопродукты*. – 2009. – № 10. – С. 50-52.

Поступила в редакцию 06.05.19
После доработки 17.08.19
Принята к публикации 02.09.19

Механизация

УДК 631.17:633.1

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-72-75

АДАПТАЦИЯ УСТРОЙСТВ ОБМОЛОТА К ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ УБИРАЕМЫХ КУЛЬТУР

Ю.Ф. Лачуга¹, академик РАН,
А.И. Бурьянов², В.И. Пахомов², доктора технических наук, И.В. Червяков²

¹Российская академия наук,
119134, Москва, Ленинский проспект, 32 а

²Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская область, Зерноград, Научный городок, 3
E-mail: vniizk30@mail.ru

Целью исследований было обоснование направлений снижения травмирования семян при уборке зерновых культур. Изучали молотильно-сепарирующие устройства зерноуборочных комбайнов; физико-механические характеристики растений на примере пшеницы; параметры и режимы молотильных устройств, обеспечивающие снижение травмирования зерна. Выявлено, что травмирование зерна есть следствие несоответствия параметров и режимов работы молотильно-сепарирующих устройств комбайнов характеристикам убираемых растений. Для обмолота зерна без травмирования ударный импульс должен обеспечить разрушение его связи с соцветием, но быть меньше усилий, ограничиваемого его упругими свойствами (пределом упругости). Зависимость среднего значения силы связи зерна с колосом от его температуры и влажности, температуры воздуха и продолжительности пребывания на корню с момента достижения полной спелости можно описать уравнением регрессии с коэффициентом корреляции 0,89 и коэффициентом детерминации 0,79. Это позволяет применить данное уравнение для оперативного управления частотой вращения барабана. Для оперативного управления подачей убираемой культуры в молотильное устройство комбайна на полях, урожайность на отдельных участках которых существенно различается, предложены методы, разрабатываемые для внедрения точного земледелия. Для получения информации об увеличении диапазона между силой связи и упругими свойствами зерна и определения зависимости силы связи зерна с колосом от свойств растений необходимы исследования свойств как применяемых в производстве сортов культур, так и новых сортов.

ADAPTATION OF DEVICES OF HEAP SEPARATION TO PHYSICAL AND MECHANICAL FEATURES OF CLEANED CULTURES

Lachuga Yu.F.¹, Bur'yanov A.I.², Pakhomov V.I.², Chervyakov I.V.²

¹Russian Academy of Sciences,
119134, Moskva, Leninskiy prospect, 32 a

²Agricultural research center "Donskoy",
347740, Rostovskaya oblast', Zernograd, Nauchnyj gorodok, 3
E-mail: vniizk30@mail.ru

Purpose of researches: justification of the directions of decrease in trauma-tizing seeds when cleaning grain crops. Objects of researches: the threshing and separating units of combine harvesters, physical and mechanical features of plants on the example of wheat, the parameters and the modes the threshing and separating units providing decrease in traumatizing grain. It is revealed that traumatizing grain is a consequence of discrepancy of parameters and operating modes of the threshing and separating units of combines, to characteristics of the removed plants. It is established for the grain thresh without traumatizing the shock impulse has to provide destruction of its communication with an inflorescence, but to be less effort, limited by its elastic properties (an elasticity limit). The dependence of average value of force of communication of grain with an ear on its temperature and humidity, air temperature and duration of stay on a root from the moment of achievement of full ripeness is described by the regression equation with coefficient of correlation 0.89 and coefficient of determination 0.79. It allows to apply it to operational management of the frequency of rotation of the drum. For operational management of giving of the removed culture in the threshing and separating units of the combine on fields which with crop capacity on certain sites, significantly differs it is offered to use the methods developed for introduction of exact agriculture. Obtaining information on increase in range between force of communication and elastic properties of grain and determination of dependence of force of communication of grain with an ear on properties of plants, requires carrying out researches of properties as the grades of cultures, and new grades.

Ключевые слова: комбайны, обмолот, потери, травмирование, удар, трение, зерно, прочностные характеристики, оперативное управление

Key words: combine harvester, heap separation, loss, shocks, friction, grain, strength characteristics, operational management

В соответствии с требованиями к зерноуборочным комбайнам, предусмотренными ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний» [1], а также рекомендациями по их эксплуатации, для достижения качественного выполнения технологического процесса величина потерь за комбайном и жаткой должна быть не более 2%, дробление зерна – не более 2%. Ограничение на степень травмирования зерна не предусмотрено ни инструкциями по эксплуатации ком-

байнов, ни ГОСТ. Однако при работе серийно выпускаемых зерноуборочных комбайнов на уборке зерновых культур, даже на рекомендуемых режимах, происходят механические потери зерна, его дробление выше допустимых значений, ограниченных ГОСТ [1], и травмирование до 40% [2-4].

По данным Оренбургского ГАУ, поступающий от комбайнов ворох содержит до 40-60% травмированного зерна. В процессе послеуборочной обработки травми-

руется еще 35-40% и в результате лишь незначительное количество зерна остается не поврежденным [2]. На уборке озимой мягкой пшеницы сорта Ермак степень повреждения зерна различными типами комбайнов составила: «Дон 1500» – 29%, «Винтерштайгер» – 29%, «Джон Дир» – 10%, «Кейс» – 12% [3]. Травмирование зерна приводит также к резкому снижению его всхожести. Так, по данным работ [3, 4], полевая всхожесть травмированных при обмолоте семян пшеницы снижалась до 82%. В процессе уборки за счет механических повреждений зерна страна ежегодно недобирает около 15 млн т зерна, что наносит ущерб на сумму свыше 100 млрд руб. [5]. На поверхности травмированного зерна образуются микротрещины, в которые проникают грибы и вирусы. В процессе хранения в зерне накапливаются продукты жизнедеятельности грибов, афла- и микотоксины, являющиеся сильнодействующими ядами [6-8]. Их наличие в зерне жестко ограничивается государственным и международным регламентом. В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 015/2011 в зерне, поставляемом на продовольственные нужды, содержание Афлатоксина В1 не должно превышать 0,005 мг/кг продукта, а на кормовые цели – 0,02 мг/кг. Поэтому необходим поиск путей, позволяющих резко снизить степень травмирования зерна и его потери.

Методика. Качество выполнения технологического процесса зерноуборочными комбайнами при соблюдении рекомендуемых режимов работы зависит от типа установленного на нем молотильно-сепарирующего устройства (МСУ), физико-механических характеристик убираемых культур и ряда внешних условий.

Подробный анализ МСУ представлен в работах [5, 9]. В конструкции серийно выпускаемых комбайнов реализуют три технологические схемы устройств: однобарабанные, двухбарабанные и роторные. Режим работы таких МСУ определяется скоростью движения агрегата, которая зависит от урожайности убираемой культуры, ширины захвата жатки, а также частотой вращения обмолачивающего устройства (барабана, ротора) и, следовательно, их окружной скоростью, обуславливающей величину ударного импульса, обеспечивающего наряду с трением материала о деку выделение зерна.

В однобарабанном МСУ реализован однофазный обмолот, при котором рекомендуемая частота вращения барабана и, следовательно, окружная скорость, составляет 29,3-33,5 м/с. Однофазный обмолот не соответствует физико-механическим и биологическим свойствам обрабатываемого продукта, в частности, прочности связи зерна с колосом. В двухбарабанном МСУ разность между скоростью хлебной массы на выходе из наклонной камеры и скоростью вращения первого барабана составляет ~ 20 м/с, а между окружной скоростью второго барабана и скоростью материала, выходящего с первого, – 12-17 м/с. Вследствие этого режим более мягкий, чем в комбайнах с однобарабанным молотильным устройством. В комбайнах с роторным МСУ обмолот осуществляется в результате трения и центробежного воздействия ротора на хлебную массу, перемещающуюся параллельно его оси [3].

В роторном МСУ ударное воздействие на хлебную массу минимальное. Это достигается за счет ее ускорения на выходе из наклонной камеры, изменения направления движения в сторону вращения ротора, увеличения зазора и длины пути, проходимого обмолачиваемой массой. Это свойство МСУ роторного типа и двухфазный способ обмолота, реализуемый в двухба-

рабанном МСУ, обеспечивают выделение зерен, имеющих различную силу связи с колосом, и позволяют снизить степень повреждения зерна до 10-12 % [3].

Анализ исследований, выполненных рядом авторов, показывает, что основная причина высокого уровня травмирования зерна зерновых культур при уборке зерноуборочными комбайнами – несоответствие их параметров и режимов работы характеристикам убираемых растений – силе связи зерна с колосом, ее зависимости от сортовых особенностей [10], неравномерности распределения по длине колоса [11], прочностным свойствам зерна [12, 13], изменению урожайности на отдельных участках в пределах убираемого массива [14]. Рассмотрим последствия неполного учета перечисленных выше свойств и характеристик растений на примере пшеницы разных сортов при выборе режимов работы МСУ в соответствии с рекомендациями, изложенными в инструкциях по эксплуатации.

Результаты и обсуждение. При выборе режима работы МСУ комбайна на поле, засеянном конкретным сортом пшеницы, из рекомендуемых разработчиками диапазонов частоты вращения и соответствующих им окружных скоростей: 28-32 м/с для роторного и 29,3-33,5 м/с для однобарабанного оператор должен принять одно значение окружной скорости. Между тем, по данным работы [10], выделение зерна из колоса пшеницы в основном зависит от прочности прикрепления колосовых чешуй к стержню, и по варьированию средних значений усилий, необходимых для разрушения этой связи и выделения зерна, все сорта делят на 3 основные группы: осыпающиеся (5,2 -7,3 Н); с тугим обмолотом (ригидные) (12,8 Н и больше). Из этих данных следует, что выбор режима при отсутствии информации о силе связи зерна с колосом убираемого сорта пшеницы приводит к неблагоприятным результатам для всех трех типов МСУ: травмированию зерна, его недомолоту или сочетанию факторов.

Значительное различие прочности связи зерна с колосом по его длине, приведенное в работе [11], позволяет сделать вывод о том, что для зерен, расположенных в средней части колоса, рекомендуемая скорость для МСУ однобарабанного типа будет избыточной и вызовет их травмирование. При двухфазном обмолоте и для МСУ роторного типа неравномерность распределения силы связи зерна с колосом по его длине менее актуальна. Однако величина этого показателя изменяется не только по длине колоса. Исследования, выполненные в АНЦ «Донской» [12], показали, что связь зерна с колосом озимой пшеницы и усилие его отрыва от колоса зависят от сортовых особенностей легко обмолачиваемого сорта Лучезар и ригидного сорта Адмирал более чем в 2 раза, температуры и влажности зерна – в 1,5-2,0 раза. Воздействуют также температура окружающей среды, продолжительность пребывания растений на корню с момента достижения полной спелости.

Следовательно, для поддержания оптимального режима обмолота каждым из известных типов МСУ необходимо обеспечить изменение развиваемой ими ударной силы в соответствии с изменяющейся силой связи зерна с колосом. Полученные [12] средние значения усилий отрыва зерна от колоса хорошо согласуются с данными работы [10] и существенно дополняют знания об их максимальных значениях. Так, для пшеницы сорта Адмирал при средних значениях усилий отрыва в интервале 4-7 Н доля измеренных в опытах их максимальных значений в интервале 10-15 Н соста-

вила 6,5%. Для гарантированного вымолота зерна рассматриваемыми типами МСУ требуется, чтобы ударное усилие, развиваемое ими, было больше силы связи зерна с колосом. Поэтому при выборе частоты вращения молотильного устройства для исключения недомотра следует учитывать максимальные значения силы связи зерна с колосом, но для устранения его травмирования необходимо, чтобы развиваемое ударное усилие было меньше усилия, ограничиваемого упругими свойствами (пределом упругости) выделяемого зерна.

Деформация зерна, которая может быть упругой, остаточной (пластической) и вязкопластической главным образом зависит от влажности. При низкой влажности преобладает упругая деформация зерна, почти нет остаточной и вязкопластической. По данным работы [13], у пшеницы сорта Купава, возделываемого в Кашкадарьинской области Узбекистана, высокопластическая деформация зерна увеличивалась по мере повышения влажности с 8,6 до 10,1%, при этом предел прочности снижался с 7,0 до 3,62 МПа, при влажности 10,9-16,0% – с 3,1 до 2,7 МПа. Прочностные свойства зерна зависят от его влажности, но, как и сила связи с колосом, – от сорта культуры. По данным работы [14], при влажности зерна мягкой пшеницы сорта Дар Зернограда 11% на контактных поверхностях металл-металл в положении бочек-бочек предельно допустимое усилие, исключающее травмирование зерна, составило 110,93 Н, в таких же условиях у твердой пшеницы сорта Жемчужина Дона – 174,63 Н.

Сила связи зерна с колосом и предельно допустимое усилие, ограничиваемое упругими свойствами (пределом упругости) выделяемого зерна – характеристики растений и семян каждого конкретного сорта. Результаты исследований других авторов подтверждают выводы, сделанные на основе данных наших опытов по изучению свойств пшеницы сортов Лучезар и Адмирал: сила связи зерна с колосом зависит от температуры и влажности зерна, температуры воздуха, продолжительности пребывания растений на корню с момента достижения полной спелости и может быть представлена в виде уравнения регрессии. Теснота связи между изучаемой переменной и независимыми факторами оценивается коэффициентом множественной корреляции 0,89 и коэффициентом детерминации 0,79. Столь тесная связь между изучаемыми факторами послужила основанием для ее использования в качестве базовой для создания метода оперативного управления частотой вращения барабана молотильных устройств комбайна. Для реализации предлагаемого метода необходимо иметь уравнения регрессии силы связи зерна с соцветием для всех видов и сортов убираемых культур. Такую информацию предпочтительно получать на стадии создания сорта, воздействуя на прочностные характеристики зерна и соцветия, в том числе используя генную инженерию.

Получение оперативной информации в реальном времени о влажности обмолоченного зерна, его температуре в бункере или транспортирующих устройствах комбайна, температуре окружающей среды может быть осуществлено установкой на комбайне специальных датчиков, данные с которых считываются и передаются на компьютер комбайна. Вычисленное значение силы связи зерна с колосом по специальной программе на основе известной теории о взаимодействии соударяющихся тел пересчитывают в ударное усилие.

Другой источник нарушения режима работы МСУ комбайна при работе в пределах убираемого массива

– неравномерность распределения густоты растений и урожайности убираемой культуры. Данные, приведенные в работе [15], свидетельствуют, что пробы растений озимой пшеницы, взятые в 30 точках поля, в основном принадлежат к разным генеральным совокупностям, а неравномерность урожайности на его отдельных участках может составлять до 35-40% и более, что также создает условия для повышенного травмирования зерна. Для улучшения качества выполнения технологического процесса предложено снабжать комбайн устройством управления процессом обмолота путем изменения фактической подачи массы в соответствии с изменяемой по длине гона урожайностью убираемой культуры [15]. Для оперативного управления подачей убираемой культуры в молотильное устройство комбайна на полях, урожайность на отдельных участках которых существенно различается, предложено использовать методы, разрабатываемые для внедрения точного земледелия.

В перспективе особый интерес представляют предлагаемые технические решения, реализующие различные способы воздействия на обмолачиваемые растения. Например, в устройстве, предложенном в патенте [16], зерно из соцветий рекомендовано выделять раскачиванием растений в свободном зоре между вращающимися роторами, снабженными выступами и впадинами. Для изготовления рабочих органов МСУ такого типа предложено использовать материалы с меньшими значениями модуля упругости, чем у стали. Рабочая поверхность обмолачиваемого устройства с такими свойствами при ударе о нее зерна поглотит часть энергии, снизив тем самым вероятность его травмирования. Принципиально новое направление в создании МСУ – предложение использовать для обмолота соцветий не механический рабочий орган, а пневматическое воздействие в виде струй в вихревой трубе [17], пневматических ударов [18, 19], ультразвуковых колебаний [20].

Анализ предлагаемых способов и средств обмолота зерновых культур показал, что в их основу заложен принцип ударного воздействия на растение. Механизмы реализации ударного воздействия на растения в предлагаемых решениях практически сводятся в основном к «раскачиванию» колосов механическими устройствами или прямым ударным воздействиям воздушных струй и ультразвуком. При этом снижается до минимума наиболее энергос затратный способ воздействия на соцветие трением. Эти особенности не влияют на силу связи зерна с колосом обмолачиваемой культуры, но потребуют изучения режимов формирования воздушных струй, определения области частот и интенсивности воздействия на соцветие для достижения величины ударного импульса, необходимого для выделения зерна из колоса. Очевидно, воздействуя определенным образом на составляющие этих способов обмолота, можно добиться снижения степени травмирования зерна.

Литература

1. Оробинский В.И., Баскаков И.В., Чернышев А.В. Снижение травмирования зерна при уборке – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2017. – 161 с.
2. Лачуга Ю.Ф., Пахомов В.И. Проблемы биобезопасности зерна и кормов // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сб. Материалы 7-й международной научно-прак-

- тической конференции 25 февраля – 27 февраля 2014 г., Ростов-на-Дону. 17-я международная агропромышленная выставка «Интерагромаш-2014» – Ростов-на-Дону, 2014. – С. 12-14.
3. Fisher M.C., Hawkins N.J., Sanglard D., Gurr S.J. Worldwide emergence of resistance to antifungal drugs challenges human health and food security // *Science*. – 2018. – Vol. 360. – P. 739-742. DOI:10.1126/science.aar7999
 4. Brent K.J., Hollomon D.W. *Fungicide Resistance in Crop Pathogens: how can it be Managed*. – 2nd, revised edition. – Brussels, Belgium: FRAC Monograph. – 2007. – №1. – 60 p.
 5. Ионова Е.В., Скворцова Ю.Г. Травмирование семян озимой пшеницы при уборке и послеуборочной доработке // *Зерновое хозяйство России*. – 2010. – №1(7). – С.16–19.
 6. Мякин В.Н., Урюпин С.Г. Травмирование семян при послеуборочной обработке и пути его снижения // *Вестник ОГАУ*. – 2006. – №11. – С.73–75.
 7. ГОСТ 28301-2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. Введ. 01.07.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 43 с.
 8. Скворцова Ю.Г., Ионова Е.В. Влияние травмирования семян озимой пшеницы на их посевные качества // *Аграрный вестник Урала*. – 2015. – №11(141). – С.16–19.
 9. Бурьянов А.И., Червяков И.В. Потери и травмирование зерна в процессе уборки и пути их снижения // *Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сб. науч. тр. XII-й Междунар. науч.-практ. конференции в рамках XXII-го Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш-2019» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «ДонЭкспоЦентр» – ДГТУ, 27 февраля – 1 марта 2019 г.)*. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 453-457. DOI: 10.23947/interagro.2019.6.453-457.
 10. Ганеев В.А. Устойчивость к осыпанию [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html>
 11. Липовский М.И. Развитие способов обмолота зерновых культур // *Технологии и технические средства механизации производства продукции растениеводства и животноводства в Северо-Западной зоне России. Сб. трудов СЗНИИМЭСХ, 2002. – Вып.73. – С. 111-118.*
 12. Бурьянов А.И., Червяков И.В., Колинко А.А., Пахомов В.И., Ионова Е.В., Хлыстунов В.Ф. Методы и результаты определения естественной силы связи зерна с колосом в период созревания и полной спелости // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – №6. – С. 21-25. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-21-25.
 13. Хусанов И., Бабаев С., Равианов С., Раджабова В. Влияние влажности на предел прочности зерна пшеницы некоторых сортов // *Хлебопродукты*. – 2011. – №2. – С. 54-55.
 14. Бутенко А.Ф., Максименко В.А. Анализ травмирования семян зерновых культур // *Исследование и разработка эффективности технологий и технических средств для животноводства: Сб. науч. трудов/ ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 2004. – С. 75-83*
 15. Бурьянов А.И., Бурьянов М.А., Костыленко О.А. Исследование морфологических и физико-механических свойств растений озимой пшеницы, определяющих параметры и режимы работы уборочных машин // *Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 2009. – С. 209-215.*
 16. Пат. №2275786 РФ, МПК A01F 12/18, A01F 11/04. Молотильно-сепарирующее устройство для обмолота легкоповреждаемых культур / А. М. Салдаев, В. В. Бородычев, С. Б. Адыев; Заявитель и патентообладатель: Салдаев А.М., Бородычев В.В., Адыев С.Б. – №2004126838/12; заявл. 06.09.2004. Опубл. 10.05.2006, Бюл. №13.
 17. А.С. № 1160986 СССР, МКИ A01F12/18. Способ обмолота колосьев и устройство для его осуществления: / В.А. Сафонов; Заявитель и патентообладатель: Харьковский ордена Ленина авиационный институт им. Н.Е. Жуковского. – № 3635933; заявл. 19.08.1983. Опубл. 15.06.1985, Бюл. № 22. – 3с.: ил.
 18. А.С. № 16659 СССР, МКИ A01D91/04. Способ обмолота хлебной массы/ А.С. Тимошек (Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР). – №46344649/15; заявл 09.01.1989. Опубл. 30.07.1991, Бюл. № 28. – 3с.: ил.
 19. А.С. № 1410900 СССР, МКИ A01F7/00. Устройство для обмолота зерновых культур/ В.А. Воробьев, А.Е. Горин, А.И. Зелепукин, Н.В. Буробина (Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева) – № 4039629/30-15; заявл 19.03.1986. Опубл. 23.07.1988, Бюл. № 27. – 3с.: ил.
 20. Пат. № 2551163 РФ, МПК A01F7/00. Устройство для обмолота колосовых культур/ Московский М.Н., Игнатенко И.В., Пахомов В.И., Ю.Ф. Лачуга; Заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО Донской ГТУ. – №2013111518/13; заявл. 14.03.2013. Опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26.

Поступила в редакцию 03.07.19

После доработки 20.08.19

Принята к публикации 10.09.19

Правила для авторов

1. Редакция помещает не более двух статей одного автора в год. Это правило не распространяется на академиков и членов-корреспондентов РАН и других академий.
2. Объем статьи не должен превышать **12 стр.**, включая таблицы (не более 4), рисунки (не более 4), библиографию (до 25 названий). Статья, набранная **крупным шрифтом через 1,5 интервала, пересылается по E-mail: nsm2308@yandex.ru**. В ней должны быть указаны **УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, степени, полное название учреждения с адресом, E-mail, реферат** объемом не менее 500 знаков (не менее 17 строк с указанием цели опытов, объекта исследований, анализа полученных данных), **ключевые слова и все продублировано на английском языке. Таблицы и рисунки в одном файле с текстом. В тексте выделить "Методика" и "Результаты и обсуждение"**. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах, графиках недопустимо. В конце статьи указать номер телефона (служебный, домашний, мобильный) каждого соавтора.
3. Рисунки (графический материал) должны быть выполнены **четко, представлены на отдельном листе в формате, обеспечивающем ясность передачи всех деталей, и/или на электронном носителе** (программы "Adobe PhotoShop", "Adobe Illustrator"). Подписи к рисункам должны быть напечатаны в конце статьи.
4. **Статья с большим количеством формул (не более 10) представляется на электронном носителе** - (программа "MS Equation" или подобная).
5. При описании методики исследования следует ограничиваться оригинальной ее частью, при элементном анализе приводить только усредненные данные.
6. Используемая литература приводится в порядке очередности упоминания, в тексте - цифровые ссылки в квадратных скобках. Список литературы оформляется следующим образом: для книг - фамилии и инициалы авторов, полное название, место издания, название издательства, год издания, количество страниц; для журнальных статей - фамилии и инициалы всех авторов, название статьи, полное название журнала, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы. Желательны ссылки на журналы, входящие в базу данных Scopus и Web of Science. **Цитируемость на свои работы не более 15%.**
7. При получении статьи редакция рассматривает ее соответствие тематике журнала и посылает на рецензию ведущим специалистам. Возвращение рукописи автору на доработку с копией рецензии не означает, что статья принята к печати. Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи.
8. Редакция посылает авторам на визу подготовленный к печати экземпляр статьи, который должен быть выслан обратно в течение суток с момента его получения.

Авторам высылаются оттиски их статей в журнале в электронном виде.

С аспирантов плата за публикацию не взимается.

Для получения гонорара за публикацию в англоязычном издании авторы могут обратиться в Российское авторское общество по адресу: 123995, Москва, Б. Бронная, д. 6, стр. 1, тел.: +7 (495) 697-3335; и на сайте РАО: www.rao.ru (подвести курсор на "Правообладатели", далее на "Авторам научных статей". Здесь находятся документы для получения авторского гонорара.

Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает.