

*Земледелие и мелиорация*

- Скороходов В. Ю., Зоров А.А.** Особенности влияния парового поля на формирование агроценоза и продуктивность яровой пшеницы в полевых севооборотах региона с неустойчивым увлажнением 3

*Растениеводство, защита и биотехнология растений*

- Розова М.А., Зиборов А.И., Егиазарян Е.Е.** Связь температурных показателей периода вегетации с основными агрономически значимыми характеристиками сортов яровой твердой пшеницы на Алтае 9

- Волкова Г.В., Данилова А.В., Яхник Я.В., Гладкова Е.В., Таранчева О.В.** Иммунологическая оценка устойчивости сортов озимого ячменя к листовым заболеваниям на юге России 16

- Косолапова Т.В., Тулинов А.Г.** Оценка параметров адаптивности ежи сборной в условиях Республики Коми 22

- Салыкова В.С., Штиль Л.В.** Самоплодность и урожайность отборных форм смородины золотистой 27

- Долганова З.В., Клементьева Л.А., Синогейкина Г.Э., Мухина О.А., Антропова Н.В., Ларина О.В., Куранда Ю.В.** Изучение и использование генетических ресурсов декоративных растений в условиях лесостепи Алтайского края 32

- Шорохов М.Н., Долженко О.В., Долженко В.И.** Инсектициды для борьбы с тлями-переносчиками вирусов на картофеле 37

*Агропочвоведение и агроэкология*

- Сулейманов А.Р., Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т., Сулейманов Р.Р., Адельмурзина И.Ф., Габбасова И.М.** Влияние водной и ветровой эрозии на буферные свойства почв степных районов Республики Башкортостан 41

- Шабает В.П., Остроумов В.Е.** Рост и минеральное питание яровой пшеницы при внесении ростстимулирующей ризосферной бактерии в условиях загрязнения почвы никелем 46

*Зоотехния и ветеринария*

- Бальников А.А., Гридюшко И.Ф., Казутова Ю.С., Михайлова М.Е., Романишко Е.Л.** Оценка животных пород йоркшир и ландрас в зависимости от линейной принадлежности и панели генов-маркеров *PRKAG3*, *MC4R* и *MYOD1* 51

- Хаамируев Т.Н.** Использование иммуногенетики при оценке баранов-производителей по качеству потомства 58

- Юлдашбаев Ю.А., Абдулмуслимов А.М., Сазонова И.А.** Аминокислотный состав мяса баранчиков дагестанской горной породы и их помесей 63

- Слепцова Т.В., Васильева В.Т., Абрамов А.Ф.** Оценка качества мяса голяна озерного *Phoxinus phoxinus* (Pallas) бассейна реки Лена 67

*Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции*

- Егорова М.И., Пузанова Л.Н., Смирнова Л.Ю., Леонтьева Е.В.** Взаимосвязь выхода сахара с составом несахаров сахарной свеклы в условиях Республики Татарстан 71

*Farming and Amelioration*

- Skorokhodov V.Yu., Zorov A.A.** Features of the influence of the steam field on the formation of agroecosystem and the productivity of spring wheat in the field crop rotations of the region with unstable humidity 3

*Plant Growing, Plant Protection and Biotechnology*

- Rozova M.A., Ziborov A.I., Egiazaryan E.E.** Relationships of temperature parameters of growing period and major agronomically valuable traits of spring durum wheat varieties in Altai 9

- Volkova G.V., Danilova A.V., Yakhnik Ya.V., Gladkova E.V., Tarancheva O.V.** Immunological assessment of resistance of winter barley varieties to leaf diseases in the south of Russia 16

- Kosolapova T.V., Tulinov A.G.** Assessment of adaptability parameters of the cocksfoot in the conditions of the Komi republic 22

- Salykova V.S., Shtil L.V.** Self-fertility and productivity of golden currant varieties 27

- Dolganova Z.V., Mukhina O.A., Klementjeva L.A., Sinogeykina G.E., Larina O.V., Antropova N.V., Kuranda Y.V.** Study and utilization of ornamental plants genetic resources in the forest steppe area of Altai territory 32

- Shorokhov M.N., Dolzhenko O.V., Dolzhenko V.I.** Insecticides for controlling aphids that carry viruses on potatoes 37

*Agricultural Soil Science and Agroecology*

- Suleymanov A.R., Nazyrova F.I., Garipov T.T., Suleymanov R.R., Adelmurzina I.F., Gabbasova I.M.** Water and wind erosion influence on buffering capacity of soils of republic Bashkortostan steppe regions 41

- Shabayev V.P., Ostroumov V.E.** Growth and mineral nutrition of spring wheat under application of plant growth-promoting rhizobacterium in conditions of soil contamination with nickel 46

*Animal Science and Veterinary Medicine*

- Balnikov A.A., Gridyushko I.F., Kazutova Yu.S., Mikhailova M.E., Romanishko E.L.** Evaluation of Yorkshire and Landrace animals depending on linear identity and panel of *PRKAG3*, *MC4R* and *MYOD1* marker genes 51

- Khamiruev T.N.** The use of immunogenetics in the assessment of producing bars by the quality of procedure 58

- Yuldashbaev Yu.A., Abdulmuslimov A.M., Sazonova I.A.** Morphological composition and physicochemical indicators of baranch meat of the Dagestan rock breed and their mixtures 63

- Sleptsova T.V., Vasilyeva V.T., Abramov A.F.** Assessment of the quality of the meat of the lake minnow - *Phoxinus phoxinus* (Pallas) of the Lena river basin 67

*Storage and Processing of Agricultural Products*

- Egorova M.I., Puzanova L.N., Smirnova L.Yu., Leonteva E.V.** The relationship between the yield of sugar and the composition of nonsugars of sugar beet in the conditions of the republic of Tatarstan 71

**Земледелие и мелиорация**

УДК 633.11«321»:631.581:631.582(470.56)

DOI: 10.31857/S250026272105001X

**ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПАРОВОГО ПОЛЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ АГРОЦЕНОЗА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВЫХ СЕВОБОРОТАХ РЕГИОНА С НЕУСТОЙЧИВЫМ УВЛАЖНЕНИЕМ\*****В. Ю. Скороходов**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
**А. А. Зоров**, кандидат сельскохозяйственных наук*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук,  
460051, Оренбург, просп. Гагарина, 27/1  
E-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru*

*Исследования проводили с целью определения влияния последствия разнопаровых предшественников на формирование агроценоза и продуктивности яровой пшеницы в условиях степной зоны Южного Урала. Полевые опыты выполняли на богаре в 2015–2020 гг. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: звено севооборота (фактор А) – с чистым паром, с занятым паром (суданская трава), с сидеральным паром (горох+овёс); удобрения (фактор В) – без удобрений,  $N_{40}P_{80}K_{40}$ . Наибольшее потребление продуктивной влаги из метрового слоя за вегетацию парозанимающих культур отмечено в занятом почвозащитном (98,9 мм) и сидеральном (93,8 мм) парах. Яровая пшеница (твёрдая и мягкая) использует больше почвенной влаги в последствии чистого пара (соответственно 111,0 и 96,3 мм). При замене чистых паров занятыми отмечено изменение соотношения сегетальной растительности в агроценозе, которое приводило к нарастанию численности многолетних сорняков в посевах второй и последующих культур севооборота. Использование севооборотов с соответствующей агротехникой позволяет снизить засорённость посевов различными группами сорняков к уборке твёрдой пшеницы по чистому пару до 15,6...12,2 шт./м<sup>2</sup>, мягкой пшеницы – до 16,7...11,8 шт./м<sup>2</sup> в зависимости от фона удобрения. Количество многолетних сорняков к уборке в посевах мягкой пшеницы после почвозащитного пара на удобренном фоне составило 1,2 шт./м<sup>2</sup>, на неудобренном – 3,7 шт./м<sup>2</sup>, после сидерального – 3,2 шт./м<sup>2</sup> на обоих фонах питания.*

**FEATURES OF THE INFLUENCE OF THE STEAM FIELD ON THE FORMATION OF AGROCENOSIS AND THE PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT IN THE FIELD CROP ROTATIONS OF THE REGION WITH UNSTABLE HUMIDITY****Skorokhodov V.Yu., Zorov A.A.***Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies, Russian Academy of Sciences,  
460051, Orenburg, prosp. Gagarina, 27/1  
E-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru*

*The article presents long-term data of field experience on the productivity of spring wheat and agroecocenosis in crop rotations with the influence of different types of steam in the region of unstable moisture. The aim of the study is to determine the influence of the aftereffect of different-pair precursors on the formation of agroecocenosis and productivity of spring wheat in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. Field experiments were carried out in rain-fed conditions in 2015–2020 on two food backgrounds: fertilized ( $N_{40}P_{80}K_{40}$ ) and non-fertilized. As a result of the study, the consumption of productive moisture of the meter layer during the growing season by spring wheat and fallow crops was established. The largest amount of it in the experiment is used by the employed pairs of soil protection (98.9 mm) and sidual (93.8 mm). Spring wheat (hard and soft) uses more soil moisture in the aftereffect of pure steam (111.0 and 96.3 mm, respectively). When replacing black vapors with occupied ones, a change in the ratio of segetal vegetation in the agroecocenosis was noted, which leads to an increase in perennial weeds in the crops of the second and subsequent crops of the crop rotation. The use of different types of steam in crop rotations with appropriate agricultural techniques allows to reduce the contamination of crops with various weeds. The use of crop rotations with appropriate agricultural techniques allows to reduce the contamination of crops by various groups of weeds for harvesting durum wheat by pure steam up to 15.6...12.2 pcs., soft wheat up to 16.7... 11.8 pcs. per 1 m<sup>2</sup> by backgrounds, respectively. The number of perennial weeds for harvesting in soft wheat crops in the aftereffect of soil-protective steam on a fertilized background was 1.2 pcs., non-fertilized 3.7 pcs. per 1 m<sup>2</sup>. Over the years of research, the number of perennials in soft wheat crops in the aftereffect of sidual steam was 3.2 pcs. on two food backgrounds.*

**Ключевые слова:** засорённость, продуктивность, занятый пар, чистый пар, севооборот, почвенная влага, сидеральный пар, удобрение

**Key words:** weediness, productivity, occupied fallow, clean fallow, crop rotation, soil moisture, green manure fallow, fertilizer

Яровая пшеница формирует хорошие урожаи на окультуренных почвах с высоким плодородием при достаточном увлажнении и фитосанитарном состоянии [1, 2]. Для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур и стабилизации производства качественного зерна в степной зоне Южного Урала необходимо совершенствовать структуру пашни с учётом

зональных почвенных и климатических особенностей, видов полевых севооборотов (с подбором наиболее продуктивных предшественников), ресурсосберегающих систем обработки почвы [3, 4].

Снижение урожайности и качества зерна в севооборотах без пара (особенно в монокультуре) происходит из-за ухудшения плодородия почвы, повышения за-

\*Исследование выполнено в соответствии с планом НИР на 2020–2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003).

сорённости и усиления инфекционного фона, в первую очередь на полях без применения удобрений [5, 6, 7].

Рациональное чередование культур в севообороте выступает средством улучшения фитосанитарного состояния посевов, снижает засорённость, повреждение растений вредителями и поражение их болезнями [8, 9]. Длительное возделывание на одном участке мало отличающихся по биологии групп растений приводит к увеличению засорённости посевов видами сорняков, приспособленных к совместному произрастанию с теми или иными культурными [10]. Кроме того, установлена тесная связь засорённости посевов с поражением яровой пшеницы болезнями. Например, в изреженных посевах с доминированием сорняков растения культуры поражаются возбудителями корневой гнили в среднем на 6 % сильнее, чем в более густых ценозах с преобладанием пшеницы [11].

Применение интенсивных механических обработок приводит к уменьшению содержания органического вещества в почве [12, 13, 14]. При этом многие авторы сообщают о нарастающей численности сеgetальной флоры, особенно с многолетним жизненным циклом при минимализации почвенных обработок [15, 16, 17].

На формирование вегетативной массы сорняков расходуется большое количество питательных веществ и продуктивной влаги, что создаёт негативные условия для роста и развития культурных растений, особенно в засушливые годы [18, 19]. В последние годы первостепенное значение в борьбе с сорной растительностью приобретают энерго- и ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур с биологическими, экологизированными методами защиты растений [20, 21, 22].

Ведущее место в борьбе с засорённостью агрофитоценозов и повышении урожайности сельскохозяйственных культур отводится научно-обоснованным севооборотам с чередованием культур и пара [23, 24]. Многие учёные отмечают нарастание засорённости посевов по мере удаления культуры от чистых паров, резкое ее увеличение происходит в третий год ротации севооборота [25, 26]. Особая сороочищающая роль в севооборотах принадлежит паровым полям [27].

Многофакторный агротехнический приём, обеспечивающий всестороннее влияние на агроэкосистему, повышающий продукционную и средообразующую

роль севооборотов – размещение в занятых парах сидеральных культур. Запахиваемая в качестве удобрения зелёная масса улучшает водно-физические, химические и биологические свойства почвы, выполняет фитосанитарную роль, снижает засорённость в посевах последующих культур [28, 29].

Цель исследований – определить влияние действия и последствия предшественников с разными видами пара на формирование агроценоза и продуктивность яровой пшеницы в засушливых условиях степной зоны Южного Урала.

**Методика.** Полевые опыты проводили в богарных условиях в 2015–2020 гг. в многолетнем стационарном полевом опыте по севооборотам и бессменным посевам агрокультур ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН (координаты участка – 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д.).

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: звено севооборота (фактор А) – с чистым паром, с занятым паром (суданская трава), с сидеральным паром (горох+овёс); удобрения (фактор В) – без удобрений, N40P80K40. Площадь делянок, занятых парами, яровой твёрдой и мягкой пшеницей (первая и вторая культура после пара) на удобренном фоне составлял 432 м<sup>2</sup> (14,4 м × 30 м), на неудобренном – 864 м<sup>2</sup> (14,4 м × 60 м). В опыте использовали следующие культуры, сорта и нормы высева: яровая твёрдая пшеница (Оренбургская 21, норма высева 4 млн всхожих семян на 1 га); яровая мягкая пшеница (Саратовская 42, норма высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га). Севообороты развёрнуты во времени и пространстве в четырёхкратной повторности.

Почва опытного участка – чернозём южный карбонатный среднесуглинистый, в пахотном (0...30 см) слое которого содержится 3,2...4,0 % гумуса (по Тюрину), 0,20...0,30 % общего азота (по Кьельдалю), 15...25 мг/кг подвижного фосфора (по Мачигину) и 300...380 мг/кг обменного калия (по Масловой). Реакция почвенного раствора нейтральная и слабощелочная (рН водной вытяжки – 7,0...8,1 ед.). Влажность почвы определяли ежегодно в начале и конце вегетации во всех вариантах опыта.

**Результаты и обсуждение.** Продуктивная почвенная влага выступает фактором, лимитирующим урожайность полевых культур и в целом продуктивность

**Табл. 1. Урожайность культур в звеньях севооборота и использование ими почвенной влаги в зависимости от вида пара и удобрений (среднее за 2015–2020 гг.)**

| Звено севооборота   | Культура севооборота         |                                 |                              |                   |                                 |                              |                   |                                 |
|---------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|
|                     | пар, парозанимающая культура |                                 |                              | твёрдая пшеница   |                                 |                              | мягкая пшеница    |                                 |
|                     | урожайность, т/га*           | продуктивная влага, мм**        |                              | урожайность, т/га | продуктивная влага, мм          |                              | урожайность, т/га | продуктивная влага, мм          |
|                     |                              | в период посева ранних зерновых | израсходованная за вегетацию |                   | в период посева ранних зерновых | израсходованная за вегетацию |                   | в период посева ранних зерновых |
| С чистым паром      | -                            | 34,4<br>111,2                   | 12,7<br>25,3                 | 0,90<br>0,78      | 36,8<br>136,3                   | 30,2<br>111,0                | 0,83<br>0,85      | 34,6<br>121,4                   |
| С занятым паром     | 13,99<br>12,78               | 42,8<br>143,5                   | 35,2<br>98,9                 | 0,76<br>0,69      | 32,1<br>109,2                   | 26,7<br>89,6                 | 0,84<br>0,83      | 34,8<br>115,5                   |
| С сидеральным паром | 13,04<br>9,51                | 37,3<br>117,9                   | 29,6<br>93,8                 | 0,70<br>0,65      | 31,4<br>113,3                   | 22,0<br>85,3                 | 0,81<br>0,79      | 32,2<br>110,9                   |

\*в числителе – удобренный фон, в знаменателе – неудобренный;

\*\*в числителе – слой 0...30 см, в знаменателе – 0...100 см.

севооборота. В весенний период в чистом пару и перед посевом парозанимающих культур в среднем за 6 лет в метровом слое почвы накапливалось 111,2...143,5 мм продуктивной влаги (табл. 1). В почвозащитном пару величина этого показателя была выше, чем в чистом и сидеральном. В чистом пару из-за отсутствия растительности и проведения сплошных культиваций в течение лета все выпавшие осадки и часть (25,3 мм) влагозапасов метрового слоя расходуются непродуктивно на испарение. В почвозащитном пару для формирования урожайности (13,99 т/га – на удобренном и 12,78 т/га – на неудобренном фонах) расходуется 98,9 мм продуктивной влаги весенних влагозапасов, причём часть ее теряется на физическое испарение. Последнее в основном происходит в первой половине вегетационного периода, когда поле обрабатывают по типу чистого пара путем сплошной культивацией под посев суданской травы в третьей декаде июня. Во второй половине лета почвенная влага и выпавшие осадки использовались на формирование листостебельной массы суданской травы.

В занятом сидератами (горох + овёс) пару за вегетацию из метрового слоя расходовалось 93,8 мм продуктивной влаги, а также выпадающие атмосферные осадки. При таком расходе в среднем за шесть лет исследований в варианте с удобрениями формировалось 13,04 т/га сидеральной массы, улучшающей почвенное плодородие, на неудобренном фоне – 9,51 т/га.

Весной перед посевом твёрдой пшеницы наибольшее содержание почвенной влаги отмечали в чистом пару (136,3 мм). В почвозащитном и сидеральном парах накапливалось и сохранялось примерно одинаковое (109,2 и 113,3 мм) количество почвенной влаги, что

позволило получить урожайность твёрдой пшеницы на неудобренном фоне 0,69 и 0,65 т/га соответственно. Наибольшее количество продуктивной почвенной влаги эта культура расходует из метрового слоя после чистого пара (111,0 мм). Ее использование в сочетании с выпавшими осадками вегетационного периода позволило в среднем за годы исследований обеспечить формирование урожайности твёрдой пшеницы на фоне без удобрений 0,78 т/га. Прибавка от применения минеральных удобрений в этом варианте составила 0,12 т/га, что позволяет считать чистый пар лучшим предшественником для этой культуры на обоих фонах питания. Прибавка урожая твёрдой пшеницы от применения удобрений после сидерального пара составила 0,05 т/га, после почвозащитного – 0,07 т/га.

На второй культуре (яровая мягкая пшеница) после чистого пара отмечено отсутствие эффекта от применения удобрений – ее урожайность в последствии чистого пара на неудобренном фоне была на 0,02 т/га выше, чем на удобренном.

Наибольшая продуктивность трёхпольного звена севооборота с яровой твердой и мягкой пшеницей отмечена в сочетании с почвозащитным паром. Используемая в этом варианте в качестве парозанимающей культуры суданская трава увеличивала выход продукции в звене севооборота благодаря мощной быстрорастущей листостебельной массе. Сбор ее зелёной массы на удобренном фоне достигал 2,8 тыс. корм. ед./га, на неудобренном – 2,56 тыс. корм. ед./га. В итоге продуктивность звена севооборота составила соответственно 1,61 тыс. и 1,50 тыс. корм. ед./га (табл. 2). В звене с сидеральным паром в среднем за годы исследований

Табл. 2. Продуктивность полевых культур и звена севооборота с разными видами пара на двух фонах питания (в среднем за 2015–2020 гг.), тыс. корм. ед./га

| Вид пара                                        | Фон питания* | Продуктивность            |                 |                |                      |                                       |
|-------------------------------------------------|--------------|---------------------------|-----------------|----------------|----------------------|---------------------------------------|
|                                                 |              | пар занятый и сидеральный | твёрдая пшеница | мягкая пшеница | по звену севооборота | предшественник парового поля (ячмень) |
| Чистый кулисный                                 | I            | -                         | 1,14            | 1,06           | 0,73                 | 1,39                                  |
|                                                 | II           | -                         | 0,99            | 1,09           | 0,69                 | 1,23                                  |
| НСП <sub>ос</sub> по факторам                   | A            | -                         | 0,06            | 0,07           | 0,04                 | 0,12                                  |
|                                                 | B            | -                         | 0,06            | 0,07           | 0,04                 | 0,10                                  |
|                                                 | AB           | -                         | 0,09            | 0,11           | 0,11                 | 0,27                                  |
| Почвозащитный (занятый посевом суданской травы) | I            | 2,80                      | 0,96            | 1,07           | 1,61                 | 1,33                                  |
|                                                 | II           | 2,56                      | 0,88            | 1,06           | 1,50                 | 1,25                                  |
| НСП <sub>ос</sub> по факторам                   | A            | 0,08                      | 0,08            | 0,07           | 0,06                 | 0,13                                  |
|                                                 | B            | 0,05                      | 0,08            | 0,08           | 0,06                 | 0,10                                  |
|                                                 | AB           | 0,33                      | 0,16            | 0,11           | 0,12                 | 0,29                                  |
| Сидеральный (горох+овёс)                        | I            | 2,22                      | 0,89            | 1,04           | 1,38                 | 1,39                                  |
|                                                 | II           | 1,62                      | 0,82            | 1,01           | 1,15                 | 1,31                                  |
| НСП <sub>ос</sub> по факторам                   | A            | 0,08                      | 0,06            | 0,06           | 0,06                 | 0,12                                  |
|                                                 | B            | 0,07                      | 0,07            | 0,07           | 0,06                 | 0,09                                  |
|                                                 | AB           | 0,32                      | 0,19            | 0,13           | 0,13                 | 0,32                                  |

\*I – удобренный фон, II – неудобренный фон.

урожай горохоовсяной смеси на удобренном фоне находился на уровне 1,38 тыс. корм.ед./га, на неудобренном – 1,15 тыс. корм.ед./га.

Вместе с культурными растениями в севообороте вегетируют сорняки. В зависимости от вида пара в севообороте используют различные агротехнологические приёмы, которые приводят к увеличению или снижению численности малолетней и многолетней сеgetальной флоры.

В период всходов яровой твёрдой и мягкой пшеницы (первой и второй культуры после пара) наибольшее засорение малолетней растительностью отмечали после чистого пара. Количество сорняков в начале вегетации в посевах твёрдой пшеницы на удобренном и неудобренном фонах питания составило соответственно 67,2 и 41,0 шт./м<sup>2</sup>, в посевах мягкой пшеницы – 81,0 и 53,8 шт./м<sup>2</sup> (табл. 3). К уборке сельскохозяйственных культур плотность стояния сорной растительности в посевах твёрдой пшеницы по чистому пару снижалась до 15,6 и 12,2 шт., мягкой пшеницы – до 16,7 и 11,8 шт./м<sup>2</sup> по фонам питания соответственно. При этом использование чистых паров в севообороте служит эффективным средством борьбы с многолетней сорной растительностью, численность которой в начале вегетации твёрдой пшеницы составляла 1,0 и 0,7 шт./м<sup>2</sup>, мягкой пшеницы – 1,4 и 1,0 шт./м<sup>2</sup> соответственно на удобренном и неудобренном фоне.

При использовании почвозащитных паров отмечен повышенный фон многолетней сеgetальной флоры в посевах первой после пара культуры, как в начале вегетации (2,2 и 2,0 шт.), так и ко времени уборки (2,8 и 2,5 шт./м<sup>2</sup>) на удобренном и неудобренном фонах соответственно. Численность многолетних сорняков в посевах второй после пара культуры к уборке увеличивалась в последствии почвозащитного пара до 4,2 и 3,7 шт./м<sup>2</sup>, сидерального – до 4,4 и 3,2 шт./м<sup>2</sup> соответственно

фонам питания. Сырая масса многолетних сорняков в фитоценозах мягкой пшеницы к уборке в звене с почвозащитным паром на удобренном фоне составляла 30 г/м<sup>2</sup>, на неудобренном – 24,6 г/м<sup>2</sup>, с сидеральным паром – 26,2 и 20,5 г/м<sup>2</sup> соответственно.

В севооборотах с разными видами пара и соответствующей им агротехникой происходит снижение засорённости различными группами сорняков. Особое внимание при этом уделяется обработке почвы. Так, при вспашке с оборотом пласта, семена однолетней сорной растительности, попадая на дно борозды, входят в состояние покоя и не прорастают. При последующей отвальной обработке почвы семена прошлых лет выворачиваются на поверхность, при этом часть из них утрачивают жизнеспособность, что положительно влияет на снижение сорной растительности в посевах. Этот приём используется в севооборотах с чистым паром, в котором при выполнении нескольких (3...4) культиваций уничтожается подавляющая часть однолетней и многолетней сорной растительности (в результате подрезания корней многолетников происходит активное использование пластических веществ, что приводит к их истощению и гибели).

При глубоком безотвальном рыхлении в почвозащитных севооборотах (занятыми летним посевом суданской травы) семена однолетних сорных растений остаются на поверхности почвы, прорастают при обильном выпадении атмосферных осадков и гибнут при обработке. В занятых парах при плоскорезной обработке корневая система многолетних сорняков повреждается в меньшей степени. Летние механические обработки с мелким подрезанием корнеотпрысковых сорняков приводят к усиленному побегообразованию. При подрезании наземной массы сеgetальной растительности в корнях откладывается больше пластических веществ, что позволяет образовывать новые

**Табл. 3. Засорённость посевов яровых твёрдой и мягкой пшеницы в последствии различных видов пара на двух фонах питания (в среднем за 2015–2020 гг.)**

| Группа сорняков | Вид пара                                        | Фон питания* | Яровая твёрдая пшеница (первая культура после пара)        |                                              |                                        | Яровая мягкая пшеница (вторая культура после пара)         |                                         |                                        |
|-----------------|-------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
|                 |                                                 |              | количество сорняков в начале вегетации, шт./м <sup>2</sup> | перед уборкой                                |                                        | количество сорняков в начале вегетации, шт./м <sup>2</sup> | перед уборкой                           |                                        |
|                 |                                                 |              |                                                            | количество сорняков, шт. на 1 м <sup>2</sup> | сырая масса сорняков, г/м <sup>2</sup> |                                                            | количество сорняков, шт./м <sup>2</sup> | сырая масса сорняков, г/м <sup>2</sup> |
| Малолетние      | чистый кулисный                                 | I            | 67,2                                                       | 15,6                                         | 66,8                                   | 81,0                                                       | 16,7                                    | 72,9                                   |
|                 |                                                 | II           | 41,0                                                       | 12,2                                         | 32,8                                   | 53,8                                                       | 11,8                                    | 49,0                                   |
|                 | почвозащитный (занятый посевом суданской травы) | I            | 54,0                                                       | 14,6                                         | 78,0                                   | 74,3                                                       | 11,3                                    | 85,3                                   |
|                 |                                                 | II           | 37,9                                                       | 12,1                                         | 44,4                                   | 62,1                                                       | 10,4                                    | 79,6                                   |
|                 | сидеральный (горох+овёс)                        | I            | 62,3                                                       | 14,9                                         | 64,1                                   | 68,2                                                       | 15,9                                    | 89,7                                   |
|                 |                                                 | II           | 39,5                                                       | 13,5                                         | 48,6                                   | 68,5                                                       | 13,2                                    | 75,2                                   |
| Многолетние     | чистый кулисный                                 | I            | 1,0                                                        | 2,4                                          | 12,8                                   | 1,4                                                        | 1,9                                     | 11,4                                   |
|                 |                                                 | II           | 0,7                                                        | 2,0                                          | 10,2                                   | 1,0                                                        | 1,5                                     | 11,2                                   |
|                 | почвозащитный (занятый посевом суданской травы) | I            | 2,2                                                        | 2,8                                          | 13,6                                   | 2,0                                                        | 4,2                                     | 30,0                                   |
|                 |                                                 | II           | 2,0                                                        | 2,5                                          | 14,0                                   | 1,8                                                        | 3,7                                     | 24,6                                   |
|                 | сидеральный (горох+овёс)                        | I            | 1,7                                                        | 2,4                                          | 11,6                                   | 2,1                                                        | 4,4                                     | 26,2                                   |
|                 |                                                 | II           | 1,4                                                        | 2,2                                          | 10,9                                   | 2,0                                                        | 3,2                                     | 20,5                                   |

\*I – удобренный фон питания, II – неудобренный.

побеги. Размножаясь таким способом, многолетние сорняки увеличивают плотность посева культурных растений, снижая их урожайность. Необходимо выстраивать чередование сельскохозяйственных культур в севообороте таким образом, чтобы сорные растения, конкурирующие с одной культурой, подавлялись в следующем году другой, с иной биологией и агротехническими мероприятиями.

Таким образом, применение севооборотов и соответствующей им агротехники позволяет снизить засорённость посевов различными группами сорняков к уборке твёрдой пшеницы на удобренном и неудобренном фонах по чистому пару до 15,6...12,2 шт., мягкой пшеницы – до 16,7...11,8 шт./м<sup>2</sup>. В чистых парах сохраняется и накапливается большее, чем в занятых и сидеральных парах, количество почвенной влаги.

Замена чистых паров в севообороте занятыми вызывает изменение соотношения сорных растений в агроценозе и приводит к нарастанию численности многолетних сорняков в посевах второй и последующих после пара культур. Так, к уборке в посевах мягкой пшеницы (второй после пара культуры) после почвозащитного пара на удобренном фоне оно было больше, чем в варианте с чистым паром, на 2,3 шт./м<sup>2</sup>, на неудобренном – на 2,2 шт./м<sup>2</sup>, в севообороте с сидератами – соответственно на 2,5 шт./м<sup>2</sup> и 1,7 шт./м<sup>2</sup> на.

### Литература.

1. Лазарев В. И., Лазарева Р. И., Ильин Б. С. Агротехнологическая оценка возделывания яровой пшеницы по различным предшественникам в условиях Курской области // *Земледелие*. 2019. № 5. С. 25–27.
2. Усенко С. В., Усенко В. И., Гаркуша А. А. Эффективность приёмов обработки почвы и средств интенсификации на яровой пшенице в зависимости от метеоусловий и предшественника в лесостепи Алтайского Приобья // *Земледелие*. 2019. № 5. С. 16–21.
3. Чибис В. В., Чибис С. П. Формирование элементов плодородия почвы при плодосменном чередовании полевых культур в лесостепной зоне Западной Сибири // *Земледелие*. 2016. № 1. С. 2–22.
4. Biological activity influence of soil and nitrates on the yield of soft spring wheat in group rotation and permanent Sowing in Urals Southern Chernozems / D. V. Mitrofanov, N. A. Maksyutov, V. Yu. Skorokhodov, et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. T. 624. P. 012013.
5. Динамика плодородия почвы при возделывании яровой пшеницы в севооборотах и бессменно в зависимости от системы удобрений и обработки / С. Д. Гилёв, И. Н. Цимбаленко, Ю. В. Суркова и др. // *Земледелие*. 2017. № 4. С. 22–26.
6. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтном земледелии // *Почвоведение*. 2019. № 9. С. 1130–1139. doi: 10.1134/S0032180X19070062.
7. The effect on nitrate nitrogen on barley yield on chernozem of the southern steppe zone of Southern Ural / V. Yu. Skorokhodov, N. A. Maksyutov, D. V. Mitrofanov, et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. T. 624. P. 012202.
8. Черкасов Г. Н., Дудкин И. В. Контроль засорённости посевов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // *Земледелие*. 2010. № 1. С. 43–45.
9. Козлова З. В., Матаис Л. Н., Глушкова О. А. Влияние кормовых севооборотов на засорённость посевов и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Прибайкалья // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 15. № 2 (58). С. 20–24.
10. Кудеяров В. Н. Почвенно-биологические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // *Почвоведение*. 2019. № 1. С. 109–121. doi: 10.1134/S0032180X1901009X.
11. Взаимодействие консортов в агроценозах яровой пшеницы Западной Сибири / Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов, И. Г. Воробьева и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 9. С. 35–41.
12. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat use of grain sorghum and winter wheat / A. J. Schiegl, Y. Asseta, C. R. Thompson, et al. // *Agronomy Journal*. 2018. Vol. 110. No. 1. P. 269–280. doi: 10.2134/ agronj 2017.02.0104.
13. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. No. 1. P. 415–426. doi: 10.2134/ agronj 2015.0397.
14. Влияние технологии No-till на экологическое состояние черноземов южных Ростовской области / К. Ш. Казеев, Г. В. Мокриков, Ю. В. Акименко и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 1. С. 7–11.
15. First Case of Conyza canadensis from Hungary with Multiple Resistance to Glyphosate and Flazasulfuron / C. Palma-Bautista, B. K. Tahmasebi, P. T. Fernandez-Moreno, et al. // *Agronomy*. 2018. Vol. 8. No. 8. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/8/8/157/htm> (дата обращения: 18.03.2021). doi: 10.3390/agronomy 8080157.
16. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safer technology: the path to modern agriculture / H. Kraehmer, B. Laber, C. Rosinger, et al. // *Plant Physiol*. 2014. Vol. 166. P. 1119–1131.
17. Weed dynamics and conservation agriculture principles / C. M. Pittelkow, B. A. Linguist, M. E. Lundy, et al. // *Areview*. 2015. Vol. 183. P. 56–68.
18. Кузьминых А. Н., Пашикова Г. И. Особенности формирования урожайности озимой ржи в зависимости от парового предшественника // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 3 (145). С. 7–11.
19. Козлова Л. М. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации земледелия в Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014. № 2 (39). С. 30–34.
20. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle / J. Albertsson, T. Verwijstb, D. Hansson, et al. // *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 70. P. 364–372.
21. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No-till технологии, в севооборотах / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 6. С. 5–9.
22. Хисматуллин М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы – составная часть органического земледелия Республики Татарстан // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14. № 2 (53). С. 64–67.
23. Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe / B. Mhlangaa, S. Cheesmand, B. Maasdorpa, et al. // *Crop Protection*. 2015. Vol. 69. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219414003627> (дата обращения: 14.03.2021).

24. Сравнительная оценка технологий возделывания яровой мягкой пшеницы с различным уровнем интенсификации в условиях Курской области / В. И. Лазарев, Р. И. Лазарева, Б. С. Ильин и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 5. С. 24–27.
25. Абашев В. Д., Козлова Л. М. Сидераты в адаптивном земледелии // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2005. № 6. С. 169–178.
26. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review / B. Chen, T. Liu, Q. Tian, et al. // *Agronomy for sustainable development*. 2014. Vol. 34. No. 2. P. 429–442.
27. The effect of crop residues on soil nitrogen dynamics and wheat yield / B. Kamkar, F. Akbari, A. Jaime, et al. // *Advances in Plants & Agriculture Research*. 2014. Vol. 1. No. 1. P. 8–14.
28. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Продуктивность зерноотраважного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14. № 4-2 (56). С. 11–15.
29. Рулёва О. В., Семинченко Е. В. Влияние предшественников на формирование урожайности яровой пшеницы по различным предшественникам // *Аграрная наука*. 2019. № 4. С. 68–72.

Поступила в редакцию 06.04.2021

После доработки 02.06.2021

Принята к публикации 13.08.2021



**Растениеводство, защита и биотехнология растений**

УДК 633.112.1:631.526.32:581.5 (571.15)

DOI: 10.31857/S2500262721050021

**СВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИОДА ВЕГЕТАЦИИ  
С ОСНОВНЫМИ АГРОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ  
СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА АЛТАЕ****М.А. Розова**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
**А.И. Зиборов**, кандидат сельскохозяйственных наук, **Е.Е. Егiazарян**Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий,  
656910, Барнаул, Научный городок, 35  
E-mail: mrosova@yandex.ru

*Цель исследования – выявить критические периоды формирования продуктивности и параметров качества зерна на видовом и сортовом уровне для обоснования селекционных программ и элементов технологии возделывания твердой пшеницы. Исследования проводили в 2002–2020 гг. на 7 морфо-биологически различных сортах яровой твердой пшеницы. Опыты закладывали по чистому черному пару. Почва участка представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым, малогумусным. Для оценки влияния среднесуточных температур по дням вегетации на изучаемые признаки данные обрабатывали методом скользящей средней за 10-дневные периоды, и среднесуточные показатели отдельных лет синхронизировали относительно дня колошения. Сумма эффективных температур, необходимая для онтогенеза твердой пшеницы составила для среднеранней группы сортов 1270...1639 °C, среднеспелой – 1313...1695 °C и среднепозднего сорта – 1395...1781 °C. Корреляция продолжительности вегетации с суммой температур определяется коэффициентом 0,60, с среднесуточной температурой – -0,49. Вклады факторов «год» и «генотип» в варьирование изучаемых признаков достоверны и составляют по урожайности, соответственно, 84,8 % и 14,2 %, содержанию белка – 55,1 % и 42,5 %, клейковины – 39,8 % и 54,7 %. В наибольшей степени выражена отрицательная достоверная зависимость урожайности от среднесуточных температур периода от колошения до спелости, а именно на 2...5 день после колошения ( $r \leq -0,53 \dots -0,66$ ) и с 22 по 32 день после колошения ( $r \leq -0,46 \dots -0,60$ ). Содержание белка и клейковины связано со среднесуточными температурами тех же периодов, что и урожайность, но с противоположным знаком: коэффициент корреляции по белку соответственно 0,45 и 0,46...0,66; по клейковине 0,46...0,52 и 0,47...0,64. Сортные особенности связи агрономических показателей с температурами слабо выражены по урожайности и значительно по содержанию белка и клейковины.*

**RELATIONSHIPS OF TEMPERATURE PARAMETERS OF GROWING PERIOD  
AND MAJOR AGRONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF SPRING DURUM  
WHEAT VARIETIES IN ALTAI****Rozova M.A., Ziborov A.I., Egiazaryan E.E.**Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies,  
656910, Barnaul, Nauchnyi gorodok, 35  
E-mail: mrosova@yandex.ru

*Air temperature is among most prominent environmental factors when the formation of yield and quality of durum wheat is considered. The aim of the research was to single out crucial period for the productivity and quality parameters on species and variety levels for the justification of breeding programs and elements of cultivation technology of spring durum wheat. The research was carried out in 2002 – 2020 with 7 durum wheat varieties differed in days to ripeness. Trials were sown after clean black fallow. The soil was leached mid-deep, low-humus blacksoil. To evaluate the effect of air temperatures for each day of growing season temperature data were treated with the procedure of moving means for 10-days periods and were synchronized on the day of heading. The sum of effective temperatures ( $\geq 10$  °C) necessary for spring durum wheat to complete the development made up 1270-1639 °C for mid-early varieties, 1313-1695 °C for mid-ripening and 1395-1781 °C for mid-late varieties. Crop season duration correlated with the sum of temperatures ( $r=0,60$ ) and with day temperature ( $-0,49$ ). Factors “years” and “genotype” had significant effect on the traits studied. The impact of “years” to the variation of yield was 84,8 %, protein content 55,1 and gluten 39,8 %. Respective impacts of “genotypes” was 14,2, 42,5 and 54,7 %. Mean day and night temperatures during heading-ripeness had negative effect on the yield most of all on the 2nd-5th day after heading ( $r \leq -0,53 \dots -0,66$ ) and later on 22 — 32nd day after heading ( $r \leq -0,46 \dots -0,60$ ). Protein and gluten content correlated with the temperatures of the same periods as yield did but opposite in sign:  $r$  for protein content made up 0,45 and 0,46...0,66 respectively; for gluten 0,46...0,52 and 0,47...0,64. Varietal peculiarities in responses to temperatures were weak pronounced for yield and expressed for protein and gluten content.*

**Ключевые слова:** яровая твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.), сорт, среднесуточная температура воздуха, сумма эффективных температур, период вегетации, урожайность, содержание белка, клейковина

**Key words:** spring durum wheat (*Triticum durum* Desf), variety, day and night air temperatures, sum of effective temperatures, growing season, yield, protein and gluten content

Температура внешней среды – один из важнейших факторов жизни растений. Она более стабильно и тесно связана с важнейшими признаками твердой пшеницы, чем осадки [1, 2]. Выделяют два основных критических периода для формирования урожайности твердой пшеницы: колошение–начало выхода в труб-

ку и колошение–цветение [2, 3]. Высокие температуры вызывают снижение фотосинтетического потенциала из-за метаболических нарушений и окислительного повреждения хлоропластов, что приводит к ухудшению накопления биомассы, преждевременному старению листьев и потерям урожая преимущественно

из-за снижения озерненности и крупности зерна [4, 5]. Температурный стресс уменьшает эффективность использования воды растениями [5], но при слабой интенсивности стресса она может не меняться или даже несколько увеличиваться [6]. Выраженное влияние высоких температур на качество зерна наблюдается начиная с его завязывания, что приводит к ограничению накопления крахмала, формированию мелкого зерна и уменьшению выхода муки/крупки. Изменяется соотношение амилозы и амилопектина, что отражается на эластичности теста. Температурный стресс в период налива зерна способствует увеличению содержания белка и клейковины, но ухудшает качество клейковины [6, 7] из-за изменения соотношения глютенины:глюадина и доли высокомолекулярных полимеров, поскольку уменьшается количество ферментов, ответственных за образование дисульфидных связей [7].

Для научного обоснования селекции сортов твердой пшеницы, адаптированных к условиям юга Западной Сибири, необходимо знание комплекса экологических факторов, направлений и силы связи его компонентов с урожайностью и параметрами качества зерна. В связи с этим возникла необходимость в продолжении и расширении исследований, результаты которых были представлены ранее [2], с учетом привязки к конкретным периодам вегетации и сортовой специфики.

Цель исследований – выявить критические периоды формирования продуктивности и параметров качества зерна на видовом и сортовом уровне для обоснования селекционных программ и элементов технологии возделывания твердой пшеницы.

**Методика.** Материалом для постановки экспериментов послужили среднеранние сорта Алтайская нива, Салют Алтай, Памяти Янченко; среднеспелые – Харьковская 46, Алтайка, Алтайский янтарь и среднепоздний сорт Алейская. Исследования проводили в 2002–2020 гг. по типу конкурсного сортоиспытания в условиях Приобской лесостепи Алтайского края. Полевые эксперименты закладывали по чистому черному пару. Срок посева определяли по готовности почвы. Почва опытного участка чернозем выщелоченный, среднемощный, среднесуглинистый, малогумусный. Посев выполняли преимущественно в первой декаде мая сеялкой ССФК-7, сплошную уборку деелянок – комбайном Сампо 130 и Винтерштайгер Классик. Норма высева 5 млн всхожих зерен на 1 га.

Статистическую обработку данных осуществляли методами дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову [8].

Для построения корреляционных кривых, отражающих связь среднесуточных температур с урожайностью, содержанием белка и клейковины, температуры обчисляли с использованием метода скользящей средней за 10-дневные периоды, что позволило уменьшить вклад случайных значений и выявить динамику связей. Для этого температурные значения периода вегетации синхронизировали по дате колошения и определяли максимально возможный период развития твердой пшеницы общий для всех лет (продолжительность всего вегетационного периода, его вегетативной и генеративной фаз, начало и окончание вегетации менялись год от года). А так как эффект температуры зависит от фазы развития растения, мы синхронизировали величину этого показателя по вегетационным периодам разных лет, взяв за точку отсчета начало колошения. Из-за больших различий по датам начала, окончания и продолжительности вегетации отрезок времени для

определения попарных коэффициентов корреляции охватывал период 23 мая ... 1 августа.

Условия Приобской лесостепи Алтайского края характеризуются достаточно высокой суммой положительных (2350...2500 °С) и эффективных температур (2000...2200 °С) [9]. Безморозный период длится 110...120 дней. Среднесуточные температуры по данным Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с мая по август составляют 12,1, 17,7, 19,9 и 17,0 °С соответственно. Температура в течение суток сильно меняется: минимальная температура в мае в среднем равна 6,5 °С, максимальная – 20,1 °С, в июне – соответственно 11,6 и 24,3 °С, в июле – 14,0 и 26,3 °С, в августе – 11,6 и 24,3 °С. В период вегетации около 43 % дней солнечных, 52 % облачных, остальные 5 % с пониженной солнечной инсоляцией. Средняя относительная влажность воздуха летних месяцев 62 %. Таким образом, летом в поле пшеница находится под воздействием жаркой и сухой погоды.

Метеоусловия вегетации яровых культур в 2002–2020 гг. по данным Барнаульского пункта наблюдений Алтайского ЦГМС были чрезвычайно разнообразными: от крайне засушливого 2012 г. (урожайность в конкурсном сортоиспытании составила 0,91 т/га) до крайне благоприятных 2009 (4,97 т/га) и 2018 гг. (5,90 т/га).

**Результаты и обсуждение.** Период вегетации яровых культур, приходящийся на юге Западной Сибири на май–август, проходит на фоне температурного режима, характеризующегося быстрым набором среднесуточных температур в мае. В конце первой декады воздух прогревается до температуры более 10 °С (рис. 1), к появлению всходов она достигает 13...14 °С, а к началу трубкования, в среднем в конце первой декады июня, составляет 17 °С и выше. В течение дальнейшего периода вплоть до второй декады августа среднесуточная температура находится в интервале 18...21 °С, а далее постепенно снижается. Такой фон обеспечивает успешное возделывание в регионе твердой пшеницы благодаря ее филогенетически обусловленной толерантности к пониженным температурам в начале роста и развития и требовательности к теплу в период созревания [10, 11].

Твердая пшеница теплолюбивая культура. Северная граница ее выращивания проходит по изолинии 1600...1700 °С, скороспелой мягкой – 1200...1250 °С [12]. В Западной Сибири в целом за вегетационный период для среднеранних сортов необходима сумма положительных температур 1460...1535 °С, для среднеспелых – 1519...1566 °С, для среднепоздних – 1582...1633 °С [13].

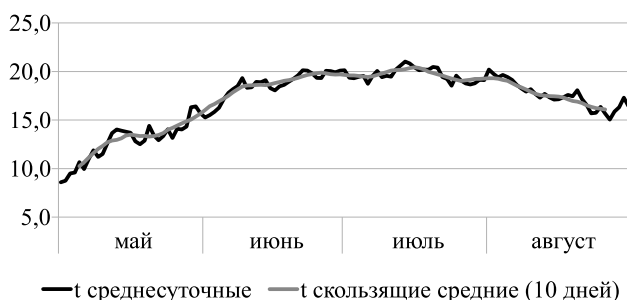


Рис. 1. Среднесуточные температуры вегетационного периода яровой твердой пшеницы (среднее за 2002–2020 гг.).

Табл. 1. Сумма эффективных температур периода вегетации сортов твердой пшеницы (2002–2020 гг.)

| Сорт             | Дней до созре-<br>вания | Сумма эффективных температур периода, °С |             |              |                    |                         |
|------------------|-------------------------|------------------------------------------|-------------|--------------|--------------------|-------------------------|
|                  |                         | всходы – полная спелость                 |             |              | всходы – колошение | колошение –<br>спелость |
|                  |                         | средняя                                  | минимальная | максимальная |                    |                         |
| Среднеранние     |                         |                                          |             |              |                    |                         |
| Алтайская нива   | 82                      | 1481                                     | 1263        | 1628         | 675                | 806                     |
| Салют Алтая      | 81                      | 1460                                     | 1246        | 1644         | 663                | 797                     |
| Памяти Янченко   | 84                      | 1516                                     | 1300        | 1644         | 709                | 806                     |
| В среднем        | 82                      | 1486                                     | 1270        | 1639         | 682                | 803                     |
| Среднеспелые     |                         |                                          |             |              |                    |                         |
| Харьковская 46   | 84                      | 1510                                     | 1319        | 1679         | 694                | 816                     |
| Алтайка          | 87                      | 1597                                     | 1319        | 1726         | 777                | 820                     |
| Алтайский янтарь | 85                      | 1543                                     | 1300        | 1681         | 750                | 793                     |
| В среднем        | 85                      | 1550                                     | 1313        | 1695         | 740                | 810                     |
| Среднепоздние    |                         |                                          |             |              |                    |                         |
| Алейская         | 89                      | 1618                                     | 1395        | 1781         | 778                | 840                     |

В условиях наших исследований для завершения вегетации твердой пшеницы в среднем за 19 лет требовалось от 1460 до 1618 °С эффективных температур в зависимости от скороспелости сорта (табл. 1). Для типичных среднеранних сортов Алтайская нива и Салют Алтая эта сумма составила 1481 и 1460 °С соответственно, среднеспелых сортов Алтайка и Алтайский янтарь – 1570 и 1543 °С, а для среднепозднего сорта Алейская – 1618 °С. Сорта Памяти Янченко и Харьковская 46 по накопленной сумме эффективных температур занимали промежуточное положение между среднеранними и среднеспелыми – соответственно 1516 и 1510 °С. Сумма температур значительно менялась по годам – в среднем по сортам от 1306 до 1675 °С при общем варьировании в интервале 1246...1781 °С. Эта величина положительно и достоверно связана с продолжительностью периода вегетации твердой пшеницы в отдельные годы ( $r=0,60$ , по сортам 0,56...0,68). За 2002–2020 гг. в среднем по сортам продолжительность периода всходы–полная спелость составила 85 дней с варьированием по годам от 74 до 98 дней.

Рассматривая вопросы потребности твердой пшеницы в сумме эффективных температур или соответствия условий зоны для ее возделывания, целесообразно ориентироваться на величины от средней за многолетний период до максимальной, так как крайние минимальные значения наблюдаются редко и выходят за рамки нормального распределения. У сортов Памяти Янченко, Алтайка, Алтайский янтарь и Алейская минимальная за годы исследований сумма эффективных температур отстояла от ближайшего последующего на 85...110 °С, что намного больше, чем между всеми другими парами значений. Поэтому для возделывания среднеранних сортов референтными можно считать суммы 1486...1639 °С, для среднеспелых – 1550...1695 °С, для среднепоздних – 1618...1781 °С.

Отмеченные суммы эффективных температур отличаются от данных по Омску [13] как по минимальному, так и максимальному значению. Это можно объяснить

меньшей продолжительностью эксперимента в Омске (7 лет). Кроме того, в этой работе приводятся данные по положительным температурам, а в нашем исследовании – по эффективным, хотя различия между ними в Приобской лесостепи Алтайского края небольшие – в среднем за 2002–2020 гг. – 27 °С, по годам – от 0 до 74 °С.

В условиях опыта в среднем за годы изучения всходы появлялись 16...17 мая с разбросом значений в интервале 8.05...25.05, колошение наступало 29 июня (24.06...8.07), а полная спелость – 9 августа (27.07...23.08). Период посев–всходы составлял 7...16 дней и в среднем был равен 11,5 дням. Такая его продолжительность, даже с учетом более длительного набухания зерна твердой пшеницы, по сравнению с мягкой, достаточно убедительно свидетельствует о слабом прогреве почвы к посеву. В среднем за первую декаду мая 5 дней характеризовались температурами ниже 10 °С (по годам от 2 до 9 дней), еще 4 таких дня (от 0 до 11) отмечали после появления всходов. Путем корреляционного анализа установлена средняя отрицательная достоверная связь между продолжительностью прорастания и среднесуточными температурами мая ( $r=-0,68$ ), а также со сроком посева ( $-0,61$ ).

Длительность вегетации зависела от суммы положительных и среднесуточной температуры. При этом корреляция с суммой температур была положительной, а со среднесуточной – отрицательной. Чем больше дней развивались растения, тем выше была сумма температур и чем выше среднесуточная температура, тем быстрее развивались растения и сильнее сокращалась продолжительность вегетации. Длительность вегетационного периода имеет связь с суммой температур, описываемую коэффициентом корреляции 0,60, и со среднесуточной температурой ( $r=-0,49$ ). При этом на общую протяженность вегетации больший эффект оказывает протяженность периода колошение – полная спелость ( $r=0,80$ ), тогда как связь с длительностью периода до колошения характеризуется значительно бо-

**Табл. 2. Корреляция продолжительности вегетационного периода твердой пшеницы с температурными показателями**

| Коррелирующие признаки                       |                                                       | Коэффициент корреляции |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|
| Продолжительность вегетационного периода     | сумма температур периода вегетации                    | 0,60*                  |
|                                              | среднесуточная температура периода вегетации          | -0,49*                 |
| Продолжительность периода всходы–колошение   | среднесуточная температура периода всходы–колошение   | -0,66*                 |
|                                              | сумма температур всходы–колошение                     | 0,01                   |
| Продолжительность периода колошение–спелость | среднесуточная температура периода колошение–спелость | -0,92*                 |
|                                              | сумма температур колошение – спелость                 | 0,90*                  |
| Продолжительность вегетационного периода     | продолжительность периода всходы – колошение          | 0,32                   |
|                                              | продолжительность периода колошение – спелость        | 0,80*                  |
| Продолжительность периода всходы–колошение   | продолжительность периода колошение – спелость        | -0,31                  |

\* достоверно при уровне значимости 0,05.

лее низким коэффициентом ( $r=0,32$ ). Среднесуточные температуры достоверно коррелируют с продолжительностью как вегетативного ( $r=-0,66$ ), так и генеративного ( $r=-0,92$ ) периода развития твердой пшеницы. Сумма температур достоверно положительно тесно связана только с продолжительностью периода от колошения до созревания ( $r=0,90$ ). Количество дней от всходов до колошения не зависит от суммы температур, так как в мае при невысоких их величинах развитие пшеницы замедляется, а в июне при климатической норме ускоряется (табл. 2).

За 2002–2020 гг. урожайность как отдельных генотипов, так и средняя по опыту менялась в широком

**Табл. 3. Урожайность сортов яровой твердой пшеницы (2002–2020 гг.)**

| Сорт              | Средняя | Минимальная | Максимальная | CV, % |
|-------------------|---------|-------------|--------------|-------|
| Алтайская нива    | 3,44    | 0,91        | 5,33         | 28,7  |
| Салют Алтай       | 3,50    | 0,84        | 5,36         | 29,8  |
| Памяти Янченко    | 3,75    | 1,10        | 5,65         | 26,6  |
| Харьковская 46    | 3,13    | 0,77        | 5,13         | 31,2  |
| Алтайка           | 3,23    | 0,67        | 5,35         | 29,9  |
| Алтайский янтарь  | 3,73    | 0,91        | 5,66         | 28,2  |
| Алейская          | 3,67    | 1,17        | 5,66         | 28,2  |
| В среднем         | 3,50    | 0,91        | 5,16         | 27,9  |
| НСР <sub>05</sub> | 0,18    |             |              |       |

диапазоне и в среднем по набору сортов варьировала от 0,91 до 5,45 т/га (табл. 3). Самую низкую величину этого показателя наблюдали только однажды – в 2012 г. Второе после него значение 2,19 т/га дает начало распределению урожайности, близкой по частоте к статистически нормальному.

Основную роль в дисперсии урожайности играли условия лет исследований – доля вклада равна 84,8 %. Вклад сорта в изменчивость признака также был достоверным и оценивался в 14,2 %. Наименее урожайными были самые старые сорта – Харьковская 46 и Алтайка (см. табл. 3), которые вместе с сортом Салют Алтай характеризовались самыми высокими коэффициентами вариации ( $CV=29,8...31,2\%$ ). Среди изучаемого набора по уровню и стабильности урожайности наиболее предпочтительно выглядел сорт Памяти Янченко. При самой высокой средней урожайности (3,75 т/га) у него был наименьший коэффициент вариации – 26,6 %.

Коэффициенты корреляции урожайности и температурных переменных варьировали от слабых до средних: с суммой температур за вегетацию – 0,36, со средней температурой за вегетационный период – -0,22, с суммой температур периода всходы–колошение – 0,35, с суммой температур периода колошение–спелость – 0,22, со среднесуточной температурой первой половины вегетации – 0,12. Статистически значимая связь отмечена только со среднесуточной температурой периода колошение–спелость – -0,49. Это объясняется тем, что корреляции с температурными параметрами столь продолжительных периодов нивелируют переменчивые эффекты температуры на растения в ходе онтогенеза.

При использовании для решения этой проблемы метода скользящих средних за 10-дневные периоды (см. рис. 1) связь среднесуточных температур с урожайностью твердой пшеницы была достаточно близкой по сортам – все они положительно реагировали на повышение температуры в начале вегетации. При этом у более раннеспелых сортов Салют Алтай и Алтайская нива, а также Харьковской 46 корреляция была не существенной. Самый продолжительный период положительного воздействия температур отмечен у наиболее позднего сорта Алейская – 6 дней при  $r=0,49...0,59$  ( $p=0,05$ ). У других сортов он составлял 2...3 дня и приходился на последнюю декаду мая. Коэффициент корреляции менял знак с положительного на отрицательный при переходе температур на более высокие значения в конце первой декады июня. Их повышение во время колошения, цветения, начала образования и формирования зерна негативно влияло на размеры урожая. У всех сортов кроме Алейской указанный период продолжался 6...7 дней, а корреляция температур с урожайностью была достоверной ( $r=-0,46...-0,75$ ). По времени наступления этих периодов сорта несколько различались, причем у более ранних он начинался позже (1 июля), а у среднеспелых и среднепоздних – 27...28 июня. Механизм воздействия температуры на урожайность понятен и связан со снижением количества фертильных цветков то есть озерненности колоса, а также массы 1000 зерен [2].

Следующий период чувствительности к температурам у Алейской начинается через 17 дней, у других сортов – через 15 дней. Он наиболее длительный, охватывает от 9 до 15 дней и характеризуется достоверными коэффициентами корреляции -0,46...-0,65. К этому времени твердая пшеница достигает фазы молочной спелости, а среднесуточные температуры приближа-

ются к 19...20 °C и, согласно полученным данным, растения достаточно четко реагируют на повышение температуры вследствие сдерживания процессов реутилизации запасных веществ и их оттока в колос [5].

Среднесуточные температуры за изучаемый период времени даже в наиболее жаркие месяцы (июль, реже июнь) находились на уровне от 17 до 21 °C, хотя в отдельные годы достигали 25...28 °C, а максимальная дневная температура – 35...38 °C. При этом отчетливо проявлялось их негативное влияние с фазы выхода в трубку и далее. Это расходится с данными Fagooq et al. [7] по влиянию температур в период после цветения, согласно которым к оптимальной во время цветения отнесена температура 23,0±1,2 °C, максимальной – 32,0±1,7 °C и минимальной – 9,7±0,4; для налива зерна – соответственно 21,3±1,3, 34,3±2,7 и 9,6±0,8 °C. Следовательно, температуры Приобской лесостепи Алтайского края должны быть благоприятны для пшеницы. Возможно, установленное негативное воздействие связано с большой разницей между дневными и ночными температурами (при ясной погоде до 15 °C) и их значительной изменчивостью. Так, в 2012 г. в 25 из 74 дней вегетации дневные температуры достигали 30 °C и выше, что привело к сильному сокращению периода вегетации, формированию слабой биомассы посевов и урожайности зерна на уровне 0,91 т/га. Возможно, что в условиях короткого вегетационного периода яровой пшеницы в Сибири уровень стрессовых температур ниже, чем при более длительной вегетации.

Результаты анализа средней по набору сортов реакции на среднесуточную температуру по зерновой продуктивности свидетельствуют, что она оказывает статистически значимое негативное влияние ( $r \leq -0,46$ ) в первые 5 дней после колошения, охватывающие цветение и начало завязывания зерна, а также с 22 по 32 день после колошения, то есть при наступлении молочной спелости (рис. 2).

Величина важнейшего показателя качества зерна твердой пшеницы – содержание белка в зерне, в условиях Приобской лесостепи Алтайского края достигала 14,9 % с варьированием по годам от 13,3 до 17,3 %, а по сортам за годы изучения – от 14,0 до 15,6 % (табл. 4). Согласно результатам дисперсионного анализа годы и генотипы вносили достоверный вклад в изменчивость содержания белка – соответственно 55,1 % и 42,5 %. Высокий вклад генотипов в изменчивость показателей качества отмечают и другие исследователи [1, 14]. Среди сортов с наибольшим содержанием белка выделяются Салют Алтая, Харьковская 46, Алтайская нива

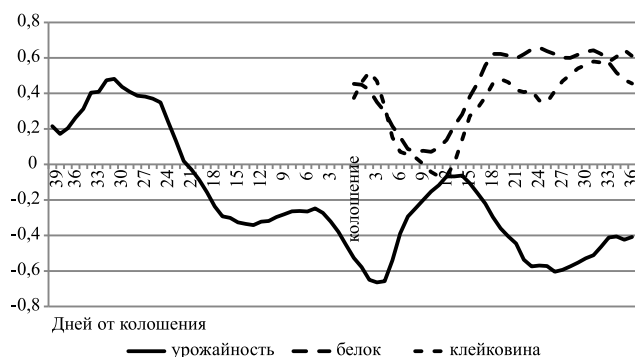
**Табл. 4. Содержание белка в зерне и клейковины в муке сортов твердой пшеницы (2002–2020 гг.), %**

| Сорт              | Содержание белка |      |      |     | Содержание клейковины |      |      |      |
|-------------------|------------------|------|------|-----|-----------------------|------|------|------|
|                   | x                | min  | max  | CV  | x                     | min  | max  | CV   |
| Алтайская нива    | 15,0             | 13,5 | 18,2 | 7,3 | 31,7                  | 27,2 | 37,8 | 8,5  |
| Салют Алтая       | 15,6             | 13,7 | 18,4 | 8,9 | 34,2                  | 29,5 | 41,4 | 9,6  |
| Памяти Янченко    | 15,0             | 14,0 | 16,8 | 6,9 | 31,4                  | 26,0 | 36,3 | 7,6  |
| Харьковская 46    | 15,4             | 13,3 | 17,9 | 7,9 | 34,7                  | 25,9 | 39,7 | 10,4 |
| Алтайка           | 14,9             | 12,0 | 17,9 | 8,7 | 33,2                  | 26,8 | 37,2 | 8,6  |
| Алтайский янтарь  | 14,3             | 12,4 | 17,3 | 8,9 | 32,0                  | 26,1 | 39,0 | 10,9 |
| Алейская          | 14,0             | 12,3 | 16,2 | 8,3 | 30,2                  | 24,5 | 35,4 | 9,7  |
| В среднем         | 14,9             | 13,3 | 17,3 | 7,3 | 32,5                  | 27,8 | 36,2 | 7,0  |
| HCP <sub>05</sub> | 0,4              |      |      |     | 1,4                   |      |      |      |

и Памяти Янченко. У более поздних сортов величина этого показателя ниже. Признак связан обратной зависимостью с продолжительностью периода вегетации ( $r = -0,47$ ). При этом корреляция с длительностью периода всходы–колошение оценивается коэффициентом, равным  $-0,08$ , колошение–спелость –  $-0,42$ . С урожайностью связь содержания белка достоверная и отрицательная –  $-0,63$ . Обратный характер связи этих признаков просматривается и через симметрично противоположные кривые корреляций со среднесуточными температурами (см. рис. 2).

Сумма температур, как в целом за период вегетации, так и за вегетативную и генеративную фазы оказывала слабое влияние на содержание белка – коэффициенты корреляции составляли соответственно  $-0,27$ ,  $-0,15$  и  $-0,26$ . Белковость была достоверно связана со среднесуточной температурой воздуха только в период колошение–полная спелость ( $r = 0,56$ ), для всего периода вегетации коэффициент корреляции был равен  $0,25$ , периода всходы–колошение –  $-0,07$ . Температура наиболее важна для формирования белка в период цветения, образования завязи и на 16 день после колошения (15 июля), когда заканчивается формирование зерна и начинаются процессы созревания. Так как мы использовали десятидневные скользящие средние, то значение 15 июля соответствует среднему за период с 13 по 22 июля. Важность температуры для накопления белка в период колошения и цветения можно объяснить ее негативным воздействием на массу 1000 зерен [2, 7], снижение которой сопровождается увеличением доли белка. Отмеченные корреляционные связи согласуются с данными по накоплению белка в зерне после колошения [15].

Коэффициенты корреляции, установленные по результатам анализа связи содержания белка в зерне твердой пшеницы со среднесуточными температурами с привязкой к фазе колошения, отличаются от рассчитанных ранее на календарной основе [2]. При этом подходе отмечено значение температуры в начале цветения, которое было нивелировано при расчёте на «календарной» основе. Тем не менее, и в этом исследовании не удалось избежать всех погрешностей, вызванных разницей сроков посева, всходов, продолжительности вегетационного периода и завершения



**Рис. 2. Корреляционная связь среднесуточных температур с урожайностью, содержанием белка и клейковины твердой пшеницы.**

вегетации. Однако они снизились, относительно простого календарного подхода.

Сортовые реакции на среднесуточные температуры по содержанию белка имеют определенную параллельность и специфичность. Так, согласно максимальному значению коэффициента корреляции наиболее выраженная реакция у среднеранних сортов Алтайская нива, Салют Алтая и Памяти Янченко наступает позже, и она слабее, чем у сортов других групп. Алтайская нива и Салют Алтая максимально реагируют на температуры во время колошения и последующих 4...5 дней. Первые два дня важны и для сорта Алтая. Для других сортов значимость этой фазы не подкреплена статистически. Второй период существенного влияния температур у среднеранних сортов наступает на 24 день после колошения, у среднеспелых примерно – на 15 день, у среднепозднего сорта Алейская – на 13 день. Наиболее высокие достоверные коэффициенты корреляции между содержанием белка и среднесуточной температурой отмечены у сортов Алтая (0,52...0,74) и Алтайский янтарь (0,54...0,70). Сорт Памяти Янченко, который достаточно стабильно формирует зерно с высоким содержанием белка, демонстрирует определенную толерантность к температурам, так как коэффициенты корреляции у него ниже, а значимый период охватывает только 5 дней (рис. 3).

Содержание клейковины в муке твердой пшеницы за годы исследования варьировало в пределах 27,8 ... 36,2 % и в среднем по опыту составляло 32,5 % (см. табл.4). Результаты дисперсионного анализа показали достоверность вкладов факторов «сорт» (54,7 %) и «год» (39,8 %). Меньше всего клейковины отмечено в зерне сорта Алейская – 30,2 % (по годам от 24,2 до 34,8 %), больше всего у сортов Харьковская 46 – 34,7 % (25,9...39,7 %) и Салют Алтая – 34,2 % (29,5...41,4 %). Содержание клейковины понижалось от среднеранних к среднепоздним сортам и имело достоверную отрицательную корреляцию с продолжительностью вегетации в ряду лет –  $r = -0,56$ . Связь с суммой температур за вегетационный период была отрицательной и равной -0,27, за период всходы–колошение – -0,02, колошение–спелость – -0,40. Корреляции со средними температурами соответствующих периодов, наоборот, были положительными – соответственно 0,37; 0,12 и 0,41. Направление корреляций содержания клейковины со

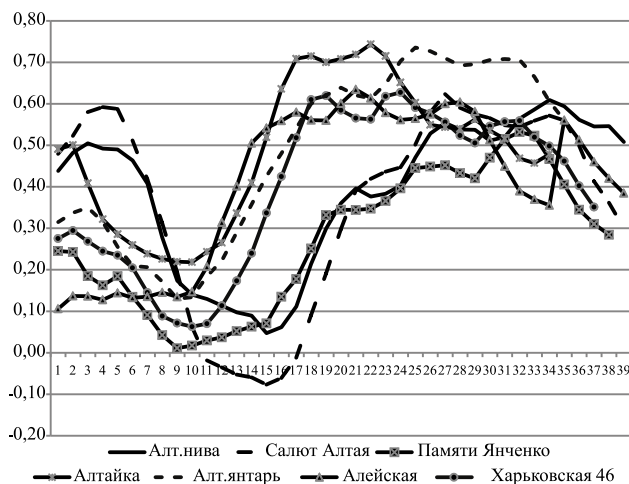


Рис. 3. Корреляция содержания белка сортов твердой пшеницы с среднесуточными температурами генеративной фазы.

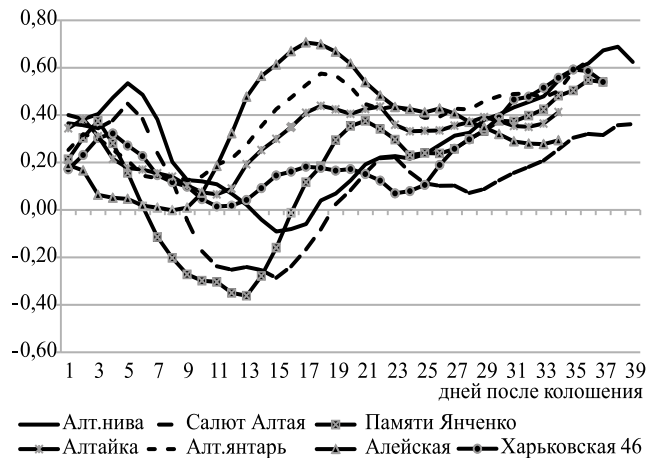


Рис. 4. Корреляционные связи содержания клейковины сортов твердой пшеницы с среднесуточными температурами генеративной фазы развития.

среднесуточными температурами аналогично таковому для белка, но они меньше по величине (рис. 4). В целом экспрессия признака «содержание клейковины» и его детерминированность более сложна, что отражается в повышенной специфичности корреляционных кривых отдельных сортов. Среднеранние сорта Алтайская нива, Салют Алтая и Памяти Янченко имеют большее сходство по динамике корреляционных связей. А у сортов Салют Алтая и Алтая коэффициенты корреляции ниже уровня достоверности. У сортов Алтайская нива, Памяти Янченко и Харьковская 46 коэффициенты корреляции выше 0,46 получены для температур на 30-й и последующие дни после колошения. При этом Алтайская нива восприимчива к температурам на 3...5 день. Сорта с невысоким содержанием клейковины Алтайский янтарь и Алейская имеют продолжительные периоды, когда температура влияет на содержание клейковины – 15 и 10 дней. У сорта Алтайский янтарь это 15...18 и 28...35 день после колошения, у Алейской – 12...21 день (см. рис. 4).

Таким образом, сумма эффективных температур периода вегетации твердой пшеницы на Алтае в 2002–2020 гг. составила для среднеранней группы сортов 1486 °C с варьированием по годам 1270 ... 1639 °C; для среднеспелой – соответственно 1550 °C и 1313 ... 1695 °C и для позднеспелого сорта – 1618 °C и 1395 ... 1781 °C.

Температурные показатели оказывали влияние на продолжительность фаз развития твердой пшеницы. В период посева и в начале появления всходов твердая пшеница испытывает нехватку температур, что приводит к позднему появлению всходов. Коэффициент корреляции продолжительности прорастания со среднесуточными температурами мая был равен -0,68, со сроком посева – -0,61. Корреляция длительности вегетации с суммой температур средняя положительная ( $r = 0,60$ , по сортам 0,56...0,68), со среднесуточной температурой – отрицательная (-0,49). Среднесуточные температуры имеют достоверную связь с продолжительностью как вегетативного (-0,66), так и генеративного периода развития твердой пшеницы (-0,92). Сумма температур тесно достоверно положительно коррелирует только с продолжительностью периода колошение–спелость (0,90).

Вклад температур в дисперсию урожайности, содержания белка и клейковины составлял соответствен-

но 84,8, 55,1 и 39,8 %; генотипов – 14,2, 42,5 и 54,7 %. Корреляция урожайности с суммой температур и средней температурой как в целом за вегетацию, так и отдельно за вегетативный и генеративный этапы развития невысокая – от -0,22 до 0,36, за исключением взаимосвязи со среднесуточными температурами периода колошения–полная спелость ( $r=-0,49$ ). Статистически доказанное негативное влияние температуры оказывают во время колошения, цветения и начала завязывания зерна, а также в течение 10 дней после наступления молочной спелости. Сортосовые особенности по корреляционным связям выражены слабо.

Взаимосвязь содержания белка и клейковины со среднесуточными температурами, начиная с фазы колошения и далее, прямо противоположна таковой для урожайности. На величины этих показателей положительное влияние оказывают температуры во время цветения (2...4 день после колошения) и в период молочной спелости (17...33 день). Корреляционные кривые отдельных сортов обладают специфичностью.

### Литература.

1. Heat and drought stress on durum wheat: responses of genotypes, yield and quality parameters / Y.-F. Li, Y. Wu., N. Fernandez-Espinosa, et al. // *Journal of cereal science*. 2013. Vol. 57. P. 398–404.
2. Розова М. А., Янченко В. И., Мельник В. М. Экологическая пластичность яровой твердой пшеницы в условиях Алтая: монография. Барнаул: Азбука, 2010. 151 с.
3. Евдокимов М. Г., Юсов В. С. Зависимость урожайности яровой твердой пшеницы и ее компонентов от метеофакторов в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // *Доклады РАСХН*. 2005. №1. С. 10–13.
4. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq, H. Bramley, J. A. Palta, et al. // *Crit. Rev. PlantSci.*, 2011. Vol. 30. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352689.2011.615687> (дата обращения: 15.02.2021). doi: 10.1080/07352689.2011.615687.
5. Akter N., Islam M. R. Heat stress effect and management in wheat. A review // *Agron. Sustain. Dev.* 2017. Vol. 37. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-017-0443-9> (дата обращения: 10.02.2021).
6. Effect of natural factors and management practices on agricultural water use efficiency under drought: A meta-analysis of global drylands / L. Yu, X. Zhao, X. Gao, et al. // *Journal of hydrology*. 2021. Vol. 594. No. 3. Art.№ 125977. URL: <https://research-repository.uwa.edu.au/en> (дата обращения 15.03.2021). doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.125977.
7. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной промышленности (обзор) / Е. К. Хлесткина, Е. В. Журавлева, Т. А. Пшеничникова и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 3. С. 501–514. doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Агроклиматические ресурсы Алтайского края / отв. редактор М. И. Черников. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 155 с.
10. Пальмова Е. Ф. Введение в экологию пшеницы. М., Л.: ОГИЗ. СЕЛЬХОЗГИЗ, 1935. 75 с.
11. Савицкая В. А., Синицын С. С., Широков А. А. Твердая пшеница в Сибири. М.: Колос, 1980. 184 с.
12. Яровая пшеница / А. И. Бараев, Н. М. Бакаев, М. Л. Веденеева и др. М.: Колос, 1978. 429 с.
13. Евдокимов М. Г., Юсов В. С. Яровая твердая пшеница в Сибирском Прииртышье. Омск: «Сфера», 2008. 160 с.
14. Environmental modification of wheat grain protein accumulation and associated processing quality: a case study of China / L. Kong, J. Si, B. Zhang, et al. // *Australian J. Crop Sci.* 2013. Vol. 7. No. 2. P. 73–181.
15. Головаченко А. П., Киселева М. Ю. Роль абиотических факторов в формировании белка яровой пшеницы в Средневолжском регионе // *Сб. научн. тр. «Актуальные вопросы агрономической науки в XXI веке»*. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. С. 430–435.

Поступила в редакцию 15.03.2021

После доработки 19.05.2021

Принята к публикации 25.07.2021



## ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ К ЛИСТОВЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ НА ЮГЕ РОССИИ\*

Г.В. Волкова, доктор биологических наук,  
А.В. Данилова, кандидат биологических наук, Я.В. Яхник, аспирант,  
Е.В. Гладкова, кандидат сельскохозяйственных наук, О.В. Таранчева

Федеральный научный центр биологической защиты растений,  
350039, Краснодар, п/о 39  
E-mail: galvol.bpp@yandex.ru

Исследование проводили с целью выявления устойчивых к северокавказским популяциям возбудителей опасных грибных болезней сортов озимого ячменя в разные фазы развития растения для дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве и селекции. Для этого осуществляли иммунологическую оценку 19 сортов озимого ячменя, высеваемых на юге России в отношении *Puccinia hordei*, *Pyrenophora teres* и *Cochliobolus sativus* в условиях климатокамеры (фаза всходов) и поля (фаза взрослого растения); ранжировали изучаемые сорта по степени и типу устойчивости к возбудителям болезней; выявили сорта, обладающие групповой устойчивостью. Исследование выполняли в г. Краснодар в вегетационные сезоны 2018/19 гг. и 2019/20 гг. по общепринятым методикам. К сортам устойчивым (R) к карликовой ржавчине в фазе всходов (вместо пустул образуются четко выраженные хлоротичные пятна) отнесены Каррера и Кубагро-1; к сетчатой пятнистости (развитие заболевания 2 балла) – Гордей, Паттерн, Сармат; к темно-бурой пятнистости (развитие заболевания от 0,6 до 3,8 баллов) – Каррера, Лазарь, Мадар, Тимофей. Устойчивость (R) к возбудителю темно-бурой пятнистости в фазе взрослого растения проявили сорта Гордей, Спринтер, Тимофей (развитие заболевания не более 15 %); среднюю устойчивость (MR) к карликовой ржавчине (развитие заболевания от 15 до 30 %) – Гордей, Иосиф, Каррера, Лайс, Паттерн, Спринтер, к сетчатой пятнистости (развитие заболевания от 15 до 30 %) – Сармат и Тимофей. Групповая устойчивость (R и MR) к *P. hordei*, *P. teres* и *C. sativus* в фазе всходов отмечена у сортов Каррера и Спринтер. В фазе взрослого растения сортов, обладающих групповой устойчивостью, не выявлено.

## IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF RESISTANCE OF WINTER BARLEY VARIETIES TO LEAF DISEASES IN THE SOUTH OF RUSSIA

Volkova G.V., Danilova A.V., Yakhnik Ya.V., Gladkova E.V., Tarancheva O.V.

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection,  
350039, Krasnodar, p/o 39,  
E-mail: galvol.bpp@yandex.ru

The research was conducted to study the resistance of winter barley cultivars to the North Caucasian populations of pathogens of the most dangerous fungal diseases for further use in agricultural production and breeding. For this, a number of tasks were determined: to carry out an immunological assessment of 19 cultivars of winter barley sown in the south of Russia relative to *Puccinia hordei*, *Pyrenophora teres* and *Cochliobolus sativus* in a field (plant phase) and climatic chamber (seedling stage); to rank the studied winter barley cultivars by the degree and type of resistance to pathogens; to identify cultivars with group resistance in the adult plant phase and the seedling stage. The study was conducted at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Plant Protection» of Krasnodar (FSCBPP) during the growing seasons of 2018-2019 and 2019-2020 based on a field infectious nursery and in a climatic chamber. Kubagro-1 and Carrera are classified as resistant cultivars with respect to barley leaf rust in the seedling phase (R reaction type – instead of pustules, pronounced chlorotic spots are formed); to net blotch (disease progression 2 points) – Gordey, Pattern, Sarmat; to spot blotch (disease progression from 0.6 to 3.8 points): Carrera, Lazar, Madar, Timofey. The cultivars resistant to spot blotch in phase of an adult plant were Gordey, Sprinter, Timofey (R, disease development no more than 10-15%); cultivars moderately resistant to barley leaf rust (MR, disease development from 15 to 30%) – Gordey, Joseph, Carrera, Lais, Pattern, Sprinter and to net blotch (MR, disease development from 15 to 30%) – Sarmat and Timofey. Group resistance (R, MR) in the phase of an adult plant to *P. hordei*, *P. teres* and *C. sativus* was revealed in two cultivars of winter barley – Carrera and Sprinter. In the adult plant phase, cultivars with group resistance were not identified. These cultivars are of interest both for agricultural production and for breeding work.

**Ключевые слова:** ячмень озимый (*Hordeum vulgare*), карликовая ржавчина (*Puccinia hordei*), сетчатая пятнистость (*Pyrenophora teres*), темно-бурая пятнистость (*Cochliobolus sativus*), листовые заболевания, иммунологическая оценка, групповая устойчивость

**Key words:** winter barley (*Hordeum vulgare*), barley leaf rust (*Puccinia hordei*), net blotch (*Pyrenophora teres*), spot blotch (*Cochliobolus sativus*), leaf diseases, immunological evaluation, group resistance

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – одна из наиболее засухоустойчивых, солестойких, неприхотливых и скороспелых зерновых культур, толерантных к неблагоприятным условиям [1, 2]. По данным ФАО (Статистические данные продовольственной и сельскохозяй-

ственной организации Объединенных наций. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>), общая площадь его посевов в мировом земледелии составляет в среднем 65 млн га. Это определяет четвертое место ячменя в производстве зерновых после пшеницы, риса и куку-

\*Исследования выполнены согласно Государственному заданию № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0012.

Авторы выражают благодарность селекционным центрам, предоставившим на изучение семенной материал озимого ячменя.



рузы. Около 50 % мирового производства зерна этой культуры используют в качестве корма для животных и в составе различных комбикормов. Ячмень имеет важное значение при производстве солода и пива [3]. В России эту культуру ежегодно высевают на площади 10,5 млн га, а урожайность составляет в среднем 19,0 ц/га (Федеральная служба государственной статистики - сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy)). Первое место среди всех регионов России по валовым сборам зерна ячменя занимает Краснодарский край (930 тыс. т), посевы этой культуры на Кубани занимают в среднем 300 тыс. га [4].

Снижение урожайности ячменя в отдельные годы происходит из-за поражения его листовыми заболеваниями. В условиях Краснодарского края к доминирующим заболеваниям отнесены карликовая ржавчина (*Puccinia hordei* Otth.), а также сетчатая (*Pyrenophora teres* Drechs.) и темно-бурая (*Cochliobolus sativus* S. Ito & Kurib.) пятнистости [5].

Карликовая ржавчина при благоприятных условиях способна вызывать потери урожая до 30 % и более. Это распространенное и вредоносное заболевание, поражение которым приводит к формированию щуплого зерна и снижению продуктивности. У инфицированных растений снижается эффективность накопления органического вещества, подавляется образование пигментов (хлорофилл, каротиноиды), снижается количество запасных углеводов (крахмал, сахара) в тканях, нарушается активность ряда ферментов [6]. На сегодня в России заболевание становится все более актуальным, особенно на Северном Кавказе. В отдельные годы степень развития патогена на производственных посевах озимого ячменя может достигать 60...80 % [7]. Сетчатая пятнистость листьев занимает доминирующее положение среди листовых болезней ячменя и встречается в большинстве регионов мира. Потери урожая в годы, благоприятные для ее возбудителя, по разным оценкам, варьируют от 10 до 40 % [8]. На Северном Кавказе эпифитотии, при которых потери урожая могут превышать 50 %, возникают 4...6 раз в течение 10 лет [9]. Возбудитель темно-бурой пятнистости – полифаг, который имеет повсеместный ареал распространения [10], особенно, в условиях высокой влажности и температуры в сочетании с низким плодородием почвы. Потери урожая от этого заболевания варьируют от 20 до 80 % и могут при максимальном развитии достигать 100 % [11].

Цель исследований – выявить устойчивые к северокавказским популяциям возбудителей опасных грибных болезней в разные фазы развития растений сорта озимого ячменя для дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве и селекции.

Для ее достижения решали следующие задачи: провести иммунологическую оценку 19 высеваемых на юге России сортов ячменя в отношении *P. hordei*, *P. teres* и *C. sativus* в условиях климатокамеры и поля; ранжировать исследуемые сорта по степени и типу устойчивости к патогенам; выявить сорта, обладающие групповой устойчивостью в фазе всходов и взрослого растения.

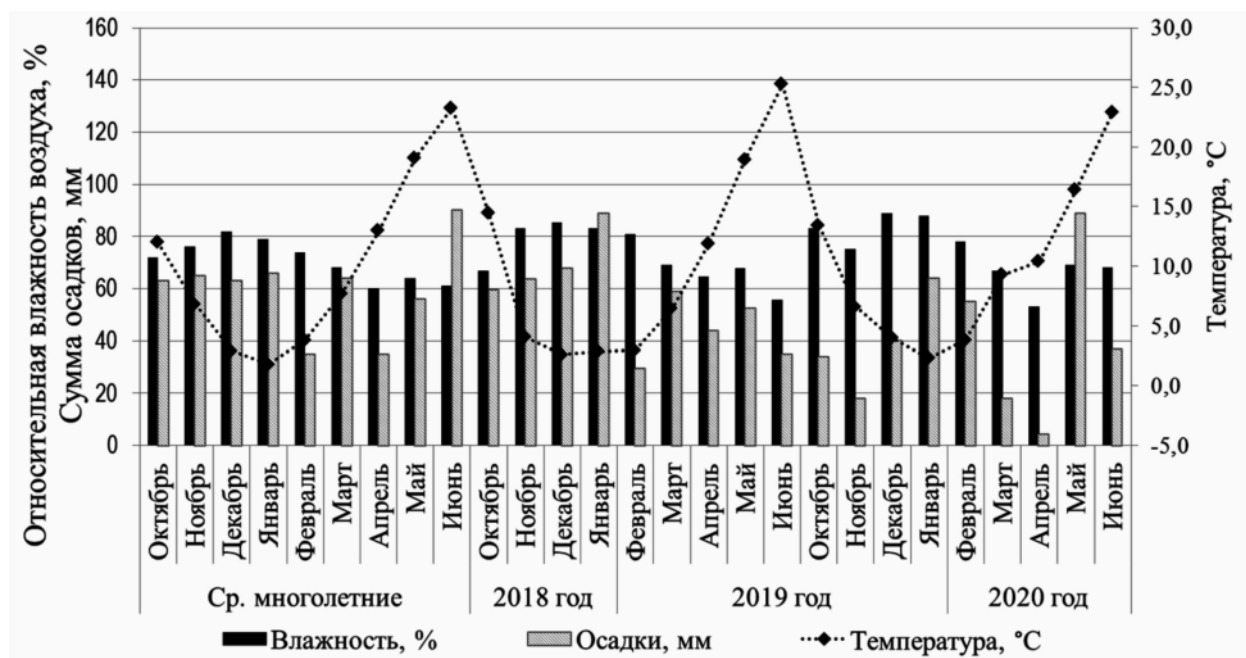
**Методика.** Работу выполняли на базе Федерального научного центра биологической защиты растений (ФНЦБЗР) в вегетационные сезоны 2018/19 гг. и 2019/20 гг. с использованием материальной и технической базы УНУ «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» (<https://ckp-rf.ru/>

[usu/585858/?sphrase\\_id=5369152](https://ckp-rf.ru/usu/585858/?sphrase_id=5369152)) и УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» ([https://ckp-rf.ru/usu/671925/?sphrase\\_id=3926639](https://ckp-rf.ru/usu/671925/?sphrase_id=3926639)).

Иммунологическую оценку сортов озимого ячменя в фазе всходов проводили в условиях климатокамеры Binder KBWF 720 (температура +22,0 °C, влажность 80 %, освещенность 13000 люкс); в фазе взрослых растений – на полевых стационарах ФНЦБЗР. Для исследований было отобрано 19 сортов озимого ячменя, созданных в условиях юга России и допущенных к использованию в производстве: Агродеум, Амиго, АС-18, Версаль, Гордей, Иосиф, Каррера, Кондрат, Кубагро-1, Лазарь, Лайс, Мадар, Мастер, Паттерн, Рандеву, Рубеж, Сармат, Спринтер, Тимофей. Для оценки в фазе всходов семена изучаемых сортов высевали в вазоны (0,5 л) по 10 зерен в каждый, проращивали и инокулировали суспензией урединиоспор *P. hordei*, спорово-мицелиальной суспензией *P. teres* (50000 конидий/мл) и споровой суспензией *C. sativus* (10000 конидий/мл) [12, 13]. Учет устойчивости к карликовой ржавчине (по аналогии с бурой ржавчиной пшеницы) проводили через 10 дней после инокуляции по шкале CIMMYT [14]; сетчатой пятнистости – через 7 дней по шкале Tekauz [15], темно-бурой пятнистости – через 10 дней с использованием 9-балльной шкалы Фетча и Стеффенсона [12]. Сорта ранжировали на четыре группы: R – устойчивые (вместо пустул образуются четко выраженные хлорозные пятна; по шкале Tekauz – 0,5 – 2 балла; по шкале Фетча и Стеффенсона – 1...3,9 балла); MR – средняя устойчивость (по шкале CIMMYT – пустулы очень мелкие, окружены хлоротичной зоной; по шкале Tekauz – 2...4 балла; по шкале Фетча и Стеффенсона – 4...6,5 балла); MS – средняя восприимчивость (по шкале CIMMYT – пустулы среднего размера, рассеянные, окруженные легким хлорозом, участков отмершей ткани не наблюдается; по шкале Tekauz – 4,5...6,5 баллов; по шкале Фетча и Стеффенсона – 6,6...7,9 баллов); S – восприимчивость (по шкале CIMMYT – пустулы очень крупные, участки отмершей ткани отсутствуют; по шкале Tekauz – 7...8 баллов; по шкале Фетча и Стеффенсона – 8...9 баллов) [14].

В полевых условиях сорта высевали на контрольном (защищенном фунгицидом Альто Супер, КЭ в норме 0,5 л/га, однократно, в фазе Z33-37 (начало колошения)) и инфекционном фонах в трёхкратной повторности на делянках площадью 1 м<sup>2</sup>. Для оценки устойчивости к возбудителю карликовой ржавчины создавали искусственный инфекционный фон (смесь урединиоспор с тальком, нагрузка – 10 мг/м<sup>2</sup>, соотношение 1:100). Заражение растений осуществляли вечером при выпадении обильной росы [16]. Устойчивость сортов к возбудителям сетчатой и темно-бурой пятнистостей оценивали на естественном инфекционном фоне. Контролем по восприимчивости к возбудителю карликовой ржавчины был сорт Михайло, сетчатой пятнистости – Романс, темно-бурой пятнистости – Galaction.

Учёт начинали после первичного проявления заболевания, последующие – с интервалом 10...12 суток до фазы молочно-восковой спелости зерна. Интенсивность развития ржавчины в процентах определяли по видоизмененной шкале Кобба [14]. Степень поражения листов и других органов пятнистостями учитывали по шкале Э. Э. Гешеле. Ранжирование сортов по устойчивости к патогенам осуществляли согласно шкале CIMMYT: 0 – заболевание отсутствует; R – устой-



Погодные условия вегетационных сезонов 2018/19 гг. и 2019/20 гг., по данным метеостанции ФГБНУ ФНЦБЗР.

чивость (вместо пустул образуются четко выраженные хлорозные пятна, пораженность листьев до 5...10 %; для пятнистостей развитие заболевания до 15 %); MR – средняя устойчивость (пустулы очень мелкие, окружены хлоротичной зоной, пораженность листьев не более 10...30 %; для пятнистостей развитие заболевания от 15 до 30 %); MS – средняя восприимчивость (пустулы мелкие, пораженность листьев до 40...50 %; для пятнистостей поражение до 50 %); S – восприимчивость (пустулы крупные, пораженность листьев до 55...100 %; для пятнистостей поражение более 50 %) [14].

Определяли среднее развитие заболевания из общего количества обследованных растений в трех повторностях (не менее 25...30 растений в каждой повторности).

Почва опытного участка была типичная для центральной зоны Северо-Кавказского региона – чернозем выщелоченный. Глубина гумусового горизонта – 80...150 см. Содержание гумуса в пахотном 0...20 см слое почвы (ГОСТ 2613-94) составляло 3,39 %, подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91) – 18,2 мг/100 г почвы, подвижных соединений калия (ГОСТ 26205-91) – 30,6 мг/100 г, реакция почвы слабокислая – 5,5...6,5 ед. рН. Обменная кислотность отсутствует, гидролитическая – варьирует от 2 до 4 мг-экв./100 г почвы. Степень насыщения почвы основаниями 85...95 %.

Агроклиматические условия вегетационных сезонов 2018/19 гг. и 2019/20 гг. различались. Осень сезона 2018/19 гг. была прохладной, зима – теплой и бесснежной. Весной 2019 г. резкие перепады температуры воздуха не способствовали активному заражению растений патогенами. В апреле отмечали умеренный температурный режим с заморозками в воздухе и на поверхности почвы и недобором осадков. Май отличался частыми обильными осадками, которые способствовали развитию заболеваний. Сезон 2019/20 гг. характеризовался засушливой осенью. Условия зимы были схожи с предыдущим сезоном. Весной 2020 г. в апреле и марте наблюдали недобор осадков, по сравнению со средними многолетними данными. В мае отмечали обильные осадки (см. рисунок).

**Результаты и обсуждение.** При ранжировании сортов по степени устойчивости к *P. hordei* в фазе всходов (средние данные за два года) выделено четыре группы (табл. 1). К устойчивым (R) отнесены сорта Каррера и Кубагро-1 (10,5 % от числа изученных), к среднеустойчивым (MR) – Иосиф и Спринтер (10,5 %). Сорта Гордей, Мадар, Мастер, Паттерн, Рандеву, Сармат, Тимофей проявили средневосприимчивую (MS) реакцию на заражение патогеном (36,9 %). Восприимчивыми (S) были восемь сортов – Агродеум, Амиго, АС-18, Версаль, Кондрат, Лазарь, Лайс, Рубеж (42,1 %).

Устойчивыми (R) к *P. teres* были сорта Гордей, Паттерн и Сармат (15,8 % от числа изученных), среднюю устойчивость (MR) проявили – Версаль, Каррера, Кондрат, Лазарь, Мадар, Мастер, Спринтер, Тимофей (42,1 %). Средняя восприимчивость (MS) выявлена у сортов Агродеум, Амиго, Иосиф, Кубагро-1, Лайс, Рандеву, Рубеж (36,8 %). К восприимчивым (S) сортам отнесен АС-18 (5,3 %).

Устойчивость (R) к *C. sativus* отмечали у сортов Каррера, Лазарь, Мадар, Тимофей (21,1 % от числа изученных), среднюю устойчивость (MR) – у Агродеум, АС-18, Версаль, Гордей, Кубагро-1, Мастер, Паттерн, Рандеву, Рубеж, Сармат, Спринтер (57,8 %). Средняя восприимчивость (MS) выявлена у сортов Амиго, Иосиф, Кондрат, Лайс (21,1 %).

Групповая устойчивость (R и MR) к трем исследуемым заболеваниям в фазе всходов выявлена у сортов Каррера и Спринтер.

У взрослых растений на фоне искусственного заражения карликовой ржавчиной в течение двух лет исследования устойчивых к патогену сортов не выявлено (табл. 2). Отмечено шесть сортов (31,6 % от числа изученных), характеризующихся как среднеустойчивые (MR) – Гордей, Иосиф, Каррера, Лайс, Паттерн, Спринтер. Девять сортов проявили средневосприимчивую (MS) реакцию на заражение *P. hordei* – Амиго, АС-18, Версаль, Кондрат, Кубагро-1, Лазарь, Мадар, Рубеж, Сармат (47,3 %). Сорта Агродеум, Мастер, Рандеву, Тимофей (21,1 %) отнесены к восприимчивым

Табл. 1. Иммунологическая оценка сортов ячменя относительно комплекса патогенов в фазе всходов, камера искусственного климата (среднее за 2018–2020 гг.)

| Сорт                 | Происхождение            | Реакция сортов на заражение патогенами |                      |               |                         |               |
|----------------------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|                      |                          | карликовая ржавчина                    | сетчатая пятнистость |               | темно-бурая пятнистость |               |
|                      |                          | реакция сорта                          | поражение, балл      | реакция сорта | поражение, балл         | реакция сорта |
| Агродеум             | КубГАУ                   | S                                      | 4,5                  | MS            | 4,6                     | MR            |
| Амиго                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 4,5                  | MS            | 6,6                     | MS            |
| АС-18                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 7,5                  | S             | 5,0                     | MR            |
| Версаль              | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 4,0                  | MR            | 4,8                     | MR            |
| Гордей               | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | MS                                     | 2,0                  | R             | 5,2                     | MR            |
| Иосиф                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | MR                                     | 4,5                  | MS            | 7,4                     | MS            |
| Каррера              | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | R                                      | 4,0                  | MR            | 3,8                     | R             |
| Кондрат              | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 4,0                  | MR            | 6,6                     | MS            |
| Кубагро-1            | КубГАУ                   | R                                      | 4,5                  | MS            | 5,4                     | MR            |
| Лазарь               | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 4,0                  | MR            | 2,4                     | R             |
| Лайс                 | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 4,5                  | MS            | 7,4                     | MS            |
| Мадар                | Кабардино-Балкария       | MS                                     | 3,5                  | MR            | 0,6                     | R             |
| Мастер               | АНЦ "Донской"            | MS                                     | 4,0                  | MR            | 5,8                     | MR            |
| Паттерн              | Северо-Кавказский ФНАЦ   | MS                                     | 2,0                  | R             | 4,6                     | MR            |
| Рандеву              | АНЦ "Донской"            | MS                                     | 5,0                  | MS            | 5,2                     | MR            |
| Рубеж                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | 5,5                  | MS            | 5,2                     | MR            |
| Сармат               | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | MS                                     | 2,0                  | R             | 5,2                     | MR            |
| Спринтер             | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | MR                                     | 4,0                  | MR            | 4,2                     | MR            |
| Тимофей              | АНЦ "Донской"            | MS                                     | 4,0                  | MR            | 3,4                     | R             |
| Романс (контроль)    | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | -                                      | 6,0                  | S             | -                       | -             |
| Galaction (контроль) | Швейцария                | -                                      | -                    | -             | 8,2                     | S             |
| Михайло (контроль)   | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | S                                      | -                    | -             | -                       | -             |

(S). Контроль по восприимчивости (сорт Михайло – S) был поражен карликовой ржавчиной на 65 %.

К сетчатой пятнистости устойчивых сортов также не выявлено. Средней устойчивостью (MR) характеризовались Сармат и Тимофей (10,5 % от числа изученных). Четырнадцать сортов были средневосприимчивыми (MS): Агродеум, Амиго, АС-18, Версаль, Гордей, Иосиф, Каррера, Кондрат и др. (73,7 %). Восприимчивостью к *P. teres* (S) характеризовались Кубагро-1, Лазарь, Рубеж (15,8 %). Контроль по восприимчивости сорт Романс поражен сетчатой пятнистостью на 60 %.

Устойчивость (R) к темно-бурой пятнистости проявили сорта Гордей, Спринтер, Тимофей (15,8 % от числа изученных). Одиннадцать сортов характеризовались средней устойчивостью (MR): АС-18, Версаль, Иосиф, Кондрат, Кубагро-1, Лазарь и др. (57,9 %). Сорта Агродеум, Амиго, Каррера, Сармат (21,1 %) отнесены к группе средневосприимчивых (MS), Лайс (5,3 %) к восприимчивым (S) к заболеванию. Сорт Galaction

(контроль по восприимчивости к темно-бурой пятнистости) был поражен на 80 %.

Результаты сравнительного анализа устойчивости озимого ячменя в разные фазы развития растения к карликовой ржавчине свидетельствуют, что сорта, проявлявшие устойчивость на стадии всходов, в процессе вегетации ее теряли. Это может быть связано с различной природой механизмов устойчивости.

Средней устойчивостью к сетчатой пятнистости в онтогенезе обладали сорта Сармат и Тимофей. Их реакция на заражение патогеном в фазе всходов соответствовала оценкам R и MR, а у взрослого растения развитие заболевания составляло 25 %.

Устойчивость (R) к темно-бурой пятнистости листьев в онтогенезе проявил сорт Тимофей (в фазе всходов поражение 3,4 балла, у взрослого растения – 10 %). Устойчивость (R) на начальном этапе развития растений и средняя устойчивость (MR) на более поздних этапах онтогенеза к темно-бурой пятнистости отмечена у

**Табл. 2. Иммунологическая оценка сортов ячменя относительно комплекса патогенов в фазе взрослого растения, полевой стационар (среднее за 2018–2020 гг.)**

| Сорт                 | Происхождение            | Карликовая ржавчина |               | Сетчатая пятнистость |               | Темно-бурая пятнистость |               |
|----------------------|--------------------------|---------------------|---------------|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|                      |                          | поражение, %        | реакция сорта | поражение, %         | реакция сорта | поражение, %            | реакция сорта |
| Агродеум             | КубГАУ                   | 65                  | S             | 45                   | MS            | 40                      | MS            |
| Амиго                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 40                  | MS            | 45                   | MS            | 40                      | MS            |
| АС-18                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 50                  | MS            | 40                   | MS            | 25                      | MR            |
| Версаль              | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 40                  | MS            | 50                   | MS            | 20                      | MR            |
| Гордей               | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 30                  | MR            | 40                   | MS            | 15                      | R             |
| Иосиф                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 30                  | MR            | 40                   | MS            | 30                      | MR            |
| Каррера              | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 25                  | MR            | 40                   | MS            | 40                      | MS            |
| Кондрат              | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 50                  | MS            | 45                   | MS            | 30                      | MR            |
| Кубагро-1            | КубГАУ                   | 45                  | MS            | 55                   | S             | 25                      | MR            |
| Лазарь               | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 35                  | MS            | 60                   | S             | 25                      | MR            |
| Лайс                 | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 25                  | MR            | 40                   | MS            | 60                      | S             |
| Мадар                | Кабардино-Балкария       | 40                  | MS            | 40                   | MS            | 25                      | MR            |
| Мастер               | АНЦ "Донской"            | 60                  | S             | 40                   | MS            | 30                      | MR            |
| Паттерн              | Северо-Кавказский ФНАЦ   | 30                  | MR            | 50                   | MS            | 30                      | MR            |
| Рандеву              | АНЦ "Донской"            | 55                  | S             | 50                   | MS            | 25                      | MR            |
| Рубеж                | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 40                  | MS            | 60                   | S             | 30                      | MR            |
| Сармат               | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 50                  | MS            | 25                   | MR            | 50                      | MS            |
| Спринтер             | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 25                  | MR            | 50                   | MS            | 15                      | R             |
| Тимофей              | АНЦ "Донской"            | 55                  | S             | 25                   | MR            | 10                      | R             |
| Романс (контроль)    | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | -                   | -             | 60                   | S             | -                       | -             |
| Galaction (контроль) | Швейцария                | -                   | -             | -                    | -             | 80                      | S             |
| Михайло (контроль)   | НЦЗ им. П. П. Лукьяненко | 65                  | S             | -                    | -             | -                       | -             |

12 сортов – АС-18 (в фазе всходов поражение 5 баллов, у взрослого растения – 25 %), Версаль (4,8 баллов и 20 %), Гордей (5,2 баллов и 15 %), Кубагро-1 (5,4 баллов и 25 %), Лазарь (2,4 баллов и 25 %), Мадар (0,6 баллов и 25 %), Мастер (5,8 баллов и 30 %), Паттерн (4,6 баллов и 30 %), Рандеву (5,2 балла и 25 %), Рубеж (5,2 балла и 30 %), Спринтер (4,2 баллов и 15 %), Тимофей (3,4 баллов и 10 % соответственно).

Таким образом, устойчивость (R) в фазе всходов к карликовой ржавчине проявили сорта Каррера и Кубагро-1, к сетчатой пятнистости (развитие заболевания 2,0 балла) – Гордей, Паттерн и Сармат, к темно-бурым пятнистости листьев (развитие заболевания от 0,6 до 3,4 баллов) – Каррера, Лазарь, Мадар, Тимофей. Устойчивость на стадии всходов к *P. hordei* и *S. sativus* отмечена у сорта Каррера, средняя устойчивость к трём изучаемым патогенам – у сорта Спринтер.

В полевых условиях устойчивость к темно-бурым пятнистости (развитие заболевания не более 10...15 %) проявили сорта Гордей, Спринтер, Тимофей. Сорта, устойчивые к возбудителям карликовой ржавчины и сетчатой пятнистости, не выявлены.

С учетом увеличения распространения и вредоносности карликовой ржавчины, сетчатой и темно-бурым пятнистостями листьев озимого ячменя на Северном Кавказе, результаты представленного исследования целесообразно учитывать, как при создании устойчивых сортов, так и при научном обосновании сорторазмещения.

#### Литература.

1. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А. Использование метода оценки адаптивной способности, стабильности генотипов и дифференцирующей способности среды в селекции ярового ячменя на повышение качества зерна // *Зерновое хозяйство России*. 2018. №. 6. С. 55–59. doi: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-55-59.
2. Влияние ультрафиолетового излучения на посевные качества и вегетацию яровой пшеницы и ярового ячменя / Н. С. Левина, Ю. В. Тертышная, И. А. Бидей и др. // *АПК России*. 2019. Т. 26. №. 3. С. 344–350.
3. *Strategic malting barley improvement for craft brewers*

- through consumer sensory evaluation of malt and beer / D. Evan, E. Craine, S. Bramwell, et al. // *Journal of Food Science: scientific journal Institute of Food Technologists*. 2021. № 86. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.15786> (дата обращения 15.03.2021).
4. Статистические исследования мирового производства зерна ячменя / Н. В. Репко, К. В. Подоляк, Е. В. Смирнова и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 106. С. 1071–1082.
5. Сидоров А. В., Захаров В. Г., Тырышкин Л. Г. Полевая устойчивость образцов овса и ячменя к грибным листовым болезням // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (53). С. 76–79. doi: 10.24411/2078-1318-2018-14076.
6. Leaf Rust of Cultivated Barley: Pathology and Control / R. F. Park, P. G. Golegaonkar, L. Derevnina, et al. // *Annual Review of Phytopathology*. 2015. Vol. 53. No. 1. P. 565–589. doi: 10.1146 / annurev-phyto-080614-120324.
7. Волкова Г. В., Данилова А. В., Кудинова О. А. Вирulentность популяции возбудителя карликовой ржавчины ячменя на Северном Кавказе в 2014-2017 годах // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. №3. С. 589–596. doi: 10.15389/agrobiology.2019.3.589rus.
8. Research advances in the *Pyrenophora teres*–barley interaction / S. J. Clare, N. A. Wyatt, R. S. Brueggeman, et al. // *Molecular Plant Pathology*. 2020. Vol. 21. P. 272–288. doi: 10.1111/mp.12896.
9. Комбинационная селекция озимого ячменя в Краснодарском НИИСХ / Т. Е. Кузнецова, Н. В. Серкин, С. А. Левитанов и др. // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013. Т. 171. С. 208–213.
10. Wheat improvement in India: present status, emerging challenges and future prospects / A. K. Joshi, B. Mishra, R. Chatrath, et al. // *Euphytica*. 2007. Vol. 157. P. 431–446. doi: 10.1007/s10681-007-9385-7.
11. Ragiba M. Recessive genes controlling resistance to *Helminthosporium leaf blight* in synthetic hexa-ploid wheat // *J. Plant Pathol.* 2004. Vol. 93. P. 251–262. doi: 10.1111/j.1439-0523.2004.00939.
12. Fetch T. G., Steffenson B. J. Rating scales for assessing infection responses of barley infected with *Cochliobolus sativus* // *Plant Disease*. 1999. Vol. 83. P. 213–217. doi: 10.1094/PDIS.1999.83.3.213.
13. Картирование локусов, контролирующих устойчивость ячменя к различным изолятам *Pyrenophora teres* f. *teres* и *Cochliobolus sativus* / О. С. Афанасенко, А. В. Козьяков, П. Хедлэй и др. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015. Т. 18. №. 4/1. С. 751–764.
14. Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. Анкара: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2016. 28 с.
15. Tekauz A. A numerical scale to classify reactions of barley to *Pyrenophora teres*. // *Can. J. Plant Pathol.* 1985. Vol. 7. P. 181–183.
16. Анпилогова Л. К., Волкова Г. В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе) // *ВНИИБЗР, РАСХН. Краснодар*, 2000. 28 с.

Поступила в редакцию 20.07.2021

После доработки 06.08.2021

Принята к публикации 23.08.2021

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ ЕЖИ СБОРНОЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ\*

Т.В. Косолапова, аспирант,  
А.Г. Тулинов, кандидат сельскохозяйственных наук

Институт агробиотехнологий Федерального исследовательского центра Коми  
научного центра Уральского отделения РАН,  
167023, Сыктывкар, ул. Ручейная, 27  
E-mail: toolalgen@mail.ru

*Исследования проводили с целью определения параметров адаптивности и урожайности зеленой массы коллекционных образцов ежи сборной с последующим отбором наиболее ценных из них для дальнейшей селекции. Работу выполняли в условиях Республики Коми в период с 2016 по 2018 гг. Изучали перспективные популяции ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР по хозяйственным признакам и параметрам адаптивности. Объекты исследований пятнадцать отечественных популяций, в том числе пять из Республики Коми (42733, 42734, 42736, 43024, 45945), три из Архангельской области (44342, 36684, 44343), две из Псковской области (51856, 51858), по одной из Ленинградской, Томской и Тюменской областей (35060, 46893, 27073 соответственно); четыре иностранные – две из Норвегии (41826, 44021) и по одной из Финляндии и Канады (47268, 33392 соответственно). Метеорологические условия в период вегетации в годы проведения исследований отражали неустойчивый характер выпадения и распределения осадков. По комплексу хозяйственно-ценных параметров выделены образцы 45945, 47268 и 41826 с урожайностью зеленой массы в среднем за два укоса 205...237 ц/га. К наиболее стабильным и пластичным отнесены образцы 36684, 47268, 33392 со значениями параметров адаптивности по стрессоустойчивости от -18 до -96 единиц, коэффициентом вариации – 5,0...25,2 % и селекционной ценностью – 130...168 единиц. Они представляют ценный исходный материал для дальнейшего изучения и селекционной работы.*

## ASSESSMENT OF ADAPTABILITY PARAMETERS OF THE COCKSFOOT IN THE CONDITIONS OF THE KOMI REPUBLIC

Kosolapova T.V., Tulinov A.G.

Institute of agrobiotechnology of the Federal Research Center of the Komi Scientific Center  
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
167023, Syktyvkar, ul. Rucheynaya, 27  
E-mail: toolalgen@mail.ru

*The studies were carried out in order to determine the parameters of adaptability and yield of green mass of collection samples of the cocksfoot followed by the selection of the most valuable of them for further breeding work. The work was carried out in the conditions of the Komi Republic in the period from 2016 to 2018. Studied promising populations of the cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) of various ecological and geographical origin, obtained from the world collection of Federal research center «N.I. Vavilov all-Russian Institute of Plant Genetic Resources – VIR» by economic characteristics and adaptability parameters: fifteen domestic ones, including five from the Komi Republic (42733, 42734, 42736, 43024, 45945), three from the Arkhangelsk region (44342, 36684, 44343), two from the Pskov region (51856, 51858), one each from the Leningrad, Tomsk and Tyumen regions (35060, 46893, 27073 respectively); four foreign – two from Norway (41826, 44021) and one each from Finland and Canada (47268, 33392 respectively). The meteorological conditions during the growing season in the years of the study reflected the unstable nature of the fallout and the distribution of precipitation. According to a set of economically valuable parameters, samples 45945, 47268 and 41826 were identified with a yield of green mass on average for two cuttings of 205...237 c/ha. Samples 36684, 47268, 33392 with values of adaptability parameters for stress resistance from -18 to -96 units, with a coefficient of variation – 5.0...25.2 % and with a selection value – 130...168 units were classified as the most stable and plastic ones. They provide valuable starting material for further study and breeding work.*

**Ключевые слова:** ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), коллекция, селекция, урожайность зеленой массы, адаптивность

**Key words:** cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.), collection, selection, yield of green mass, adaptability

В системе кормопроизводства приоритетное место занимает селекция многолетних трав [1, 2]. В условиях Республики Коми дополнением к ранее созданным сортам многолетних злаковых видов может стать засухоустойчивая пастбищная культура ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) [3, 4, 5]. В сельскохозяйственном производстве республики она не получила широкого распространения по причине низкой адаптивности к условиям Севера, в первую очередь из-за недостаточной морозо- и зимостойкости [6]. В то же время для дальнейшего

развития кормопроизводства необходимы раннеспелые многократно отщуждаемые травы с высокой кормовой ценностью для создания зеленого конвейера. Ежа сборная, будучи ценным растением, возделывается на торфяных почвах в чистом виде и в составе травосмесей, используется для создания высокопродуктивных сенокосов и пастбищ, сырьевого конвейера [7, 8, 9]. При соблюдении соответствующих агротехнических приемов она держится в травостое 8...10 лет, обладает высокой отавностью. В нашей стране ежу сборную

\* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № 0412-2019-0051, Пер. № НИОКТР АААА-А20-120022790009-4

успешно возделывают в регионах с различными природно-климатическими условиями [10, 11, 12]. В Западной Европе ее считают одной из лучших кормовых трав [13, 14, 15]. В Государственный реестр селекционных достижений по Северному (I) региону Российской Федерации входят шесть сортов ежи сборной и ни один из них не районирован в Республике Коми [16]. Ежа сборная – тетраплоид, что определяет широкий диапазон ее экологической пластичности и изменчивости при адаптации к абиотическим факторам среды. В связи с этим была поставлена задача – создать новый высокопродуктивный сорт ежи сборной с повышенной кормовой ценностью и с широким адаптивным потенциалом в почвенно-климатических условиях Севера.

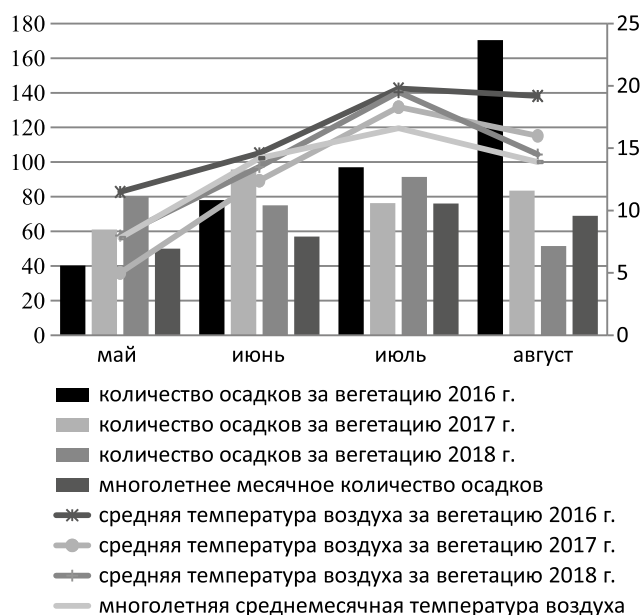
Цель исследований – оценить урожайность зеленой массы образцов ежи сборной в коллекционном питомнике, установить параметры адаптивности и на их основе отобрать наиболее перспективные формы для дальнейшей селекционной работы.

**Методика.** Работу проводили на экспериментальной базе Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Опытный участок находился на территории Муниципального образования городской округ Сыктывкар (61°40'35" с.ш., 50°48'35.6" в.д.). Коллекционный питомник ежи сборной заложен в 2015 г. Экспериментальный участок ровный по рельефу, почва кислая дерново-подзолистая, по механическому составу среднесуглинистая со средним содержанием гумуса до 4 % (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора и калия – соответственно 563 и 228 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011), рН<sub>сол.</sub> – 6,0 (ГОСТ 26483-85). Агротехника общепринятая для выращивания многолетних злаковых трав в Нечерноземной зоне, посев проводили квадратно-гнездовым способом, площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Учет урожайности зеленой массы в первом укосе осуществляли в фазе колошения, второй укос проводили при достижении травостоем высоты 40...60 см [17].

Объектом исследования были 19 образцов ежи сборной из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) различного эколого-географического происхождения, в том числе одиннадцать из Северо-Западного федерального округа России (Республика Коми – 5, Архангельская область – 3, Псковская область – 2 и Ленинградская область – 1, выбранный в качестве стандарта, как сорт, имеющий допуск к возделыванию по Северному (I) региону Российской Федерации), три из Уральского федерального округа (Тюменская область – 2 и Свердловская область – 1), один из Сибирского федерального округа (Томская область), четыре иностранных образца (Норвегия – 2, Финляндия – 1, Канада – 1). В 2016 г. два образца исключили из исследования в связи с низкой зимостойкостью (31911, 41596 – дикорастущие из Свердловской и Тюменской областей).

Математическую обработку показателей урожайности и параметров адаптивности выполняли методом дисперсионного анализа [18] с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2010 на персональном компьютере. Параметры адаптивности и экологической пластичности сортов и образцов определяли методом Eberhart S.A. и Russell W.A. [19]. Показатель гомеостатичности рассчитывали по Хангильдину В.В. и Бирюкову С.В. [20].

В период исследований погодные условия сильно различались по температуре и количеству осадков (см.



*Метеоусловия вегетационных периодов 2016–2018 гг.*

рисунок). Так, 2016 г. характеризовался повышенными температурами (на 2,4 °C больше среднегодовых) и умеренным количеством осадков (в пределах климатической нормы). В 2017 г. среднемесячные температуры в начале вегетации (май, июнь) были ниже среднемесячных многолетних на 2,9 °C, а осадки на 27...30 % превышали норму. В июле и августе метеоусловия вернулись к среднемноголетним значениям (ГТК = 2,2). Наиболее благоприятным для роста и развития растений оказался 2018 г. Средняя температура воздуха и количество осадков в период вегетации находились в пределах нормы, за исключением июля, когда среднемесячная температура превышала среднемноголетнюю (16,6 °C) на 2,9 °C, а осадков за этот же месяц выпало больше нормы (76,0 мм) на 15,4 мм.

**Результаты и обсуждение.** Фенологические наблюдения в период роста и развития ежи сборной показали, что весеннее отрастание происходило с первой до третьей декады мая. Высота растений в период кущения составила 44,2...51,7 см (табл. 1). У выделенных образцов (36684, 45945, 44343, 51856 и 33392) она варьировала от 48,5 до 51,7 см, превышая стандарт на 0,8...4,0 см. Период колошения приходился на II...III декаду июня.

Высота растений образцов 35060, 44342, 36684, 45945, 44342, 51856, 41826 и 44021 перед укосом варьировала от 100,3 до 104,0 см и находилась на уровне стандарта (104,3 см). Период цветения приходился на III декаду июня – II декаду июля при высоте растений 119,3...134,1 см. В среднем от начала вегетации до созревания семян проходило 63...68 дней. Цветение и созревание семян у изучаемых образцов ежи сборной за годы исследований происходили в разные сроки. В среднем период созревания семян продолжался от 19 до 28 дней. По количеству продуктивных стеблей, длине метелки и массе 1000 семян за годы изучения комплексно выделились образцы 51856, 47268, 41826, 33392, превзошедшие стандарт (35060) на 3,3...22,0 шт., 1,1...2,6 см и 0,16 г соответственно.

В первом укосе наибольшая продуктивность зеленой массы отмечена у сорта Нарымская 3 (46893)

**Табл. 1. Высота растений образцов ежи сборной в различные периоды вегетации, семенная и кормовая продуктивности в фазе колошения, в среднем за 2016–2018 гг.**

| Образец                                      | Высота растений, см |           |          | Семенная продуктивность         |                    |                     | Кормовая продуктивность         |                   |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------|----------|---------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|
|                                              | кущение             | колошение | цветение | число продуктивных стеблей, шт. | длина соцветия, см | масса 1000 семян, г | зеленая масса, г/м <sup>2</sup> | сухое вещество, % |
| 35060 сорт Нева, st. (Ленинградская область) | 47,7                | 104,3     | 127,2    | 48,0                            | 13,4               | 1,43                | 1221,7 ± 428,9                  | 22,0              |
| 44342 дикорастущий (Архангельская область)   | 47,9                | 103,8     | 131,9    | 53,3                            | 15,9               | 1,24                | 1296,7 ± 509,6                  | 22,2              |
| 44343 дикорастущий (Архангельская область)   | 48,5                | 100,2     | 122,4    | 59,3                            | 14,4               | 1,30                | 1226,7 ± 377,4                  | 23,0              |
| 36684 сорт Двина (Архангельская область)     | 51,7                | 104,0     | 133,0    | 48,3                            | 14,2               | 1,30                | 1368,3 ± 233,5                  | 20,7              |
| 46893 сорт Нарымская 3 (Томская область)     | 44,2                | 94,7      | 127,8    | 91,3                            | 12,4               | 1,26                | 1745,4 ± 694,8                  | 20,6              |
| 42733 дикорастущий (Республика Коми)         | 47,4                | 98,8      | 126,5    | 87,3                            | 15,4               | 1,13                | 1700,0 ± 391,5                  | 20,5              |
| 42734 дикорастущий (Республика Коми)         | 44,2                | 99,9      | 123,8    | 51,3                            | 13,9               | 1,24                | 1256,7 ± 302,2                  | 23,0              |
| 42736 дикорастущий (Республика Коми)         | 46,6                | 95,7      | 131,2    | 83,3                            | 13,8               | 1,25                | 1407,5 ± 401,9                  | 21,4              |
| 43024 дикорастущий (Республика Коми)         | 46,2                | 97,8      | 126,8    | 69,3                            | 13,8               | 1,19                | 1436,3 ± 518,5                  | 22,5              |
| 45945 дикорастущий (Республика Коми)         | 48,7                | 103,7     | 134,1    | 82,7                            | 14,8               | 1,26                | 1672,9 ± 533,0                  | 22,4              |
| 51856 дикорастущий (Псковская область)       | 48,7                | 102,3     | 130,2    | 70,0                            | 14,5               | 1,39                | 1377,9 ± 579,2                  | 21,4              |
| 51858 дикорастущий (Псковская область)       | 46,9                | 94,0      | 119,3    | 53,0                            | 13,4               | 1,17                | 1127,1 ± 284,2                  | 22,6              |
| 27073 дикорастущий (Тюменская область)       | 44,2                | 99,1      | 121,8    | 78,3                            | 13,5               | 1,28                | 1347,5 ± 399,3                  | 22,6              |
| 47268 с. Нака (Финляндия)                    | 46,3                | 99,7      | 122,8    | 63,7                            | 16,0               | 1,41                | 1308,3 ± 159,6                  | 23,7              |
| 41826 дикорастущий (Норвегия)                | 46,9                | 101,2     | 126,0    | 46,0                            | 14,8               | 1,59                | 1503,8 ± 527,4                  | 24,9              |
| 44021 дикорастущий (Норвегия)                | 47,8                | 100,3     | 128,6    | 45,0                            | 13,2               | 1,33                | 1170,8 ± 495,6                  | 22,7              |
| 33392 дикорастущий (Канада)                  | 49,0                | 99,2      | 122,3    | 51,3                            | 15,4               | 1,42                | 1245,8 ± 154,2                  | 20,7              |
| НСР <sub>05</sub>                            | 5,8                 | 8,8       | 6,8      | 5,1                             | 1,1                | 0,1                 | 491,6                           | 1,8               |

и двух дикорастущих образцов из Республики Коми (42733, 45945). При этом достоверно (НСР<sub>05</sub> = 491,6) выше, чем у стандарта, она была у Нарымской 3. Самым большим содержанием сухого вещества в кормовой массе характеризовался дикорастущий образец из Норвегии 41826 (24,9 %), у которого величина этого показателя была существенно выше, чем у сорта Нева, на 2,9 % (НСР<sub>05</sub> = 1,8 %).

В годы исследований селекционные линии ежи сборной по-разному реализовали свой генетический потенциал продуктивности зеленой массы в сумме за два укоса, что в более ранних публикациях было отмечено как особенность этой культуры при возделывании в условиях Севера [21]. В почвенно-климатических условиях Республики Коми средняя продуктивность всех изучаемых образцов за три года наблюдений составила 200 ц/га (V = 37,7 %). Урожайность зеленой массы по годам исследований варьировала от 58 до 350 ц/га, при этом разность между годами составляла 150 ц/га, а между средними значениями образцов – 89 ц/га (табл. 2).

Устойчивость к стрессу, определяемая разницей между минимальной и максимальной урожайностью, – важный показатель для сортов, выращиваемых в неблагоприятных климатических условиях, характерных для Республики Коми. Чем ближе величина этого

показателя к нулю, тем стрессоустойчивее генотип. В наших исследованиях наибольшей стрессоустойчивостью обладали образец 33392 (дикорастущий из Канады), сорта Двина (Архангельская область) и Нака (Финляндия) – соответственно -18, -73, -96, наименьшая отмечена у сорта Нарымская 3 (Томская область), а также дикорастущих форм 41826 (Норвегия) и 51856 (Псковская область) – -261, -235 -225. Образцы 46893, 42733 и 43024 обладали высокой генетической гибкостью (средняя урожайность зеленой массы в стрессовых и нестрессовых условиях), величина показателя которой изменялась у них от 220 до 234 ед. и превышала стандарт на 58...72 ед. Это можно связать с большой степенью соответствия их генотипа условиям среды.

Сравнение гомеостатичности (Ном) и коэффициентов вариации (V) образцов ежи сборной позволяет определить их устойчивость к различным, в том числе неблагоприятным, факторам среды, что особенно важно для зоны рискованного земледелия, к которой относится Республика Коми. Согласно В.В. Хангильдину высокая гомеостатичность напрямую связана с меньшей вариабельностью урожайности сортов в изменяющихся условиях среды в течение периода наблюдений [20]. В наших исследованиях наибольшую стабильность по урожайности зеленой массы по годам



Табл. 2. Урожайность и параметры адаптивности коллекционных образцов ежи сборной (2016–2018 гг.)

| Образец                                       | Зеленая масса в сумме за два укоса, ц/га |         |         |         | Параметры адаптивности |                       |      |       |                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------|-----------------------|------|-------|----------------|
|                                               | 2016 г.                                  | 2017 г. | 2018 г. | среднее | стрессоустойчивость    | генетическая гибкость | V, % | Hom   | S <sub>c</sub> |
| 35060, сорт Нева, st. (Ленинградская область) | 88                                       | 198     | 236     | 174     | -148                   | 162                   | 44,2 | 2,7   | 65             |
| 44342, дикорастущий (Архангельская область)   | 67                                       | 225     | 244     | 179     | -177                   | 156                   | 54,4 | 1,9   | 49             |
| 44343, дикорастущий (Архангельская область)   | 89                                       | 209     | 215     | 171     | -126                   | 152                   | 41,6 | 3,3   | 71             |
| 36684, сорт Двина (Архангельская область)     | 166                                      | 195     | 239     | 200     | -73                    | 203                   | 18,4 | 14,8  | 139            |
| 46893, сорт Нарымская 3 (Томская область)     | 89                                       | 317     | 350     | 252     | -261                   | 220                   | 56,4 | 1,7   | 64             |
| 42733, дикорастущий (Республика Коми)         | 157                                      | 248     | 295     | 233     | -138                   | 226                   | 30,1 | 5,6   | 124            |
| 42734, дикорастущий (Республика Коми)         | 117                                      | 259     | 218     | 198     | -142                   | 188                   | 36,9 | 3,8   | 89             |
| 42736, дикорастущий (Республика Коми)         | 117                                      | 255     | 244     | 205     | -138                   | 186                   | 37,4 | 4,0   | 94             |
| 43024, дикорастущий (Республика Коми)         | 154                                      | 177     | 314     | 215     | -160                   | 234                   | 40,2 | 3,3   | 105            |
| 45945, дикорастущий (Республика Коми)         | 111                                      | 285     | 314     | 237     | -203                   | 213                   | 46,4 | 2,5   | 84             |
| 51856, дикорастущий (Псковская область)       | 64                                       | 215     | 289     | 189     | -225                   | 177                   | 60,6 | 1,4   | 42             |
| 51858, дикорастущий (Псковская область)       | 102                                      | 184     | 230     | 172     | -128                   | 166                   | 37,7 | 3,6   | 76             |
| 27073, дикорастущий (Тюменская область)       | 123                                      | 200     | 251     | 191     | -128                   | 187                   | 33,7 | 4,5   | 94             |
| 47268, сорт Нака (Финляндия)                  | 168                                      | 183     | 264     | 205     | -96                    | 216                   | 25,2 | 8,5   | 130            |
| 41826, дикорастущий (Норвегия)                | 98                                       | 230     | 333     | 220     | -235                   | 216                   | 53,5 | 1,7   | 65             |
| 44021, дикорастущий (Норвегия)                | 58                                       | 175     | 256     | 163     | -198                   | 157                   | 61,1 | 1,3   | 37             |
| 33392, дикорастущий (Канада)                  | 175                                      | 193     | 188     | 185     | -18                    | 184                   | 5,0  | 204,5 | 168            |
| НСР <sub>05</sub>                             | 10,3                                     | 19,8    | 23,7    |         |                        |                       |      |       |                |
| X <sub>ср.</sub> (по годам)                   | 114                                      | 220     | 264     |         |                        |                       |      |       |                |

проявил образец 33392 (дикорастущий из Канады). При коэффициенте вариации 5,0 % он отличался высоким уровнем гомеостатичности – 204,5, значительно превышая по величине этого показателя остальные изучаемые формы.

Одновременно у образцов 41826 и 44021 (дикорастущие из Норвегии), 44342 и 51856 (Архангельская и Псковская области соответственно), 46893 (сорт Нарымская 3 из Томской области) отмечен высокий коэффициент вариабельности при низкой величине гомеостатичности. Следовательно, они не стабильны и имеют низкую адаптивность, что отрицательно скажется на урожайности при их возделывании в зоне рискованного земледелия северной и среднетаежной зоны Республики Коми.

По результатам анализа селекционной ценности генотипа (S<sub>c</sub>) можно выделить образец из Канады (33392), а также сорта Нака (47268) и Двина (36684), которые превосходили стандарт Нева (35060) по величине этого показателя на 65...103 единицы.

Таким образом, на основании проведенных исследований перспективными и представляющим практический интерес для Республики Коми можно считать

следующие образцы ежи сборной: дикорастущий канадский (33392), сорта Двина (36684) и Нака (47268), суммарная урожайность зеленой массы которых за два укоса превысила стандарт Нева (35060) на 6...18 % и составила 185...205 ц/га. Высокая экологическая адаптивность этих популяций позволяет использовать их в качестве исходного материала для дальнейшей селекции и создания сорта, адаптированного к природно-климатическим условиям Севера.

#### Литература.

1. Использование генетических ресурсов злаковых трав в селекции специализированных сортов / В. М. Косолапов, С. И. Костенко, С. В. Пилико и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. №2. С. 12–16. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10203.
2. Чувиллина В. А. Преимущества хозяйственно полезных признаков селекционного номера ежи сборной СН-1/2 в предварительном сортоиспытании // Кормопроизводство. 2018. №11. С. 38–41. doi: 10.25685/KRM.2018.20640.
3. Growth traits associated with drought survival, recovery and persistence of cocksfoot (*Dactylis*

- glomerata L.) under prolonged drought treatments / M. A. Bakhtiari, F. Saeidnia, M. M. Majidi, et al. // *Crop and Pasture Science*. 2019. Vol. 70. No. 1. P. 85–94. doi: 10.1071/CP18473.
4. Evaluation of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) population for drought survival and behavior / L. Zhou, R. Kallida, N. Shaimi, et al. // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019. Vol. 26. No. 1. P. 49–56. doi: 10.1016/j.sjbs.2016.12.002.
5. Старостина М. А., Лапенко Н. Г. Динамика всхожести и энергия прорастания семян дикорастущих видов растений степных сообществ Ставрополя // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. №31(6). С. 51–53.
6. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Справочник по кормопроизводству. М.: Россельхозакадемия, 2014. 717 с.
7. Growth and nutrient uptake of temperate perennial pastures are influenced by grass species and fertilisation with a microbial consortium inoculants / S. Tshewang, Z. Rengel, K. H. M. Siddique, et al. // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2020. Vol. 183. No. 4. P. 530–538. doi: 10.1002/jpln.202000146.
8. Роль многолетних трав в создании устойчивой кормовой базы при конвейерном использовании / Е. Н. Павлючик, А. Д. Капсамун, Н. Н. Иванова и др. // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019. №20(3). С. 238–246. doi: 10.30766/2072-9081.2019.20.238-246.
9. Поцепай С. Н., Бельченко С. А., Анищенко Л. Н. Продуктивность и эколого-химические характеристики сеяных лугов Подесень в фоновых условиях (Брянской области) // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. №1(45). С. 39–44. doi: 10.18286/1816-4501-2019-1-39-44.
10. Сезонная динамика роста сортов и дикорастущих образцов верховых злаков в условиях Ленинградской области / Н. Ю. Малышева, Т. В. Дюбенко, Т. Б. Нагиев и др. // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. №6(67). С. 65–73. doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.65-73.
11. Уразова Л. Д., Литвинчук О. В. Селекция многолетних злаковых трав в таежной зоне Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2017. №47(2). С. 49–55.
12. Зарьянова З. А., Зотников В. И., Кирюхин С. В. Выводное и сортовое разнообразие многолетних трав для условий Орловской области // *Кормопроизводство*. 2017. №11. С. 32–38. doi: 10.25685/KRM.2017.2017.9771.
13. Evaluation of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) collection of different geographical origin in the Leningrad region / N. Malysheva, A. Soloveva, T. Dyubenko, et al. // *Research for Rural Development*. 2019. Vol. 2. P. 77–82. doi: 10.22616/rrd.25.2019.052.
14. Olszewska M., Grzegorzczak S., Grabowski K. The yield and nutrient content of mixtures alfalfa with cocksfoot // *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 57. No. 3. P. 597–603. doi: 10.21162/PAKJAS/20.8919.
15. Čop J., Eler K. Agro-biological diversity of Slovene ecotypes and standard varieties of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.): Comparison and agronomic value // *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020. Vol. 115. No. 1. P. 141–149. doi: 10.14720/AAS.2020.115.1.1407.
16. Тулинов А. Г., Косолапова Т. В. Продуктивность образцов ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в условиях Севера // *Кормопроизводство*. 2018. №11. С. 32–37. doi: 10.25685/KRM.2018.2018.20639.
17. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав / В. М. Косолапов, С. И. Костенко, С. В. Пилипко и др. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 52 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
19. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
20. Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // *Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений*. 1984. №1. С. 67–76.
21. Тулинов А. Г., Косолапова Т. В., Михайлова Е. А. Результаты оценки коллекционных образцов *Dactylis glomerata* L. в условиях Республики Коми // *Земледелие*. 2019. № 3. С. 41–43. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10311.

Поступила в редакцию 04.03.2021

После доработки 19.07.2021

Принята к публикации 17.08.2021

## САМОПЛОДНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ОТБОРНЫХ ФОРМ СМОРОДИНЫ ЗОЛОТИСТОЙ

**В.С. Салыкова**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**Л.В. Штиль**, младший научный сотрудник

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий,  
656910, Алтайский край, Барнаул, Научный городок, 35  
E-mail: niilisavenko20@yandex.ru

*Исследования проводили с целью изучения самоплодности и урожайности перспективных отборных форм смородины золотистой селекции Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий. Работу выполняли в условиях лесостепной зоны Алтайского Приобья в 2018–2020 гг. Объекты исследований – сорт Левушка (контроль), отборные формы 1-06-32, 4189-06-5, 4190-06-13, 4197-06-1, 4197-06-2, 4198-06-9, 4198-06-15, 4266-07-1, 4268-07-1, 4270-07-1, 4394-11-5, 4394-11-9 и 4439-12-3. Среднесуточная температура и влажность воздуха в исследуемый период была выше, чем в другие годы. Коэффициент вариации (V) величины показателя самоплодности по сортообразцам составил 46,2...67,1 %, по годам – 6,1...77,4 % соответственно. Стабильное высокое формирование завязи отмечено у отборных форм 4197-06-1 (53,0...77,1 %), 4198-06-15 (49,2...68,7 %), 4266-07-1 (76,6...88,5 %). Две из них (4197-06-1 и 4266-07-1) созданы с использованием самоплодного сорта Отрада. Завязывание ягод от свободного опыления в среднем составило 53,9 %, высокие показатели отмечены у сорта Левушка (42,7...73,8 %), отборных форм 4197-06-1 (49,0...74,7 %), 4198-06-15 (66,4...86,4 %), 4266-07-1 (80,0...95,5 %) и др. Анализ метеоусловий продемонстрировал наличие влияния относительной влажности воздуха (ОВВ) на завязываемость ягод от само- и свободного опыления у большинства образцов. В 2019 г., когда наблюдали пониженную ОВВ (в среднем 48,4 %), у 11 из 14 сортообразцов (78,6 %) отмечено хорошее и высокое завязывание ягод от самоопыления. Средняя урожайность изменялась от 2,3 (4394-11-5) до 7,3 (4197-06-1) кг/куст (5,7...18,3 т/га). На уровне контрольного сорта по признаку «самоплодность» находились формы 4198-06-15, 4266-07-1, 4270-07-1. Отборные формы с высокой урожайностью и самоплодностью представляют интерес для дальнейшего изучения и использования в селекционном процессе.*

## SELF-FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF GOLDEN CURRANT VARIETIES

**Salykova V.S., Shtil L.V.**

Federal Altay Scientific Center for Agrobiotechnology,  
656910, Altayskii krai, Barnaul, Nauchnyi gorodok, 35  
E-mail: niilisavenko20@yandex.ru

*The results of self-fertility and productivity study of promising golden currant varieties bred by the Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia which is a division of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Altai Scientific Centre for Agrobiotechnologies» for the years of 2018–2020 are represented. The research objects is Levushka cultivar (st), varieties under selection 1-06-32, 4189-06-5, 4190-06-13, 4197-06-1, 4197-06-2, 4198-06-9, 4198-06-15, 4266-07-1, 4268-07-1, 4270-07-1, 4394-11-5, 4394-11-9 and 4439-12-3. The research results shown differences both in varieties self-fertility and conditions of the year, with variation coefficient 46.2–67.1 % and 6.1–77.4 % respectively. Sustainable high berries formation was observed on varieties 4197-06-1 (53.0–77.1 %), 4198-06-15 (49.2–68.7 %), 4266-07-1 (76.6–88.5 %). Forms 4197-06-1 and 4266-07-1 are progeny of the self-fertile variety Otrada. The berries formation from free pollination is 53.9 % in average, high results were noted on Levushka cultivar (42.7–73.8 %), varieties under selection 4197-06-1 (49.0–74.7 %), 4198-06-15 (66.4–86.4 %), 4266-07-1 (80.0–95.5 %), etc. The analysis of weather conditions showed a positive effect of relative humidity of the air (OVV) on the binding of berries from self- and free pollination in most samples. Thus, in the conditions of 2019, when there was a reduced OVV (on average 48.4%), 11 out of 14 cultivars (78.6%) had a good and high tying of berries from self-pollination. The average yield in years of research activity varied from 2.3 (4394-11-5) to 7.3 (4197-06-1) kg per plant (5.7–18.3 t/ha). The forms 4198-06-15, 4266-07-1 and 4270-07-1, distinguished for high self-fertility, have the same productivity level like standard variety. High productive varieties combining with high self-fertility are of interest for further investigation and utilizing in breeding process.*

**Ключевые слова:** смородина золотистая, *Ribes aureum* Pursh, самоплодность, урожайность, сортообразцы, температурный режим, коэффициент вариации

**Key words:** golden currant, *Ribes aureum* Pursh, self-fertility, productivity, variety, temperature mode, variation coefficient

Высокая урожайность смородины зависит от многих факторов, в том числе степени самоплодности. Одно из приоритетных направлений, обеспечивающих формирование стабильных и высоких урожаев культуры, – распространение в производстве новых высокосамоплодных сортов [1, 2], которые могут давать урожай в годы с неблагоприятными метеоусловиями во время цветения [3, 4]. Работа в этом направлении со смородиной золотистой ведется в отделе «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири» Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий (НИИСС ФАНЦА), в котором создан сорт и

ряд перспективных форм, обладающих необходимыми качествами [5, 6, 7]. При этом вопросы самоплодности смородины золотистой остаются не достаточно изученными.

Цель исследований – изучить самоплодность и урожайность перспективных отборных форм смородины золотистой селекции НИИСС для определения возможности их возделывания в односортовых посадках и при не благоприятных условиях в период опыления.

**Методика.** Работу проводили на базе ФАНЦА в отделе «НИИСС им. М.А. Лисавенко», в условиях лесостепной зоны Алтайского Приобья в 2018–2020

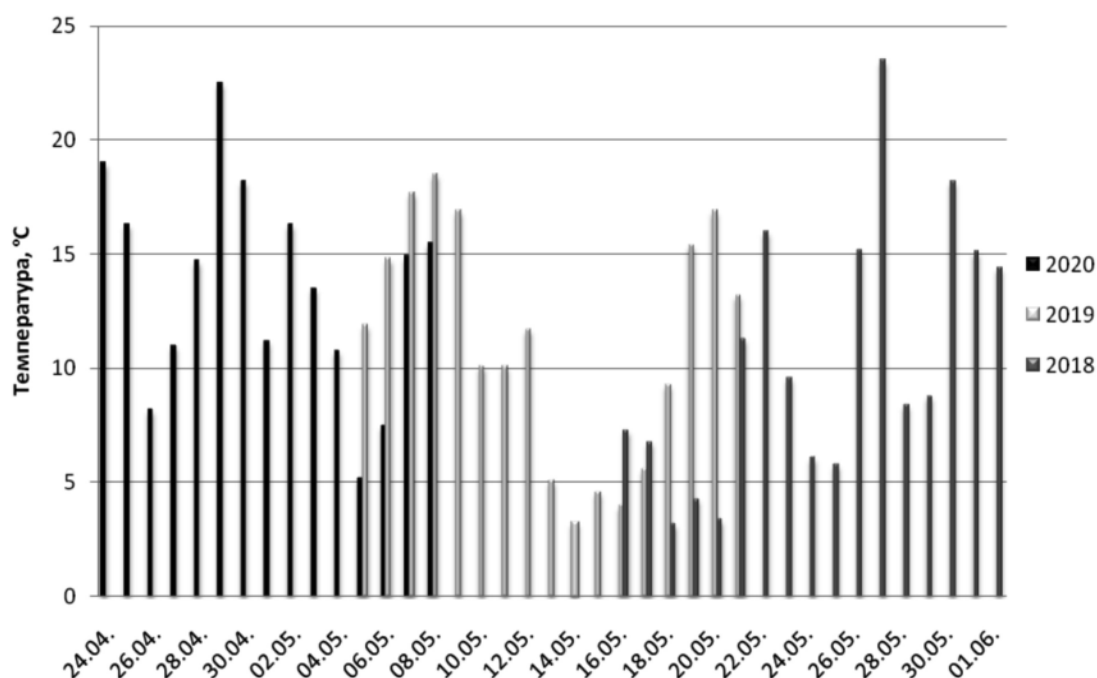


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха.

гг. Почва опытного участка темно-серая лесная. Содержание гумуса в слое почвы 0...20 см составляет 4...5 % (по Тюрину); азота – высокое (17...24 мг/кг по Грандваль-Ляжу); подвижных форм фосфатов – низкая (3,8...4,9 мг/кг по Францисону); обменного калия – очень высокое (34,1...38,1 мг/100 г почвы по Масловой). Самоплодность сортообразцов оценивали в двух вариантах: 1 – естественное самоопыление; 2 – свободное опыление. В первом варианте перед цветением изолировали ветку на каждом сортообразце с не менее чем 100 бутонами, во втором – отмечали открытую ветку с подсчетом бутонов или цветков. Через

4 недели считали завязавшиеся ягоды и их процент от числа изолированных или отмеченных бутонов и цветков. Ранжирование проводили согласно методике [8]. Статистическую обработку осуществляли по методикам, описанным Б. А. Доспеховым [9].

Объекты исследований – сорт Левушка (контроль), отборные формы – 1-06-32 (св. оп. Подарок Ариадне), 4189-06-5 (Левушка × Подарок Ариадне), 4190-06-13 (Левушка × Сибирское солнышко), 4197-06-1 (Левушка × Отрада), 4197-06-2 (Левушка × Отрада), 4198-06-9 и 4198-06-15 (Левушка×3593/12), 4266-07-1 (Отрада × 3685-99-39), 4268-07-1 (Отрада × Подарок Ариадне),

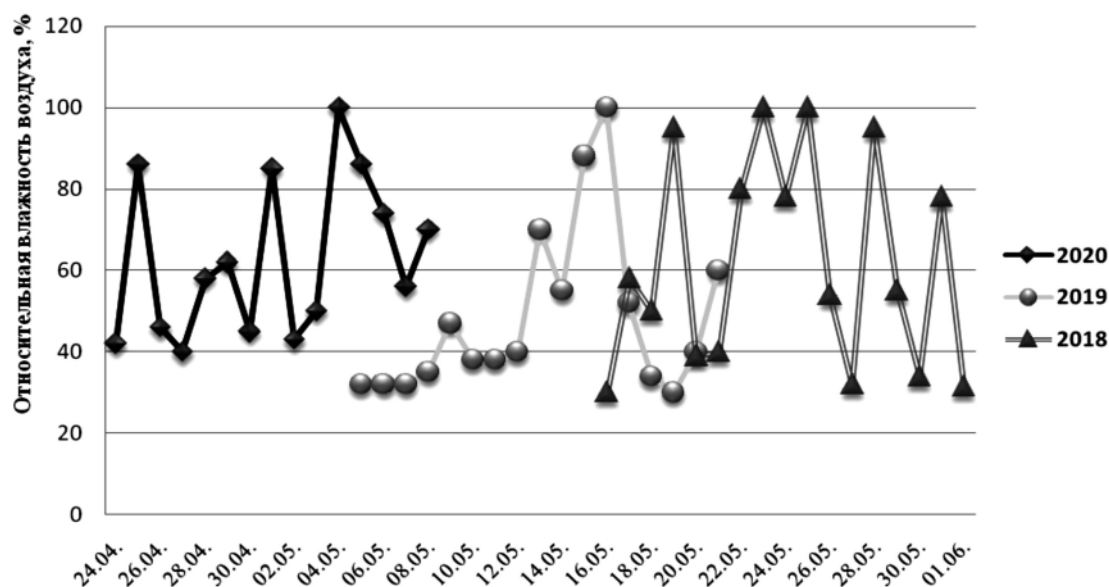


Рис. 2. Относительная влажность воздуха.

**Табл. 1. Температурный режим и влажность воздуха в фазу рыхлого бутона и период цветения смородины золотистой**

| Год  | Даты прохождения расчетного периода | Характеристика температуры, °C |      |         |       |         | ОВВ, %       |         |
|------|-------------------------------------|--------------------------------|------|---------|-------|---------|--------------|---------|
|      |                                     | min                            | max  | max-min | S+    | ср.сут. | min...max    | средняя |
| 2018 | 16.05-01.06                         | 3,4                            | 23,5 | 20,1    | 177,7 | 17,8    | 31,5...100,0 | 62,9    |
| 2019 | 05.05-21.05                         | 3,2                            | 18,5 | 15,3    | 189,0 | 18,9    | 30,0...100,0 | 48,4    |
| 2020 | 24.04-08.05                         | 5,2                            | 22,5 | 17,3    | 204,8 | 20,5    | 40,0...100,0 | 63,8    |

4270-07-1 (3685-99-3 × Левушка), 4394-11-5 и 4394-11-9 (Левушка × Барнаульская), 4439-12-3 (Отрада × Левушка). При характеристике температурного режима учитывали минимальную (min) и максимальную (max) температуру воздуха, размах их значений (разница между max и min), сумму положительных (S+) и среднесуточных (ср. сут.) температур, среднюю относительную влажность воздуха (ОВВ) от фазы рыхлого бутона до окончания цветения (расчетный период 15...17 дней). Показатели метеорологических условий приведены по данным метеопункта НИИСС, г. Барнаул.

Весна 2018 г. была холоднее климатической нормы (в мае на 3,0 °C), за исключением III декады апреля. Кроме того, выпало много осадков особенно в мае (97,5 мм). В мае наблюдали весенние заморозки: в воздухе 18.05 – -2,0°C; 19.05 – -1,5°C; 20.05 – -2,0°C; на почве 20.05 – -2,5°C. В весенние месяцы 2019 г. температура воздуха была выше среднесуточной. Резкое

похолодание привело к заморозкам 19 апреля (-7,5°C в воздухе и -8,0°C на почве). В этот месяц, по отношению к среднему многолетнему значению, выпало в 1,7 раз больше осадков. В мае сумма осадков составила 8,2 мм, что значительно ниже нормы (в 5 раз). Весна 2020 г. была ранней, теплой. Температура воздуха значительно превышала среднесуточную. Осадки наблюдали в I и III декадах мая.

**Результаты и обсуждение.** Фазу начала вегетации смородины золотистой в 2019 и 2020 гг. отмечали в схожие сроки, в 2018 г. она наступала в среднем на 5 дней позже. Цветение смородины золотистой в годы исследований проходило в довольно благоприятных метеорологических условиях. Оно было дружным, обильным (4...5 балла) и продолжалось 10...14 дней.

Период от наступления фазы рыхлого бутона до массового цветения в 2018 г. приходился на 16.05-01.06, в 2019 г. – 05.05-21.05, в 2020 г. – 24.04-08.05. Средне-

**Табл. 2. Завязывание ягод смородины золотистой от самоопыления, %**

| Сортообразец       | Год        |            |             | Среднее     | Min...max   | V, %       |
|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
|                    | 2018       | 2019       | 2020        |             |             |            |
| Левушка (к.)       | 27,0       | 43,7       | 15,4        | 28,7        | 15,4...43,7 | 49,6       |
| 1-06-32            | 17,0       | 45,7       | 67,5        | 43,4        | 17,0...67,5 | 58,4       |
| 4189-06-5          | 43,7       | 66,3       | 21,1        | 43,7        | 21,1...66,3 | 51,7       |
| 4190-06-13         | 12,0       | 62,9       | 37,5        | 37,5        | 12,0...62,9 | 67,9       |
| 4197-06-1          | 57,0       | 53,0       | 77,1        | 62,4        | 53,0...77,1 | 20,7       |
| 4197-06-2          | 20,0       | 37,9       | 29,0        | 29,0        | 20,0...37,9 | 30,9       |
| 4198-06-9          | 52,0       | 3,2        | 24,2        | 26,5        | 3,2...52,0  | 92,4       |
| 4198-06-15         | 59,0       | 49,2       | 68,7        | 59,0        | 49,2...68,7 | 16,5       |
| 4266-07-1          | 82,6       | 76,6       | 88,5        | 82,6        | 76,6...88,5 | 7,2        |
| 4268-07-1          | 24,0       | 29,7       | 49,5        | 34,4        | 24,0...49,5 | 38,9       |
| 4270-07-1          | 30,9       | 47,9       | 13,8        | 30,9        | 13,8...47,9 | 55,2       |
| 4394-11-5          | 13,0       | 11,5       | 12,3        | 12,3        | 11,5...13,0 | 6,1        |
| 4394-11-9          | 26,0       | 36,2       | 31,1        | 31,1        | 26,0...36,2 | 16,4       |
| 4439-12-3          | 3,0        | 36,5       | 40,7        | 26,7        | 3,0...40,7  | 77,4       |
| Min...max          | 3,0...82,6 | 3,2...76,6 | 12,3...88,5 | 12,3...82,6 | 3,0...88,5  | 6,1...77,4 |
| Среднее            | 33,4       | 42,9       | 41,2        | 35,3        | 33,4...42,9 | ...        |
| V, %               | 67,1       | 46,2       | 61,2        | 51,3        | 46,2...67,1 | ...        |
| НСР <sub>0,5</sub> |            |            |             | 21,1        |             |            |

**Табл. 3. Ранжирование сортов образцов смородины золотистой по степени самоплодности**

| Группа самоплодности     | Сортообразец                                                    |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Низкосамоплодные         | 4197-06-2, 4394-11-5                                            |
| Среднесамоплодные        | Левушка, 4439-12-3, 4198-06-9                                   |
| С хорошей самоплодностью | 1-06-32, 4190-06-13, 4189-06-5, 4270-07-1, 4268-06-1, 4394-11-9 |
| Высокосамоплодные        | 4197-06-1, 4198-06-15, 4266-07-1                                |

суточная температура воздуха в эти дни изменялась в широких пределах от 3,2 (14 мая 2019 г.) до 23,5 °С (27 мая 2018 г.), наиболее теплым был 2020 г. (рис. 1).

Сумма температур за обозначенный период по годам изменялась от 177,7 до 204,8 °С (табл. 1) и была благоприятной для прохождения обозначенных фенологических фаз. В среднем среднесуточная температура изменялась в небольших пределах от 17,8 °С (2018 г.) до 20,5 °С (2020 г.).

Относительная влажность воздуха (ОВВ) в среднем за расчетный период составила 48,4...63,8 %. В 2019 г. продолжительное время в указанный период ОВВ была равна 30...40 % (рис. 2). В этот год у большинства сортов образцов (78,6 %) отмечали хорошее (30...50 %) и высокое (>50 %) завязывание ягод при самоопылении. Вероятно, при довольно сухом воздухе пыльцевые зерна лучше выделяются из пыльников и попадают на рыльце пестика цветка.

Коэффициент вариации (V) признака самоплодности по сортам образцам составил 46,2...67,1 %, по годам – 6,1...77,4 % (табл. 2). Стабильно высокое формирование завязи отмечено у отборных форм 4197-06-1 (53,0...77,1 %), 4198-06-15 (49,2...68,7 %), 4266-07-1 (76,6...88,5 %). Это на 30,3...53,9 % выше, чем у контрольного сорта, и на 23,7...47,3 %, по сравнению со средним показателем по выборке. У других сортов образцов самоплодность изменялась от очень низких – 3,0 % (4439-12-3) до высоких значений – 88,5 % (4266-07-1). Высокие показатели форм 4197-06-1 и 4266-07-1 возможно связаны с их происхождением, так как в качестве одного из родителей использовали самоплодный сорт Отрада.

По результатам изучения оценки хорошей самоплодностью отличались 6 образцов (табл. 3), или 46,2 % от их общего числа, средней и высокой – по три сорта образцов (23,1 %), низкой – два образца (15,4 %).

Завязывание ягод от свободного опыления в среднем составило – 53,9 %. Высокие результаты показали сорт Левушка (42,7...73,8 %), отборные формы 4197-06-1 (49,0...74,7 %), 4198-06-15 (66,4...86,4 %), 4266-07-1 (80,0...95,5 %), у которых величина этого показателя была выше, чем у контрольного сорта, на 8,4...32,4 %, по сравнению со средним значением по выборке, на 9,7...33,7 % (табл. 4). Коэффициент вариации признака по годам составлял 25,8...37,8 %, по сортам образцам – 6,6...57,0 %.

Средняя урожайность в годы исследования изменялась от 2,3 (4394-11-5) до 7,3 (4197-06-1) кг/куст, или

**Табл. 4. Завязывание ягод смородины золотистой от свободного опыления, %**

| Сортообразец       | Год         |             |             | Среднее     | Min...max   | V          |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
|                    | 2018        | 2019        | 2020        |             |             |            |
| Левушка (к.)       | 49,2        | 42,7        | 73,8        | 55,2        | 42,7...73,8 | 29,7       |
| 1-06-32            | 42,0        | 50,8        | 51,4        | 48,0        | 42,0...51,4 | 11,0       |
| 4189-06-5          | 55,0        | 59,1        | 50,9        | 55,0        | 50,0...59,1 | 7,5        |
| 4190-06-13         | 46,6        | 39,8        | 43,2        | 43,2        | 39,8...46,6 | 7,9        |
| 4197-06-1          | 49,0        | 67,1        | 74,7        | 63,6        | 49,0...74,7 | 20,8       |
| 4197-06-2          | 34,0        | 56,1        | 42,0        | 42,0        | 34,0...56,1 | 26,6       |
| 4198-06-9          | 48,6        | 65,6        | 61,3        | 58,5        | 48,6...65,6 | 15,1       |
| 4198-06-15         | 76,4        | 66,4        | 86,4        | 76,4        | 66,4...86,4 | 13,1       |
| 4266-07-1          | 87,6        | 80,0        | 95,5        | 87,6        | 80,0...95,5 | 8,8        |
| 4268-07-1          | 22,0        | 46,9        | 56,8        | 41,9        | 22,0...56,8 | 42,8       |
| 4270-07-1          | 57,2        | 42,1        | 72,3        | 57,2        | 42,1...72,3 | 26,4       |
| 4394-11-5          | 37,0        | 42,2        | 39,6        | 39,6        | 37,0...42,2 | 6,6        |
| 4394-11-9          | 38,0        | 54,9        | 46,5        | 46,5        | 38,0...54,9 | 18,2       |
| 4439-12-3          | 24,0        | 29,4        | 65,6        | 39,7        | 24,0...65,6 | 57,0       |
| Min...max          | 24,0...87,6 | 29,4...80,0 | 39,6...95,5 | 39,6...87,6 | 22,0...95,5 | 6,6...57,0 |
| Среднее            | 47,6        | 53,1        | 50,8        | 53,9        | 47,6...53,1 | ...        |
| V, %               | 37,8        | 25,8        | 34,1        | 26,6        | 25,8...37,8 | ...        |
| НСР <sub>0,5</sub> |             |             |             | 13,0        |             |            |

Табл. 5. Средняя урожайность сортообразцов смородины золотистой (2018–2020 гг.)

| Сортообразец       | Урожайность |            | V, %       |
|--------------------|-------------|------------|------------|
|                    | кг/куст     | т/га       |            |
| Левушка (к.)       | 5,0         | 12,5       | 20,0       |
| 1-06-32            | 3,4         | 8,5        | 16,7       |
| 4189-06-5          | 2,7         | 6,8        | 1,5        |
| 4190-06-13         | 3,4         | 8,5        | 37,6       |
| 4197-06-1          | 7,3         | 18,3       | 20,8       |
| 4197-06-2          | 5,3         | 13,3       | 10,8       |
| 4198-06-9          | 3,7         | 9,3        | 6,2        |
| 4198-06-15         | 5,2         | 12,9       | 14,0       |
| 4266-07-1          | 5,4         | 13,5       | 11,1       |
| 4268-07-1          | 2,7         | 6,8        | 16,3       |
| 4270-07-1          | 4,8         | 11,9       | 5,3        |
| 4394-11-5          | 2,3         | 5,7        | 11,1       |
| 4394-11-9          | 3,8         | 9,4        | 19,9       |
| 4439-12-3          | 4,3         | 10,8       | 13,3       |
| Min...max          | 2,3...7,3   | 5,7...18,3 | 1,5...20,8 |
| Среднее            | 4,2         | 10,6       |            |
| V, %               | 32,4        | 32,1       |            |
| HCP <sub>0,5</sub> | 1,5         | 3,8        |            |

от 5,7 до 18,3 т/га (табл. 5). На уровне контрольного сорта она была у форм 4198-06-15, 4266-07-1, 4270-07-1, обладающих также высокой самоплодностью. Коэффициент вариации величины этого показателя по годам был равен 1,5...20,8 %.

Таким образом, коэффициент вариации признака «самоплодность» у изучаемых генотипов по сортообразцам составлял 46,2...67,1 %, по годам – 6,1...77,4 %. Большинство из них в среднем демонстрировали хорошее и высокое завязывание плодов от само- и сво-

бодного опыления, что дает возможность выращивать такие формы в односортовых посадках и собирать урожай в не благоприятных для лета насекомых-опылителей условиях. При пониженной относительной влажности воздуха (2019 г.) опыление проходило лучше, самоплодных образцов было больше, чем в другие годы. Отборные формы, сочетающие высокую урожайность и самоплодность представляют интерес для дальнейшего изучения и использование в селекционном процессе.

#### Литература.

1. Акуленко Е.Г. Самоплодность и урожайность новых сортообразцов смородины черной селекции ФГБНУ ВНИИ люпина // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. С. 28–30.
2. Жидехина Т.В., Гурьева И.В. Новые сорта смородины черной, их самоплодность и взаимоопыляемость // Ştiinţa agricolă. 2010. №. 2. С. 17–21.
3. Тихонова О.А. Оценка самоплодности сортов черной смородины в условиях северо-запада России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2019. 180(2). С. 60–71.
4. Denisov B. Self-pollination and self-fertility in eight cultivars of black currant (*Ribes nigrum* L.) // Acta Biologica Gracoviensis Series botanica. № 45(1). 2003. С.111–114.
5. Володина Е.В. Селекция золотистой смородины // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: изд-во ВНИИСПК, 1995. С. 351–354.
6. Санкин Л.С., Салыкова В.С. Смородина золотистая / Программа работ селекционера Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко до 2030 г. // Новосибирск: Россельхозакадемия; ГНУ НИИСС Россельхозакадемии, 2011. Вып. 3. С. 187–194.
7. Салыкова В.С., Самоплодность алтайских сортообразцов смородины золотистой // Плодоводство и ягодоводство России: сборник научных работ. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2019. С. 59–67.
8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Издательство ВНИИСПК, 1999. 608 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

Поступила в редакцию 01.06.2021

После доработки 06.08.2021

Принята к публикации 20.08.2021

## ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**З.В. Долганова**, доктор сельскохозяйственных наук,  
**Л.А. Клементьева, Г.Э. Синогейкина, О.А. Мухина,**  
**Н.В. Антропова, О.В. Ларина**, кандидаты сельскохозяйственных наук,  
**Ю.В. Куранда**

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий,  
656910, Алтайский край, Барнаул, Научный городок, 35  
E-mail: niilisavenko20@yandex.ru

*Исследования проводили с целью сохранения и расширения генофонда декоративных древесных и травянистых растений, а также улучшения озеленительного ассортимента для использования в условиях лесостепи Алтайского края. В коллекции Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий поддерживаются и изучаются представители 46 семейств, 119 родов, 611 видов, 146 межвидовых гибридов и разновидностей, 471 сорт (в том числе садовых роз – 222 сорта) древесных растений; 49 семейств, 130 родов, 2990 видов и сортов ириса, лилии, лилейника, астильбы и других ведущих и малораспространенных травянистых растений. Объектами исследования служили 81 культивар древесных, 136 бородатых и 89 безбородых сортов ириса, 45 сортов лилии, 26 – лилейника, 20 – флокса, 9 сортов астильбы. Для включения в озеленительный ассортимент рекомендованы 9 сортов древесных и 114 травянистых декоративных растений (70 безбородого и 24 бородатого ириса, 12 лилейника, 11 лилии, 10 малораспространенных многолетников). Все растения декоративны, ежегодно проявляют хорошую зимостойкость и проходят все фазы развития. В результате селекционной работы выделены доноры редкой окраски цветков ириса сибирского (Любимчик Алтая, Lemon Veil, Reddy Or Not, Sultan's Ruby), созданы алтайские сорта ириса (70 японского, 15 сибирского), лилии (6), лилейника (2), флокса (1) и большой генетический фонд межсортных и межвидовых гибридов травянистых декоративных многолетников.*

## STUDY AND UTILIZATION OF ORNAMENTAL PLANTS GENETIC RESOURCES IN THE FOREST STEPPE AREA OF ALTAI TERRITORY

**Dolganova Z.V., Mukhina O.A., Klementjeva L.A.,**  
**Sinogeykina G.E., Larina O.V., Antropova N.V., Kuranda Y.V.**

Federal Altai Scientific Center of Agro-Biotechnologies,  
659910, Altai Territory, Barnaul, Nauchniy Gorodok, 35  
E-mail: niilisavenko20@yandex.ru

*The research aim is preservation and expansion of ornamental arboreal and herbaceous plants gene pool as well as assortment improvement for landscaping in conditions of forest-steppe of Altai Territory. The arboreal collection of the Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia which is department of the Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies is consist of: 46 families, 119 genera, 611 species, 146 interspecific hybrids and varieties, 471 varieties, including 222 garden roses. Herbaceous plants collection includes: 49 families, 2990 species and varieties of iris, lily, daylily, astilba and other common and uncommon perennials. The study objects were 81 cultivars of arboreal plants, 136 bearded and 89 beardless irises, 45 lilies, 26 daylilies, 20 phloxes, 9 astilbe. Nine varieties of arboreal plants as well as 114 herbaceous varieties of ornamental plants (70 beardless and 24 bearded irises, 11 lilies, 10 uncommon perennials) have been recommended to landscaping assortment. All recommended plants are decorative, distinguished for high winter hardiness and pass through all phenology phases of development. As a result of breeding activity donors of rare flowers color have been found iris Siberian (Lyubimchik Altaya, Lemon Veil, Reddy Or Not, Sultan's Ruby), as well as Altai varieties of iris (70 Japanese, 15 Siberian), lily (6), daylily (2), phlox (1) have been selected and large genetic pool of intervarietal and interspecific hybrids of herbaceous ornamental perennials has been developed.*

**Ключевые слова:** генофонд древесных и травянистых растений, бородатые и безбородые ирисы (Iris), лилия (Lilium), лилейник (Hemerocallis), астильба (Astilbe), флокс (Phlox), селекция, донор, интродукция

**Key words:** arboreal and herbaceous plants gene pool, bearded and beardless irises (Iris), lilies (Lilium), daylilies (Hemerocallis), astilba (Astilbe), phlox (Phlox), selection, donors, introduction

Декоративные растения улучшают санитарно-гигиенические и эстетические условия, способствуют созданию комфортной среды обитания и снижению психоэмоциональных нагрузок на человека, что особенно актуально в XXI в., отличающемся постоянным ростом стрессовых факторов. Поэтому в 2017 г. в Алтайском крае была принята региональная целевая программа «Формирование комфортной городской среды» [1], направленная на устойчивое развитие населенных пунктов региона, среди приоритетных мероприятий которой запланировано значительное увеличение площади зеленых зон, выполняющих важные рекреационные, средообразующие, средозащитные и оздоровительные функции. В озеленении городов, придомовых и част-

ных территорий востребованы декоративные многолетние растения, в связи с чем увеличивается спрос на расширение их ассортимента.

В Сибири интродукцию декоративных растений начал в 1933 г. на базе Горно-Алтайской опытной станции М.А. Лисавенко. В дальнейшем эту работу продолжили в г. Барнауле в НИИСС имени М.А. Лисавенко З.И. Лучник [2], Н.Б. Семенюк и И.В. Верещагина [3] и другие ученые [4]. Коллекции растений сохраняются и ежегодно пополняются современными сортами, в том числе алтайской селекции, адаптированными к местным условиям. Это даёт возможность поддерживать цветоводство на современном уровне. На сегодняшний день в Сибири действуют 8 крупных интродукционных цен-



тров, но только в одном из них – отдел НИИСС ФАНЦА – ведется результативная селекционная работа.

Цель исследования – расширение и улучшение генофонда декоративных растений для использования в озеленении лесостепи Алтайского края.

**Методика.** Работу проводили в условиях лесостепи Алтайского края на базе отдела НИИСС Федерального Алтайского научного центра агроботехнологий. Объектами исследования в 2017–2020 гг. служили 81 культивар древесных видов (4 вида дикорастущей флоры Северной Америки, Японии, Сибири и 77 древесных культиваров гибридного происхождения), 136 бородастых (23 низкостебельных миниатюрных и стандартных карликовых, 38 среднерослых и 75 высоких) и 88 безбородастых ирисов, 45 лилий, 26 лилейника, 20 флокса и 9 астильбы.

Климат Алтайского края умеренно континентальный. Метеоусловия за годы исследований различались как в зимние, так и в вегетационные периоды. Сумма отрицательных температур изменялась от -1168,2 °С в 2019/20 гг. до -1687,9 °С в 2017/18 гг. Наиболее неблагоприятные условия перезимовки сложились в малоснежную зиму 2017/2018 гг. Продолжительность вегетационного периода варьировала от 161 дней в 2020 г. до 177 дней в 2019 г. при средней многолетней 165 дней. По влагообеспеченности вегетационного периода 2020 г. характеризовался как засушливый, 2019 г. – слабо увлажненный, 2018 г. – недостаточно увлажненный, 2017 г. – наиболее увлажненный.

Степень зимних повреждений древесных растений оценивали по шкале, разработанной З.И. Лучник [2], травянистых – И.В. Верещагиной [3]. Фенологические наблюдения и биометрические измерения растений проводили согласно общепринятым методикам [5, 6].

**Результаты и обсуждение.** Генофонд **древесных декоративных растений** отдела НИИСС на начало 2021 г. насчитывал 46 семейств, 119 родов, 611 видов, 146 межвидовых гибридов и разновидностей, 471 сорт. Это виды дикорастущей флоры Алтая и Западной Сибири, Крыма, Кавказа, Средиземноморья и Ближнего Востока, Средней Азии и Казахстана, Восточной Сибири, Японии и Китая, средней полосы Европейской части России, Северной Америки, Дальнего Востока и растения гибридного происхождения. Наиболее богато в видовом отношении представлены 7 семейств: *Rosaceae*, *Caprifoliaceae*, *Salicaceae*, *Fabaceae*, *Oleaceae*, *Aceraceae*, *Hydrangeaceae*. За последние четыре года коллекция пополнилась 21 культиваром, среди них 48 % декоративнолиственных, 38 % красивоцветущих и 14 % хвойных.

В годы исследований без повреждений зимовало 33...43 % изучаемых древесных видов. Основное повреждение зимнего периода – обмерзание концов однолетних побегов – отмечали у 16...28 % растений. В мягкую и малоснежную зиму 2018/19 гг. концы однолетних побегов повредились у 28 % наблюдаемых растений, побеги выше уровня снега подмерзли у 21 %. В зиму 2016/17 гг. вымерзла вся надземная и подземная часть у *Hydrangea paniculata* Mega Mindi и *Spiraea* × *vanhottei* Pink Ice, 2017/18 гг. – у *Philadelphus lemoinei* Bouquet Blanche, *Berberis thunbergii* Admiration, *Spiraea* × *vanhouttei* Gold Fountain и 17 сортов садовых роз, 2018/19 гг. – у *Spiraea nipponica* White Carpe, 2019/2020 гг. – у *Weigela florida* Alecsandra, *Syringa vulgaris* Aucubaefolia, *Hydrangea arborescens* Розовый зонтик, *Juniperus horizontalis* Variegata и *Thuja occidentalis* Mirjam.

В результате холодной весны в 2018 и 2019 гг.

начало вегетации сдвинулось на более поздние сроки (конец III декады апреля – III декада мая), относительно 2017 и 2020 гг. (II декада апреля – I декада мая). Возвратные весенние заморозки в 2019 г. повредили набухшие вегетативные почки сеянцев *Juglans cardiformis* CW3, *Juglans cardiformis* Симкое, *Juglans nigra* Emma K, *Juglans sieboldiana*, а также цветковые почки у *Hamamelis* × *intermedia*, из-за чего цветения последнего в этот год не наблюдали.

Фазу цветения проходили от 34 образцов в 2018 г. до 43 в 2020 г. В среднем раньше всех зацветали *Salix integra* Hakuro Nishiki, сорта *Chaenomeles* и *Quercus macrocarpa* (7...19 мая), позже всех – сорта *Hydrangea* (29 июля). Продолжительность цветения изменялась от 5±1 до 54±7 дней. У сортов *Pentaphilloides fruticosa* оно ежегодно не завершалось.

Окрашивание листвы у большинства интродуцентов начиналось во II декаде сентября, массовое – в I декаде октября. У сортов *Pentaphilloides*, *Philadelphus*, *Weigela*, *Viburnum* и *Quercus macrocarpa* морозы повреждали листву в зеленом состоянии.

По итогам 2017–2020 гг. для использования в озеленении рекомендовано 9 сортов древесных растений: *Hydrangea arborescens* Bella Anna, *Hydrangea paniculata* Limelight, *Hydrangea paniculata* Pinky Winky, *Cornus alba* Aurea, *Philadelphus hybrid* Snowbelle, *Pinus mugo* Pumilo, *Weigela florida* Purpurea, *Weigela florida* Victoria, *Juniperus saltatoria* Horizontalis. Все они высокодекоративны, ежегодно проявляют хорошую зимостойкость и проходят все фазы развития.

Генофонд ириса (*Iris* L.) в коллекции отдела НИИСС включает 510 сортов **бородастого ириса** (*Iris* × *hibrida*), в том числе 106 низкостебельных, 77 среднерослых, 327 высоких. За последние 5 лет ее пополнили 160 сортами. Изучение ритма сезонного развития показало, что появление листьев бородастого ириса начинается во второй декаде апреля при наступлении устойчивых положительных среднесуточных температур 5 °С и выше. Бутоны и первые цветы у миниатюрных сортов могут формироваться до наступления периода активных температур, как это отмечено в 2020 г. Единичное цветение стандартных карликовых сортов начиналось в мае при сумме положительных температур 258 °С, среднерослых – 363 °С, высоких сортов – 482 °С.

Амплитуда изменчивости сроков начала цветения низких и высокорослых сортов составила 14...15 дней. В фазу массового цветения сорта вступали на второй-третий день после единичного цветения (амплитуда 13...15 дней). Конец фазы цветения наблюдали во второй-третьей декадах июня и нетипично рано в 2020 г. – во второй-третьей декадах мая – начале июня.

Продолжительность цветения двух-трехлетних растений низких сортов ириса составила в среднем 11 дней, остальных – 16 дней. Величина этого показателя сильно зависела от среднесуточной температуры воздуха и влагообеспеченности в период бутонизации. Так, в жарком и засушливом году ирисы цвели до 10 дней, в теплые слабо увлажненные годы – до 20 дней.

Коэффициент семенификации сортов ириса Mariposa Wizard, Lemon Puff, Synergy составил 12...33 %. При посеве свежими семенами в открытом грунте единичные всходы (2 %) появлялись через месяц; весной следующего года из этих же семян всходило еще до 60 % от общего количества посеянных.

При оценке устойчивости бородастых ирисов к листовому пятнистости, вызываемой грибом *Heterosporium gracil*, и поражающей в первую очередь стареющие

листья [7], отмечено, что низкие сорта восприимчивы в меньшей степени ( $1,0 \pm 0,5$  баллов), чем высокие ( $2,5 \pm 2,0$  балла) и среднерослые ( $2,1 \pm 2,0$ ). Относительную устойчивость к болезни проявили высокие сорта Knock em Dead, Advantage и низкостебельные Bunny Hop, Wish Upon a Star.

В озеленение рекомендовано 24 сорта бородачатого ириса: с ранним цветением (Jurassic Park), с гофрированной (Glamazon, Pure as The) оригинальной формой (Rocid Randy, Mist Artsing) и окраской цветка (Lovely Senorita, Gypsy Lord, Gipsy Romans, Sneazy, Starway to Heaven, Spice Tiger, Вишневое ожерелье, Соломенная шляпа, Резеда), продуктивные с продолжительным цветением (Frisky Frolis, Amarillo Frills, Avalon Sunset, I Feel Lucky, Mist Arising, Red Step, Darcy's Choice). Ремонтантным цветением и очень крупным околоцветником с эффектом махровости, напоминающим японский ирис, отличался сорт Родные просторы. Среди низких форм интенсивной динамикой побегообразования выделились стандартные карликовые сорта Ringer и Mini Dragon.

Генофонд *безбородых ирисов* включает 20 видов и 230 сортов класса *Siberian*, 92 – класса *Japanese*, 66 – класса *Spuria*, 84 сорта других видов и межвидовых гибридов.

В условиях Алтайского края хорошо развивались и цвели виды подродов *Limniris* (*Iris sibirica*, *I. sanguinea*, *I. ensata*, *I. setosa*, *I. forrestii*, *I. chrysographes*, *I. pseudacorus*, *I. pseudacorus* var. *bastardii*, *I. mzechetica*, *I. maackii*, *I. laevigata*, *I. versicolor*, *I. brevicalis*, *I. virginica*, *I. ruthenica*, *I. uniflora*) и *Xyridion* (*I. graminea*, *I. halophila*, *I. sogdiana*, *I. orientalis*, *I. monnieri*). Якутский образец *I. laevigata* из-за жаркого и засушливого климата растет 3...4 года в тени деревьев, один раз цветет и погибает, но немецкий межвидовой гибрид Berlin Sevigata (*I. setosa* × *I. laevigata*) образует цветоносы с 7 цветками, окрашенными в цвет *I. laevigata*. *Iris lactea* подрода *Eremiris* представлен образцами из алтайской и монгольской флоры. Монгольский образец зацветал на 5...6 дней позже, чем алтайский, и образовывал 2 цветка на цветоносе (у алтайского 3), кроме того, он отличался более широкими листьями.

Самый зимостойкий в мире вид – *I. setosa* представлен образцами из Якутии, Дальнего Востока, Читинской области и Японии. Образец с лавандовыми цветками из Читы и бледно-сиреневый из Японии развивались лучше, чем формы из Якутии и Дальнего Востока. Дальневосточный образец хорошо рос только у пруда, а якутский погиб на 3...4-й год выращивания. Этот вид, как и *I. pseudacorus*, ценен высокой продуктивностью цветоносов (по 6...12 цветков), поэтому они активно привлекаются в межвидовые скрещивания с менее продуктивными видами. К условиям лесостепи Алтайского края адаптированы немецкие межвидовые гибриды *Sibtosa* (*Iris sibirica* × *I. setosa*) Butterfly Fountain, Duchess, Queen, дальневосточный Gettoza. Среди *Pseudata* (*I. pseudacorus* Gubigin × *I. ensata* cv.) лучшими оказались японский сорт Shiryukyo и американский Chance Beauty.

Генофонд из 70 сортов класса *Japanese* создан селекционным способом [8]. В период с 2017 по 2020 гг. выведены три сорта с простой формой цветка (Виват Лисавенко, Доктор Лиза, Номмо) и два с двойной формой цветка (Виват Гатенбергер и Виват Верещагина), адаптированные к условиям лесостепи Алтайского края и других регионов Сибири. Они отобраны в семьях от географически отдаленных скрещиваний сортов из Японии, Франции, США и сортов селекции

Л.Н. Мироновой из Владивостока, Г.И. Родионенко из Санкт-Петербурга. Сорта разнообразной окраски с простыми, двойными и махровыми цветками, полупарящими и парящими наружными долями околоцветника рекомендованы для ограниченного использования с регулярным поливом.

Из сортов класса *Siberian* с 2017 по 2020 гг. в озеленительный ассортимент рекомендованы 12 наиболее адаптированных сортов с 18...47 цветоносами в кусте и 3...7 цветками на цветоносе: раннего цветения – Banish Misfortune, Out in Missouri, Salamander Crossing; среднего – Harmony Hills, Ranman, Who's On First, позднего – Coronation Anthem, Graceful Ghost, Hohe Warte, Pennywhistle, Roaring Jelly, Sarah Tiffney. По сроку начала цветения они разделены на ранние, средние и поздние, высота варьирует от 50 до 120 см, окраска цветка синяя, пурпуровая, сиреневая разных оттенков и двуцветная. Диаметры цветков изменялись от 6,5 до 12,5 см. Лидировали по числу цветков на цветоносе (4...5 шт.) сорта Cinnamon Sugar, Cherry Fling, Here Be Dragons, New Mown Hay. Из сортов с махровыми цветками в ассортимент рекомендованы темно-синие-фиолетовый Kaboom, синие-пурпуровый Tumble Bug, сиреневый Double Standards, лавандово-розовый Ranman и др. Среди сортов класса *Siberian* выделены 57 отборных форм, а также 4 донора разнообразной высоты цветоноса и окраски цветка (пурпуровой, розовой, сиреневой и др.): Любимчик Алтая, Lemon Veil, Reddy Or Not, Sultan's Ruby.

Из класса *Spuria* в озеленительный ассортимент включено 45 сортов – наиболее засухоустойчивые генотипы с белой, желтой, коричневой, пурпуровой и синей окраской (Ленкорань, Фригия, Cust, Clara Ellen, Countess Zeppelin, Dreamcaster, Golden Lady, Handsome Is, Ila Crawford, Missouri Moonlight, Missouri Rainbows, Redwood Supreme и др.). В лесостепи Алтайского края жаркое и солнечное лето, поэтому *I. sogdiana* (Средняя Азия) и *I. halophila* (Россия и Средняя Азия) хорошо росли, не подмерзали, цвели и плодоносили, но *I. halophila* образовывал больше цветоносов и цвел дольше. Плодоносил, но образовывал ежегодно по одному цветоносу *I. orientalis*. Южно-европейский вид *I. graminea* формировал большие куртины, цвел и плодоносил регулярно. Сорта *Spuria*, созданные Г.И. Родионенко, отобраны из популяций видов, поэтому по ним можно оценить устойчивость видов в условиях Алтайского края. Сорт Ленкорань, отобранный из популяции *I. Klattii*, обильно цвел и обильно плодоносил. Сорт Молдова из популяции *I. monnieri* образовывал единичные цветоносы и не перспективен для включения в ассортимент. Межвидовой гибрид Фригия (*I. orientalis* × *I. monnieri*) проявил наибольшую устойчивость к зимним условиям и продуктивность.

Для ускоренного распространения сортов классов *Spuria* и *Siberian* в производстве разработана технология размножения *in vitro* [9, 10, 11].

Генофонд *лилейника* (*Heemerocallis* L.) расширен до 2 видов, 148 сортов и более 500 гибридных сеянцев. По существующей классификации 34 изучаемых сорта разделены на группы с миниатюрным цветком (8 сортов), мелким (6), средним (16), крупным (4). Они разнообразны по окраске цветка: коралловая с малиновым пятном – Cherri Valentin, кораллово-розовая с золотистым окаймлением – Elegant Candy, сиреневая с золотистой гофрировкой – Regal Majesty, светло-малиновая с золотисто-желтой гофрировкой – Chance Emcounter, Spacecoast Starburst, ярко-розовая с золотистым окаймлением – Shores of Time, нежно-розовая с

жёлтой гофрировкой – Lavender Tu Tu; тёмно-персиковая с коралловым отливом – Fox Hunter. Выделен сорт со скульптурной (Keys to the Kingdom) и махровой (Rediculous Roswitha) формой цветка, цветки сорта Roswitha миниатюрные.

Начало цветения сортов *Hemerocallis* отмечали 11 июля. Они относятся к среднему сроку зацветания, исключения составляют сорта Queen of May (раннего) и Forsyth White Buds (позднего срока цветения). Продолжительность цветения – 22...86 дней. Более 40 дней цвели Fantasy Fire, Forsyth White Buds, Frans Halls, Little Wine Cup, Siruet, Smuggler's Gold, Queen of May. Все сорта имели хорошую генеративную продуктивность, но самое большое число цветков на куст отмечено у сорта Fantasy Fire (217...435 шт.). Для озеленения рекомендованы за оригинальность цветка и высокую продуктивность 12 сортов лилейника – Fantasy Fire, Forsyth White Buds, Frans Halls, Gentle Shepherd, Jovial, Joan Senior, King of Hearts, Little Wine Cup, Mini Pearl, Queen of May, Siruet, Smuggler's Gold.

В 2020 г. в Госреестр внесен сорт лилейника Клавдия. Он превосходит созданный ранее сорт Улыбка Солнца продолжительностью цветения (на 31 день), продуктивностью цветения (134 цветка на куст) и вегетативного размножения (на 7 делёнок с куста), отличается гофрированным краем лепестков. Окраска темно-оранжевая с белой полосой на верхних лепестках, пятно темно-коричневое, зев зелено-желтый, лепестки слегка скручены во внутрь. Сорт можно использовать в миксбордерах и одиночных посадках.

Выделено 6 отборных гибридов за зимостойкость, устойчивость к вредителям и болезням, с обильным (до 39...180 цветков на куст) продолжительным (до 40 дней) цветением и разнообразной окраской цветка (нежно-розовая с тёмно-малиновым пятном, нежно-розовая с золотистым отливом, вишнёвая с белой полоской, кремово-розовая с бронзовым отливом, вишнёвая с розовым напылением, вишнёвая с золотисто-бархатистым отливом).

Генофонд *лилий* (*Lilium* L.) насчитывает 14 видов, 250 сортов из разделов I. Гибриды Азиатские, II. Гибриды Кудреватые, VI. Гибриды Трубочатые и Орлеанские, VII. Гибриды Восточные, VIII. Ла-гибриды, ОТ-гибриды, ЛО-гибриды и ЛОО-гибриды и 202 отборных гибрида. Основное направление селекции лилий за рубежом – создание сортов для выращивания в защищенном грунте на срез, в НИИСС – устойчивых к комплексу внешних факторов среды с ежегодным цветением в открытом грунте.

Для Алтайского края наиболее устойчивы к низким температурам и возвратным весенним заморозкам сорта из раздела I. Гибриды Азиатские. Они также наиболее разнообразны по срокам зацветания (с середины июня до 20 июля), морфологическим признакам, продуктивности цветения и размножения. Ранние сорта зацветали в конце июня, среднецветущие – с 1 по 15 июля, поздние – 15–20 июля. Крано зацветающим отнесен сорт Abaddon, к поздним – Торнадо, Pearl Caroline, Pearl Justine, остальные среднего срока. Выделены сорта с продолжительностью цветения 18...22 дня и продуктивностью цветения 10 цветков на цветоносе и более. Сорта имели различную окраску околоцветника, в том числе из групп «брашмарк», «танго», «двухцветные». Высота растений изменялась от 28 см (Lollipop) до 128 см (Торнадо). У отечественных сортов высота цветоносов меньше зависит от погодных условий, чем у зарубежных. В 2018–2020 гг. в озеленительный ас-

сортимент рекомендованы лучшие по продолжительности и продуктивности цветения сорта-источники редкой окраски цветка: Аксиома Апельсинка, Диадема, Карусель, Розовая Полянка, Торнадо, Abaddon, London Heart, Loreto, Salmon Twinkle и Whistler.

Генофонд *астилбы* (*Astilbe* Buch.-Ham. ex D. Don) состоит из 1 вида и 110 сортов 7 видовых групп. На первичном изучении находится 9 сортов. Начало отращивания наблюдали в среднем 6 мая. Первыми отращивали сорта Color Flash, Inshriach Pink и Serenade, последним – Red Sentinel. В годы исследований отмечали повреждения надземной части растений весенними заморозками (-3,5...-5,0 °C), при этом устойчивость проявили сорта из группы *Astilbe hinensis*.

В среднем сорта начинали цвести с 12 июля (в более ранние сроки – сорта Sugarberry, Yunique Lilac, Yunique Pink, Yunique Salmon, в поздние – Color Flash, Inshriach Pink, Serenade) по 4 августа, продолжительность фазы – 23±6 дней. В различные годы продолжительность цветения коллекции оставалась на одном уровне, даже в сильно засушливом 2020 г. Длительно цвели позднозацветающие сорта – Color Flash, Inshriach Pink, Purple Rain, Serenade. Они заканчивали цветение в середине августа – конце сентября. Дольше среднего (25...28 дней) цвели сорта Flamingo, Milk and Honey, Spartan, Thunder and Lightning. До 21 дня цвели ранозацветающие сорта, из группы *A. japonica* и серии «Yunique», отличающиеся обилием цветения. Отдельную группу составили сорта, требовательные к высокому уровню агротехники – Dance and Trance, Fireberry и Red Sentinel. Они пригодны только для ограниченного использования в озеленении.

Высота цветоносов астильбы составила 40±17 см, листьев – 18±7 см. Не разрастались либо снижали вегетативную продуктивность при недостатке влаги сорта Etna, Hip Hop, Purple Rain, Red Sentinel, Thunder and Lightning. Хорошо разрастались сорта Lara, Little Lollypop, Mighty Pip, Serenade, Spartan, Sugarberry, Vision in Pink, обильно цвели – Color Flash, Inshriach Pink, Lollypop.

Всхожесть семян 42 сортов астильбы варьировала от низкой (21 сорт) до высокой (15 сортов). Стабильно все годы пониженной всхожестью характеризовались сорта из группы *A. Thunbergii* и поздноцветущие из других групп, семена которых, вероятно, не вызревали. В условиях южной лесостепи самосев астильбы отсутствовал.

Коллекция *флокса* (*Phlox* L.) включает 3 вида, их формы (*Ph. amaena* var. *variegata*, *Ph. divaricata*, *Ph. divaricata* var. *alba*, *Ph. covillei*) и сорта, относящиеся к 6 видам: 110 сортов *Ph. paniculata*, 4 сорта *Ph. subulata*, 2 – *Ph. maculate*, по 1 сорту *Ph. douglasii*, *Ph. carolina*, 16 отборных гибридов *Ph. paniculata* (флокса метельчатого). Все виды происходят с северо-американского континента. На юге Западной Сибири ксерофитно-гелиофитные признаки проявляют *Ph. douglasii*, *Ph. subulata*, мезофитов и в некоторой степени сциофитов – *Ph. paniculata*, *Ph. divaricata*, мезофитно-ксерофитные – *Ph. amaena* var. *variegata* и сорта *Ph. carolina*, *Ph. maculate*.

Наиболее востребованы в озеленении городов и частных, придомовых территорий Алтайского края засухоустойчивые сорта флокса метельчатого и почвопокровных видов. За 4 года озеленительный ассортимент пополнен 6 сортами флокса метельчатого высотой от 50 до 100 см (Gereford, Miss Pepper, Stars and Stripes, Святогор, Мишенька, Фудзияма). Создан и в 2021 г. районирован сорт Воздушный замок – среднего срока

цветения, высокорослый с оригинальной подогнутой формой лепестков. Окраска цветка бледно-пурпурно-розовая. Значительно превосходит коллекционные сорта по устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды, числу генеративных побегов, уступая лучшим интродуцентам только в диаметре цветка и размерах соцветия. Пригоден для городского озеленения.

Генофонд **малораспространённых травянистых многолетников** составляет 279 видов и 76 сортов. Наибольшее число культиваров насчитывается в семействах *Alliaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Crassulaceae*, *Lamiaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Saxifragaceae*. За 4 года коллекцию пополнили 62 образца: 42 вида, 18 сортов и 2 формы. Хорошую и удовлетворительную способность к противостоянию условиям зимнего периода проявили 96 % растений. Подмерзают генеративные почки и требуют зимнего укрытия *Rodgersia aesculifolia*. Подопреванию подвержены *Thymus praecox*, *Th. x citriodorus* f. *aurea*, *Sedum ewersii*, сорта *Ajuga reptans*. Повреждаемость болезнями и вредителями создает большие препятствия для использования в ландшафтном дизайне таких культур, как *Dianthus* (семена повреждают гусеницы огородной совки), *Filipendula palmata* и *F. ulmaria*, *Veronica longifolia* (повреждаются тлей), *Gypsophila paniculata*, *Monarda x hybrida*, *Rudbeckia laciniata* Goldball (поражаются мучнистой росой).

Средний и высокий коэффициенты вегетативной продуктивности имели 72 % объектов. Семена образовывали 25 % многолетников, из них регулярный самосев – 4 %. В результате исследований 57 % образцов малораспространённых многолетников были оценены как очень перспективные; 33 % – перспективные; 10 % – малоперспективные. С 2017 по 2020 гг. в качестве перспективных выделено 10 культиваров: *Asternovi-belgii* BlueGem, Mery Ballard, Eshel Ballard, *Eupatorium purpureum*, *Aster dumosus* Proffesor A. Kippenberg, *Heuherella tiarelloides*, *Ligularia tangutica*, *Sedum kamtschaticum* Grulich Variegatum, *Ajuga reptans* Multicolor, *Ajuga reptans* Chocolate Chip.

Таким образом, в условиях лесостепи Алтайского края изучен генофонд декоративных древесных и травянистых растений различного географического происхождения. Первичное изучение позволило рекомендовать в озеленительный ассортимент парков и скверов города Барнаул и населенных пунктов края наиболее продуктивные и декоративные сорта. В результате селекционной работы выделены доноры редкой окраски цветков, созданы алтайские сорта ириса, лилии и лилейника.

## Литература.

1. Об утверждении государственной программы Алтайского края «Формирование современной городской среды»: Постановление Правительства Алтайского края от 31 августа 2017 года № 326 // Docs. cntd. ru – электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/450340771> (дата обращения 07.06.2021).
2. Лучник З.И. Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М.: Колос, 1970. 656 с.
3. Верецагина И.В. Перезимовка декоративных многолетников в Алтайском крае. Новосибирск: РАС-ХН Сибирское отделение; НИИСС им. М.А. Лисавенко, 1996. 170 с.
4. Достижения в интродукции и селекции декоративных растений на юге Западной Сибири / З. В. Долганова, Л. А. Клементьева, О. В. Мухина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2013. №7. С. 24–28.
5. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 155 с.
6. Улановская И.В. К вопросу комплексной оценки сортов *Heterocallis x Hibrida Hort.* при культивировании в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень ГНБС. 2018. Вып. 128. С. 55–61.
7. Бородич Г. С., Белякова Л. И. Особенности агротехники бородач ирисов в связи с их физиологией. Минск: Колорад, 2018. 96 с.
8. Dolganova Z.V. Japanese Iris (*Iris ensata* Thunb.) in Southern Siberian // Russian Journal of Genetic. 2014. Vol. 4. No. 6. P. 606–613.
9. Tikhomirova L.I., Bazarnova N.G., Sinitsyna A.A. Histochemical Study of Xylem Cells in In Vitro Culture of Iris sibirica L. // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2018. V. 44(7). P. 860–869.
10. Антипова Е. А., Кудрикова Л. Е., Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Чепрасова М.Ю. Харнумова Е.П. Оценка содержания полифенолов в биотехнологическом сырье *Iris sibirica* L. сорт Стерх в сравнении с интактными растениями // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 239–250.
11. Тихомирова Л.И., Щербакова Л.В., Пономарёва Я.В., Дробышева Е.А., Чукубаева А.Н. Перспективы получения сырья методами биотехнологии и анализ химического состава биомассы *Iris spuria* L. (Art And Soul) // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 315–326.

Поступила в редакцию 08.07.2021

После доработки 28.07.2021

Принята к публикации 13.08.2021

## ИНСЕКТИЦИДЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С ТЛЯМИ-ПЕРЕНОСЧИКАМИ ВИРУСОВ НА КАРТОФЕЛЕ

**М.Н. Шорохов**<sup>1,2</sup>, кандидат биологических наук,  
**О.В. Долженко**<sup>1</sup>, кандидат биологических наук,  
**В.И. Долженко**<sup>1</sup>, академик РАН

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,  
 196608, Санкт-Петербург-Пушкин, ш. Подбельского, 3  
<sup>2</sup>ООО «Инновационный центр защиты растений»,  
 196607, Санкт-Петербург-Пушкин, ул. Пушкинская, 20, лит. А  
 E-mail: deim1989@yandex.ru

*Исследования проводили с целью оценки биологической эффективности препаратов против тли и их токсической нагрузки на окружающую среду для определения возможности применения этих средств защиты растений в сельскохозяйственном производстве. Работу проводили в Северо-Западном регионе РФ в 2017–2020 гг. Изучали препараты Кунгфу Супер, КС (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в норме 0,15 л/га, Цепеллин Эдванс, КЭ (50 г/л лямбда-цигалотрина) – 0,2 л/га, а также два инсектицида, которые еще не разрешены к применению на картофеле, на основе тиаклоприда (480 г/л) в нормах 0,1 л/га и 0,15 л/га – препарат 1, КС и малатиона (570 г/л) в норме 1,5 л/га – препарат 2, КЭ. Эталоном выступали инсектициды, включенные в каталог, разрешенные к применению на посадках картофеля против тлей, в период проведения исследований. Биологическая эффективность исследуемых препаратов находилась в пределах от 75 до 100 %. Они обеспечивали эффективную защиту картофеля от тлей и могут быть рекомендованы к применению после включения в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению.*

## INSECTICIDES FOR CONTROLLING APHIDS THAT CARRY VIRUSES ON POTATOES

**Shorokhov M.N.**<sup>1,2</sup>, **Dolzhenko O.V.**<sup>1</sup>, **Dolzhenko V.I.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute for Plant Protection,  
 196608, St. Petersburg-Pushkin, sh. Podbel'skogo, 3  
<sup>2</sup>ООО «Innovation Center for Plant Protection»,  
 196607, St. Petersburg-Pushkin, ul. Pushkinskaya, 20, lit. A  
 E-mail: deim1989@yandex.ru

*The purpose of the research was to obtain data on the biological effectiveness of the studied drugs, to assess their toxic load, as well as to conclude that it is advisable to include the drugs in the catalog of pesticides and agrochemicals. The work was carried out in the North-Western region of the Russian Federation in 2017–2020. We studied preparations of Kungfu Super, CS (106 g/l lambda-cyhalothrin + 141 g/l thiamethoxam) at a rate of 0.15 l/ha, Tsepellin Advans, CE (50 g/l lambda-cyhalothrin) at a rate of 0.2 l/ha and insecticides based on thiacloprid (480 g/l) at a rate of 0.1 l/ha and 0.15 l/ha – preparation 1, CS and malathion (570 g/l) in the norm of 1.5 l/ha is a preparation of 2, CE, which are not yet allowed for use on potatoes. The standards were the insecticides included in the catalog, allowed for use on potato plantings against aphids. The biological effectiveness of the studied drugs was in the range from 75 to 100%. The studied preparations provide effective protection of potatoes from aphids and can be recommended for use if these preparations are available in the State Catalog of Pesticides and Agrochemicals allowed for use on the territory of the Russian Federation.*

**Ключевые слова:** картофель, инсектициды, тли-переносчики вирусов, опрыскивание

**Key words:** potato, insecticides, aphids-vectors of viruses, spraying

Тли не оказывают значительного повреждающего воздействия на растения картофеля. Однако при питании они переносят ряд возбудителей вирусных болезней, что наносит огромный ущерб семеноводству культуры [1, 2, 3]. В Северо-Западном регионе РФ в посадках картофеля наиболее распространены такие виды тли, как персиковая, крушинная, крушинниковая, обыкновенная картофельная [4, 5, 6] и большая картофельная [7].

Мероприятия по защите агроценозов картофеля от тли предусматривают соблюдение севооборота, выбор оптимального срока посадки, размещение посадок вблизи резерваций энтомофагов, борьба с сорняками на полях и окружающей территории, создание упреждающих приманочных посадок картофеля, удаление растительных остатков после уборки, применение инсектицидов при превышении экономического порога вредоносности (ЭПВ) [8, 9, 10].

Необходимо отметить, что на семенных посадках картофеля не допускается появление даже единичных особей тлей. Однако добиться этого трудно, так как

вредитель может располагаться в самых разнообразных местах [11].

На 2020 г. к применению на территории Российской Федерации (*Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации и дополнения к нему*. М., 2020. 826 с.) разрешены препараты 43 наименований на основе действующих веществ из 3 химических классов и их комбинированных вариаций. Сочетание в одном препарате различных действующих веществ – одно из основных направлений расширения ассортимента средств защиты растений [12, 13]. К числу фосфорорганических соединений (ФОС), например, можно отнести действующее вещество малатион. Препаратов на основе пиретроидов, разрешенных к применению в борьбе с тлями на территории РФ, меньше, чем инсектицидов, содержащих фосфоорганические соединения, но по числу действующих веществ они лидируют. Их особенность – более низкие нормы применения. Неоникотиноиды характеризуются низкой и средней токсичностью для теплокровных и высоко

токсичны для вредителей. Кроме того, они обладают трансламинарными и системными свойствами [14].

Цель исследований – оценка биологической эффективности и токсической нагрузки исследуемых препаратов на окружающую среду для определения целесообразности их включения в каталог пестицидов и агрохимикатов.

**Методика.** Исследования по определению биологической эффективности и регламентов применения инсектицидов проводили в вегетационные сезоны 2018–2020 гг. В опытах применяли препараты Кунгфу Супер, КС (106 г/л лямбда-цигалотрина + 141 г/л тиаметоксама) в норме 0,15 л/га, Цепеллин Эдванс, КЭ (50 г/л лямбда-цигалотрина) в норме 0,2 л/га (в годы проведения исследований не входил в каталог разрешенных к применению), а также два препарата, не включенных в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов: первый – с содержанием 480 г/л тиаклоприда, КС в нормах 0,1 и 0,15 л/га (препарат 1); второй – 570 г/л малатиона, КЭ в норме 1,5 л/га (препарат 2).

Малатион (класс – фосфорорганические соединения) под влиянием окислителей превращается в малаоксон, активность которого выше, чем у исходного действующего вещества. Это обуславливает высокую токсичность действующего вещества для насекомых [14].

Лямбда-цигалотрин (класс – пиретроиды) воздействует на обмен кальция. Отравление насекомого проявляется в сильном возбуждении и поражении двигательных центров [15, 16].

Циперметрин (класс – пиретроиды) проникает внутрь организма насекомого и связывается со стороны внутренней створки натриевого канала нервных клеток

с липофильным окружением мембраны. В итоге происходит деполаризация мембраны и существенное замедление открытия/закрытия натриевого канала, что сильно сказывается на прохождении нервных импульсов [17].

Тиаклоприд (класс – неоникотиноиды) воздействует на постсинаптические никотиновые ацетилхолиновые рецепторы центральной нервной системы насекомых. В конечном итоге это приводит к нарушению передачи нервных импульсов, развитию паралича и гибели [18].

Тиаметоксам (класс – неоникотиноиды) поглощается растениями и передвигается по ним, при проникновении в организм насекомого воздействует на никотиново-ацетилхолиновые рецепторы нервной системы [19].

Все учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам [20, 21]. В контроле инсектициды не применяли. В качестве эталонов использовали препараты, разрешенные в период исследований к использованию на территории Российской Федерации и демонстрирующие высокую биологическую эффективность против вредителя. В наших опытах это были Каратэ Зеон, МКС (50 г/л), Данадим Эксперт, КЭ (400 г/л), Бискай, МД (240 г/л).

Исследования выполняли на сортах Удача (2017, 2018 гг.), Гала (2019 г.), Ред Скарлет (2020 г.) в Ленинградской области на полях семеноводческого хозяйства Славянка-М (Гатчинский район). Почва дерново-подзолистая, по механическому составу среднесуглинистая, содержание гумуса в слое 0...20 см – 3,5 %, pH – 5,5 ед. Опрыскивание осуществляли ручным опрыскивателем «Solo» в период вегетации при достижении экономического порога вредоносности.

Табл. 1. Биологическая эффективность инсектицидов в борьбе с тлями (сем. *Aphididae*) на картофеле

| Вариант                         | Норма применения препарата, л/га, кг/га | Год  | Среднее число тлей/100 листьев по суткам<br>учетов после обработки |     |     |     | Биологическая эффективность, % |     |     |
|---------------------------------|-----------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------|-----|-----|
|                                 |                                         |      | до обработки                                                       | 3   | 7   | 14  | 3                              | 7   | 14  |
| Кунгфу Супер, КС (106+141 г/л)  | 0,15                                    | 2017 | 0,3                                                                | 0,3 | 0,3 | 0   | 75                             | 100 | 100 |
|                                 |                                         | 2018 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Каратэ Зеон, МКС (50 г/л) *     | 0,2                                     | 2017 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
|                                 |                                         | 2018 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
|                                 |                                         | 2019 | 0,5                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Цепеллин Эдванс, КЭ (50 г/л)    | 0,2                                     | 2018 | 1,5                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
|                                 |                                         | 2019 | 0,8                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Малатион, КЭ (570 г/л)          | 1,5                                     | 2018 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
|                                 |                                         | 2019 | 0,5                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Данадим Эксперт, КЭ (400 г/л) * | 2,25                                    | 2018 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
|                                 |                                         | 2019 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Тиаклоприд, КС (480 г/л)        | 0,1                                     | 2019 | 0,5                                                                | 0,3 | 0   | 0   | 75                             | 100 | 100 |
|                                 |                                         |      | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
|                                 | 0,15                                    | 2020 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 75                             | 100 | 100 |
|                                 |                                         |      | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Бискай, МД (240 г/л) *          | 0,3                                     | 2020 | 0,3                                                                | 0   | 0   | 0   | 100                            | 100 | 100 |
| Контроль                        |                                         | 2017 | 0,8                                                                | 0,5 | 0,8 | 0,3 | -                              | -   | -   |
|                                 |                                         | 2018 | 0,8                                                                | 1,0 | 0,5 | 0,5 | -                              | -   | -   |
|                                 |                                         | 2019 | 1,3                                                                | 1,3 | 0,8 | 0,5 | -                              | -   | -   |
|                                 |                                         | 2020 | 0,8                                                                | 1,3 | 0,8 | 0,8 | -                              | -   | -   |

\*эталон

Для характеристики изучаемых инсектицидов определяли их токсическую нагрузку. Ее расчет проводили по методике, предложенной Фадеевым (1988), которая предусматривает определение токсической нагрузки как частное от деления рекомендуемой нормы применения препарата (мг д.в./га) на полулетальную дозу ( $LD_{50}$ ) для теплокровных (мг/кг).

По величине этого показателя все препараты можно разделить на 4 группы:

- малоопасные – токсическая нагрузка не превышает 100 полулетальных доз на 1 га
- умеренно опасные – от 100 до 1000 полулетальных доз на 1 га;
- опасные – от 1000 до 10 000 полулетальных доз на 1 га;
- особо опасные – более 10 000 полулетальных доз на 1 га.

В 2017 г. 3-я декада мая, июнь и 1-я декада июля характеризовались более низкими температурными показателями, по сравнению с нормой. Например, в третьей декаде июля температура составила 14,8 °С против 17,3 °С по многолетним наблюдениям. В 2018 г. температура воздуха была выше нормы. Например, во второй декаде июля зафиксирована температура 22,3 °С против 17,8 °С по многолетним наблюдениям. В 2019 г. отмечали низкое количество осадков и влажность воздуха. Так, в июле выпало 15,4 мм дождей против 22,1 мм по средним многолетним данным. Вторая декада июля 2020 г. была засушливая, а также характеризовалась низкой влажностью воздуха. Выпало 5,3 мм осадков против 21,2 мм по средним многолетним показателям. В остальное время метеосостояния вегетационного сезона были близки к средним многолетним показателям.

**Результаты и обсуждение.** В связи с неблагоприятной для развития вредителя погодой в период проведения исследований наблюдали кратковременное заселение растений картофеля тлями. В 2017 г. в контрольном варианте (без применения инсектицидов) отмечено нарастание численности вредителя к 7 суткам после обработки защитными препаратами в остальных вариантах, к 14 суткам она снижалась, а на 21 сутки вредитель отсутствовал на всех делянках. На этом фоне биологическая эффективность Кунгфу Супер, КС (106+141 г/л) в норме 0,15 л/га против тлей – переносчиков вирусов составила 75,0...100,0 %, что соответствовало варианту с эталоном Каратэ Зеон, МКС (50 г/л) в норме 0,2 л/га (табл. 1).

В 2018 г. в контроле отмечено нарастание численности вредителя к 3 суткам после проведения обработки, затем она установилась на уровне в среднем 0,5 тлей/100 листьев. Как и в 2017 г., к 21 суткам после обработки отмечено полное исчезновение вредителя на всех без исключения делянках опыта. Применение инсектицидов Кунгфу Супер, КС в норме 0,15 л/га и Цепеллин Эдванс, КЭ в норме 0,2 л/га снижало численность вредителя на 100 % при всех учетах, что находилось на уровне эталонного препарата Каратэ Зеон, МКС (50 г/л). Аналогичную биологическую эффективность продемонстрировали исследуемый препарат 2 на основе действующего вещества малатион, КЭ (570 г/л) в норме применения 1,5 л/га и эталонный препарат Данадим Эксперт, КЭ (400 г/л).

В 2019 г. в контроле отмечено снижение численности тли к 14 суткам после обработки в остальных вариантах, в дальнейшем вредителя не наблюдали. Препарат 2 на основе действующего вещества малатион, КЭ (570 г/л) в норме 1,5 л/га снижал численность тлей

на 100 %. В варианте с применением препарата 1, содержащего тиаклоприда, КС (480 г/л), в норме 0,1 л/га на 3 сутки после обработки биологическая эффективность была равна 75,0 %, в последующие учеты – 100 %. При его использовании в норме 0,15 л/га отмечено 100 %-ное снижение численности вредителя независимо от сроков проведения учетов. Биологическая эффективность этих инсектицидов находилась на уровне эталона (Данадим Эксперт, КЭ (400 г/л) в норме 2,25 л/га). Цепеллин Эдванс, КЭ (50 г/л) в норме 0,2 л/га защищал посадки картофеля от тлей на 100 %, что соответствует биологической эффективности эталонного препарата Каратэ Зеон, МКС (50 г/л) в норме 0,1 л/га.

В 2020 г. в контроле отмечено снижение численности вредителя к последнему сроку учетов, а к 21 суткам после обработки полное исчезновение вредителя на всех без исключения делянках. Препарат 1 на основе тиаклоприда, КС (480 г/л) в исследуемых нормах снижал численность вредителя на 75...100 %, что находилось на уровне эталонного варианта с инсектицидом Биская, МД (240 г/л) в норме 0,3 л/га.

Наибольшая токсическая нагрузка отмечена при использовании препаратов из химического класса фосфорорганических соединений (табл. 2). Это можно объяснить повышенной, по сравнению с другими изученными инсектицидами, нормой применения.

У препаратов из химического класса пиретроидов токсическая нагрузка составила 148,1  $LD_{50}$ /га. Наименьшей она была у инсектицидов химического класса неоникотиноидов (75...112,5  $LD_{50}$ /га), что значительно ниже, чем у фосфорорганических соединений и комбинированных препаратов.

Комбинированный препарат Кунгфу Супер, КС по величине этого показателя был ближе к пиретроидам и неоникотиноидам, которые входят в его состав. При этом токсическая нагрузка Кунгфу Супер, КС несколько выше, чем у других изученных однокомпонентных препаратов химического класса пиретроидов, что можно объяснить повышенным содержанием лямбда-цигалотрин.

**Табл. 2. Экотоксикологические показатели препаратов**

| Препарат                                                  | Норма применения препарата, л/га, | $LD_{50}$ для крыс, мг/кг | Токсическая нагрузка |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>Фосфорорганические соединения</b>                      |                                   |                           |                      |
| Препарат 1 (малатион, КЭ, 570 г/л)                        | 1,5                               | 3437,5                    | 248,7                |
| Данадим Эксперт, КЭ (400 г/л)                             | 2,25                              | 387                       | 2325,6               |
| <b>Пиретроиды</b>                                         |                                   |                           |                      |
| Каратэ Зеон, МКС (50 г/л)<br>Цепеллин Эдванс, КЭ (50 г/л) | 0,2                               | 67,5                      | 148,1                |
| <b>Неоникотиноиды</b>                                     |                                   |                           |                      |
| Препарат 2 (тиаклоприд, КС, 480 г/л)                      | 0,1                               | 640                       | 75                   |
|                                                           | 0,15                              |                           | 112,5                |
| Биская, МД (240 г/л)                                      | 0,3                               | 640                       | 112,5                |
| <b>Комбинированные препараты</b>                          |                                   |                           |                      |
| Кунгфу Супер, КС (106 г/л+141 г/л)                        | 0,15                              | 1563+67,5                 | 249,1                |

Таким образом, на основании результатов исследований можно сделать вывод, что все изученные препараты демонстрируют высокую биологическую эффективность против тлей – переносчиков вирусов и способны обеспечить защиту культуры от этих вредителей, что особенно важно для семеноводческих посадок.

По величине токсической нагрузки на единицу площади изученные препараты можно расположить в следующий ряд: Препарат 1 (малатион, 570 г/л), КЭ, Цепеллин Эдванс, КЭ (50 г/л) – Препарат 2 (тиаклоприд, 480 г/л), КС. Комбинированный препарат Кунгфу Супер, КС, в состав которого входят тиаметоксам и лямбда-цигалотрин по величине этого показателя ближе к пиретроиду.

Все изученные препараты можно рекомендовать к применению на посадках картофеля семеноводческого направления, после проведения процедуры государственной регистрации и включения в Государственные каталоги пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. При этом по показателю токсической нагрузки приоритет имеют представители химического класса неоникотиноидов.

#### Литература

1. Жукова М.И. Тли на картофеле в Беларуси и средства борьбы с ними // Ахова Раслін. 2000. № 4. С. 16–18.
2. Синцова Н. Ф., Сергеева З. Ф., Осипова Т. А. Динамика лета тлей – переносчиков вирусных болезней картофеля // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: школа молодых ученых по эколого-генетич. основам сев. растениеводства в рамках III Междунар. науч.практ. конф. / Киров: Зонал. науч.исслед. ин-т сельского хоз-ва Северо Востока им. Н. В. Рудницкого, 2017. С. 148–152.
3. Анисимов Б. В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в системе семеноводства: практическое руководство. М.: «Росиформагротех», 2004. 80 с.
4. Замалиева Ф. Ф. Борьба с вирусными болезнями картофеля // Защита и карантин растений. 2013. №3. 17–21.
5. Созонов А. Н. Вирус Y картофеля в Северо-Западном регионе РФ: распространение, штаммовый состав и профилактика вызываемых им заболеваний: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. СПб., 2005. 19 с.
6. Анисимов Б. В. Вирусные болезни и их контроль в семеноводстве картофеля // Защита и карантин растений. 2010. №5. С. 12–18.
7. Remaudiere G., Remaudiere G., Fernandez M. V. S. Claves de pulgones alados de la region mediterranea. Monteleon : Universidad de Leon, 1990. 208 p.
8. Syller J. Potato leafroll virus (PLRV): its transmission and control // Integrated Pest Management Reviews. 1996. Vol. 1. P. 217–227.
9. Schepers, A. Chemical control. Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control // A. Sshepers. 1987. Vol. 2. P. 89–121.
10. Perring T., Gruenhagen N., Farrar C. Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors // Annual Review of Entomology. 1999. Vol. 44. P. 457–481.
11. Margaritopoulos J. T., Kati A. N., Voudouris C. Ch. Long-term studies on the evolution of resistance of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) to insecticides in Greece // Bulletin of entomological Research. 2021. Vol. 111. No. 1. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/longterm-studies-on-the-evolution-of-resistance-of-myzus-persicae-hemiptera-aphididae-to-insecticides-in-greece/6684BB03F98ACA7C1508EAA638C2455A> doi: 10.1017/S0007485320000334
12. Эффективность комбинированного инсектицида БОРЕЙ Нео на картофеле / О.В. Долженко, М.Н. Шорохов, О.В. Кривченко и др. // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: научные труды международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. С-Пб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2017. С. 50–52.
13. Шорохов М.Н., Кривченко О.А. Современный ассортимент инсектицидов для защиты картофеля от колорадского жука // Материалы международной научно-практической конференции «Современные технологии и средства защиты растений - платформа для инновационного освоения в АПК России». СПб-Пушкин: ВИЗР, 2018. С. 167–169.
14. Грапов А. Ф. Химические средства защиты растений XXI века: Справочник. М.: ВНИИХСЗР, 2006. 401 с.
15. Ассортимент средств защиты растений. Часть 1. Инсектициды, акарициды, фунгициды / под ред. В.И. Долженко СПб.: ВИЗР, 2001. 76 с.
16. Мельников Н. Н., Новожилков К. В., Белан С. Р. Пестициды и регуляторы роста растений: справочник. М.: Химия, 1995. 575 с.
17. Ткачев А.В. Пиретроидные инсектициды – аналоги природных защитных веществ растений // Соровский образовательный журнал. 2004. Т. 8. №2. С. 56–63.
18. Еремина О.Ю., Лопатина Ю.В. Перспективы применения неоникотиноидов в сельском хозяйстве России и сопредельных стран // Агрохимия. 2005. №6. С. 87–93.
19. Петрова Т.М., Смирнова И.М. Определение инсектицида тиаметоксама в растительном материале и почве // Агрохимия. 2006. №4. С.84–89.
20. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Долженко. СПб.: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАС-ХН, 2009. 320 с.
21. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть / под ред. В.И. Долженко, В.Н. Ракитского. М.: Минсельхоз России, 2018. 56 с.

Поступила в редакцию 14.05.2021.

После доработки 26.06.2021

Принята к публикации 13.08.2021



**Агропочвоведение и агроэкология**

УДК 63.8: 631.415.12:631.445.4

DOI:10.31857/S2500262721050082

**ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ  
НА БУФЕРНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ СТЕПНЫХ РАЙОНОВ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН\***

**А.Р. Сулейманов<sup>1</sup>**, аспирант,  
**Ф.И. Назырова<sup>1</sup>, Т.Т. Гарипов<sup>1</sup>**, кандидаты сельскохозяйственных наук,  
**Р.Р. Сулейманов<sup>1</sup>**, доктор биологических наук, **И.Ф. Адельмурзина<sup>2</sup>**, старший преподаватель,  
**И.М. Габбасова<sup>1</sup>**, доктор биологических наук

<sup>1</sup>Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН,  
 450054, Уфа, просп. Октября, 69

<sup>2</sup>Башкирский государственный университет,  
 450076, Уфа, ул. Заки Валиди, 32  
 E-mail: soils@mail.ru

*В работе изучены особенности влияния ветровой и водной эрозии на агрегатный состав, химические свойства и кислотно-основную буферность степных черноземов Республики Башкортостан. Исследования проводили на черноземах типичном, типичном карбонатном и выщелоченном, которые располагаются в пределах Предуралья и Зауралья республики, и находятся в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования. Длительная обработка почв приводит к развитию водной и ветровой эрозии. В эродированных почвах отмечается изменение агрегатного состава – происходит уменьшения доли частиц размером менее 1 мм с 49,8 до 22,1 % и количества агрегатов размером более 1 мм с 50,2 до 77,9 %, по сравнению с неэродированными аналогами. В перераспределенных эрозионных наносах доля агрегатов размером менее 1 мм достигает 76,8 %. Также происходит снижение содержания гумуса в среднем на 1 %, а в составе поглощенных оснований – кальция и магния на 14 и 2 смоль(экв)/кг соответственно. Изменение агрегатного состояния и химических свойств эродированных почв приводит к трансформации кислотно-основной буферности. У чернозема типичного карбонатного буферные свойства в кислотном интервале сохраняются на уровне неэродированных аналогов (площадь буферности на эродированных участках составляет 29,3, а на не эродированных – 30,1 см<sup>2</sup>), но снижаются в щелочном интервале с 17,5 до 14,9 см<sup>2</sup>. У чернозема типичного и выщелоченного в среднем отмечается снижение буферности как в кислотном (с 22,2 до 10,2 см<sup>2</sup>), так и в щелочном (с 25,1 до 18,5 см<sup>2</sup>) интервале.*

**WATER AND WIND EROSION INFLUENCE ON BUFFERING CAPACITY  
OF SOILS OF REPUBLIC BASHKORTOSTAN STEPPE REGIONS**

**Suleymanov A.R.<sup>1</sup>, Nazyrova F.I.<sup>1</sup>, Garipov T.T.<sup>1</sup>,  
 Suleymanov R.R.<sup>1</sup>, Adelmurзина I.F.<sup>2</sup>, Gabbasova I.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ufa Institute of Biology UFRS RAS,  
 450054, Ufa, pr. Oktyabrya, 69

<sup>2</sup>Bashkir State University,  
 450076, Ufa, ul. Zaki Validi, 32  
 E-mail: soils@mail.ru

*The work aims to assess the influence of wind and water erosion on the aggregate composition, chemical properties and acid-base buffering of steppe Chernozems of the Republic of Bashkortostan (Russia). The research was conducted on Haplic Chernozems, Haplic Chernozems Endosalic and Luvic Chernozems, which are located within the Urals and Trans-Urals, and are under intensive agricultural use. Long-term soil cultivation leads to the development of water and wind erosion. The change in the aggregate composition of eroded soils is noted - there is a decrease in the proportion of aggregates smaller than 1 mm from 49,8 to 22,1% and an increase of more than 1 mm from 50,2 to 77,9% compared with non-eroded analogs. The share of aggregates less than 1 mm reaches 76,8 % in the redeposited erosion sediments. There is also a decrease in humus content by an average of 1 %, in the composition of absorbed bases – calcium by 14 and magnesium by 2 smol(eq)/kg. Changes in the aggregate state and chemical properties of eroded soils contribute to the transformation of acid-base buffering. In Haplic Chernozems Endosalic buffer properties in the acid interval remain at the level of non-eroded analogs (buffer area is 29,3 cm<sup>2</sup> in eroded plots and 30,1 cm<sup>2</sup> in non-eroded plots) but decrease in the alkaline interval from 17,5 to 14,9 cm<sup>2</sup>. The Haplic Chernozems and Luvic Chernozems on average shows a decrease in buffering in both acid (from 22,2 to 10,2 cm<sup>2</sup>) and alkaline (from 25,1 to 18,5 cm<sup>2</sup>) ranges.*

**Ключевые слова:** химические свойства почв, чернозем, водная и ветровая эрозия, буферность

**Key words:** chemical properties of soils, chernozem, water and wind erosion, soil buffer capacity

Глобальное изменение климата оказывает значительное влияние на функционирование наземных экосистем, в том числе на почвенный покров. Показано, что с потеплением климата усиливается развитие водной и ветровой эрозии почв, при этом максимальные темпы

эрозионных процессов отмечаются в полусухих областях [1]. Эти процессы приводят к деградации почвенного покрова, нарушению экологических функций почв, что в конечном итоге создает угрозу наземным экосистемам, и приводит к ухудшению состояния окру-

\*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190102-3

жающей среды [2]. Наиболее подвержены эрозии пахотные почвы, в которых происходит разрушение агрономически ценных почвенных агрегатов, изменение гранулометрического состава и водоудерживающей способности, снижение содержания органического вещества и питательных элементов [3].

В почвенном покрове Республики Башкортостан также отмечается повышение интенсивности эрозионных процессов [4]. В целом природные условия региона при совокупном антропогенном влиянии создают предпосылки для развития водной и ветровой эрозии. Эрозии подвержено около 30 % площади республики, доля эродированных почв на пахотных землях достигает 60 % [5].

Кислотно-основная буферность – интегральный показатель агроэкологического состояния почвы [6, 7], а буферные свойства определяются агрегатным составом, гумусным состоянием и составом почвенно-поглощающего комплекса (ППК) [8].

Цель исследований – оценка изменения кислотно-основной буферности черноземных почв, подверженных водной и ветровой эрозии.

**Методика.** Работу проводили на землях, длительное время находящихся в сельскохозяйственном использовании. Участок № 1 расположен в Давлекановском районе республики (д. Раево: N 54.094430, E 55.172917) в Южной лесостепной зоне. Рельеф – возвышенно-равнинный и равнинно-увалистый, отмечается интенсивное проявление ветровой и водной эрозии, почвенный покров представлен черноземом типичным карбонатным.

Участок № 2 находится в Зиянчурином районе (с. Новые Чебенки: N 52.192896, E 56.340866) в Предуральской лесостепной зоне. Рельеф – равнинно-увалистый, проявление интенсивной водной и ветровой эрозии, почвенный покров – чернозем выщелоченный.

Участок № 3 расположен в Зилаирском районе (с. Ямансаз: N 52.288229, E 57.994213) в Зауральской степной зоне. Рельеф – равнинно-увалистый, интенсивное проявление ветровой и слабое – водной эрозии, почвенный покров – чернозем типичный (см. рисунок).

Почвенные образцы отбирали с поверхности гумусово-аккумулятивных горизонтов на участках, подверженных водной и ветровой эрозии, эрозионных перетолженных наносов и неэродированных аналогов. Химические и физико-химические свойства, а также агрегатный состав определяли принятыми в почвоведении

методами [9, 10]. Коэффициент устойчивости почв к эрозии рассчитывали согласно методике А. Кадамова, И.И. Икромова [11].

Для оценки буферной способности определяли буферную площадь (см<sup>2</sup>) в кислотно-основном интервале по формуле трапеции с использованием метода непрерывного потенциометрического титрования [6, 7, 12], результаты анализов обрабатывали статистическими методами: изменения в агрегатном составе эродированных почв, по сравнению с неэродированными аналогами – методом оценки разности средних по критерию Стьюдента, химические свойства почв – определением среднего значения и стандартной ошибкой среднего [9].

**Результаты и обсуждение.** Анализ агрегатного состояния показал, что в неэродированных почвах среднее содержание частиц размером более 1 мм и менее 1 мм в среднем составляет 50,2 и 49,8 % соответственно, при этом коэффициент устойчивости почв к эрозии изменяется в пределах 0,7...1,5. В почвах, подверженных водной и ветровой эрозии происходит снижение содержания агрегатов размером < 1 мм в среднем до 22,1 % (коэффициент устойчивости – 2,7...5,5), а в эрозионных наносах наоборот рост величины этого показателя в среднем до 76,8 % (коэффициент устойчивости – 0,1...0,4) (табл. 1). Такое изменение агрегатного состава эродированных почв и эрозионных наносов в целом характерно при развитии эрозионных явлений.

Процессы эрозии и переотложения почв также служат ключевым фактором транслокации и трансформации органического вещества почв [13]. Это объясняется тем, что при развитии эрозионных процессов из почвы в первую очередь вымывается или выдувается мелкозем с максимальным содержанием органического вещества и питательных элементов [14].

Анализ содержания гумуса в неэродированных почвах показал, что в черноземе типичном карбонатном (участок № 1) оно в среднем составляет 6,8 %, в черноземе выщелоченном (участок № 2) – 5,9 % и в черноземе типичном (участок № 3) – 6,3 %. В результате развития эрозионных процессов произошло снижение содержания органического вещества на 0,7, 0,7 и 1,6 % соответственно (табл. 2). В эрозионных наносах величины этого показателя были приближены к неэродированным почвам.

Содержание поглощенных оснований в составе ППК в изученных почвах участков в целом соответствует региональным особенностям и обусловлено их генезисом [15]. Количество поглощенного кальция в неэродированных вариантах почв на черноземе типичном карбонатном в среднем на 10 смоль(экв)/кг выше, по сравнению с черноземом выщелоченным, и на 4 смоль(экв)/кг выше, чем в черноземе типичном. Соответственно сужается соотношение содержания поглощенного кальция к магнию. При этом содержание поглощенного магния в составе ППК почв изученных участков стабильно и изменяется в пределах 4...10 смоль(экв)/кг. Во всех эродированных почвах содержание кальция в среднем снизилось на 14, магния – на 2 смоль(экв)/кг. В эрозионных наносах величины этих показателей близки к уровню неэродированных почв (см. табл. 2).

Соответственно генезису были закономерны и различия в реакции среды почв: слабо щелочная, около 7,7 ед. рН<sub>вол.</sub> в черноземе типичном карбонатном; нейтральная – 6,8 ед. в черноземе типичном и близкая к нейтральной – 6,5 ед. в черноземе выщелоченном. В эродированных почвах и эрозионных наносах изменения величины рН не отмечали.



**Рисунок. Объекты исследования**  
(участок № 1 – чернозем типичный карбонатный,  
участок № 2 – чернозем выщелоченный,  
участок № 3 – чернозем типичный).

Табл. 1. Агрегатный состав черноземов в зависимости от развития эрозионных процессов

| № точки, мощность пахотного горизонта или эрозионного наноса, характеристика |                                   | Содержание фракций при сухом просеивании, % |                    |                       | Коэффициент устойчивости |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                                                              |                                   | > 1 мм                                      | < 1 мм             | в том числе < 0,25 мм |                          |
| Участок № 1, Давлекановский район (с. Раево), чернозем типичный карбонатный  |                                   |                                             |                    |                       |                          |
| 1. Апах, 0...21 см, ветровая эрозия                                          |                                   | 77,7                                        | 22,3               | 19,9                  | 3,5                      |
| 2. Апах, 0...28 см, незэродированный                                         |                                   | 41,7                                        | 58,3               | 49,5                  | 0,7                      |
| 3. Эрозионный нанос, 0...19 см                                               |                                   | 11,9                                        | 88,1               | 61,7                  | 0,1                      |
| 4. Апах, 0...28 см, незэродированный                                         |                                   | 49,5                                        | 50,5               | 48,5                  | 1,0                      |
| 5. Апах, 0...28 см, незэродированный                                         |                                   | 46,6                                        | 53,4               | 29,6                  | 0,9                      |
| 6. Апах, 0...23 см, водная эрозия                                            |                                   | 75,9                                        | 24,1               | 20,6                  | 3,1                      |
| 7. Апах, 0...28 см, незэродированный                                         |                                   | 57,5                                        | 42,5               | 32,2                  | 1,4                      |
| 8. Апах, 0...28 см, незэродированный                                         |                                   | 49,8                                        | 50,2               | 43,4                  | 1,0                      |
| 9. Апах, 0...28 см, водная эрозия                                            |                                   | 73,1                                        | 26,9               | 23,2                  | 2,7                      |
| 10. Апах, 0...28 см, незэродированный                                        |                                   | 45,2                                        | 54,8               | 49,4                  | 0,8                      |
| Участок № 2, Зианчуринский район (с. Новые Чебенки), чернозем выщелоченный   |                                   |                                             |                    |                       |                          |
| 11. Апах, 0...28 см, незэродированный                                        |                                   | 48,9                                        | 51,1               | 28,4                  | 1,0                      |
| 12. Апах, 0...17 см, водная эрозия                                           |                                   | 78,3                                        | 21,7               | 6,5                   | 3,6                      |
| 13. Апах, 0...28 см, незэродированный                                        |                                   | 45,3                                        | 54,7               | 28,3                  | 0,8                      |
| 14. Эрозионный нанос, 0...4 см                                               |                                   | 23,7                                        | 76,3               | 31,6                  | 0,3                      |
| 15. Апах, 0...28 см, незэродированный                                        |                                   | 58,2                                        | 41,8               | 20,9                  | 1,4                      |
| Участок № 3, Зилаирский район (с. Ямансаз), чернозем типичный                |                                   |                                             |                    |                       |                          |
| 16. Эрозионный нанос, 0...12 см                                              |                                   | 21,3                                        | 78,7               | 48,2                  | 0,3                      |
| 17. Апах, 0...20 см, незэродированный                                        |                                   | 45,7                                        | 54,3               | 10,8                  | 0,8                      |
| 18. Апах, 0...18 см, водная эрозия                                           |                                   | 84,5                                        | 15,5               | 0,7                   | 5,5                      |
| 19. Апах, 0...20 см, незэродированный                                        |                                   | 47,3                                        | 52,7               | 34,1                  | 0,9                      |
| 20. Апах, 0...20 см, незэродированный                                        |                                   | 56,3                                        | 43,7               | 18,4                  | 1,3                      |
| 21. Эрозионный нанос, 0...3 см                                               |                                   | 28,2                                        | 71,8               | 39,3                  | 0,4                      |
| 22. Апах, 0...20 см, незэродированный                                        |                                   | 60,2                                        | 39,8               | 27,6                  | 1,5                      |
| 23. Эрозионный нанос, 0...1 см                                               |                                   | 30,9                                        | 69,1               | 46,6                  | 0,4                      |
| Оценка разности средних по критерию Стьюдента (p=0,95)                       | незэродированные/эродированные    | d=10,67 > tst=2,1                           | td=11,11 > tst=2,1 | td=3,21 >tst=2,1      | td=5,59 > tst=2,1        |
|                                                                              | незэродированные/эрозионный нанос | td=7,32 > tst=2,1                           | td=7,34 > tst=2,1  | td=2,16 >tst=2,1      | td=8,07 > tst=2,1        |

Кислотно-основное состояние почв (кислотно-основная буферность) обуславливает многочисленные особенности поведения химических элементов в почве, связанные с режимом органического вещества, элементами минерального питания и их подвижностью, агрегатным составом [6, 7].

Площадь буферности всех почвенных образцов чернозема типичного карбонатного в кислотном интервале превышала величину этого показателя в щелочном интервале в 1,3...2,0 раза (см. табл. 2). Более значимое влияние эрозионных процессов на буферную способность почвы, относительно незэродированных аналогов, отмечено в щелочном интервале. Такая устойчивость к протонированию этого типа почвы закономерна для всех черноземов, образующихся на карбонатных почвообразующих породах [12].

Черноземы типичные, по сравнению с другими подтипами черноземов региона, стабильно устойчивы

против подкисления и подщелачивания [8]. В незэродированных почвах этого типа площадь буферности в кислотном интервале больше, чем в щелочном, на 5...10 см<sup>2</sup>. В более ранних наших исследованиях буферной способности эродированных зональных типов черноземных почв региона показано, что при сельскохозяйственном использовании с ростом эродированности почв это соотношение может меняться на противоположное [8]. Так, в черноземе типичном в условиях сильно эродированного участка (точка № 18) буферная площадь в кислотном интервале была в 2 раза меньше, чем в щелочном (см. табл. 2). Кроме того, в этой точке выявлено минимальное количество поглощенного кальция – 9 смоль(экв)/кг против 35...38 смоль(экв)/кг на незэродированных участках, а реакция среды почвы уменьшилась на одну единицу pH. Такие физико-химические изменения, вероятно, выступают следствием вымывания мелкозема, снижения мощности гумусо-

Табл. 2. Химические свойства черноземов в зависимости от развития эрозионных процессов

| № точки, мощность пахотного горизонта<br>или эрозионного наноса, характеристика              | pH <sub>вод</sub> | Гумус   | Ca <sup>2+</sup>    | Mg <sup>2+</sup> | Площадь<br>буферности, см² |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|---------------------|------------------|----------------------------|----------|
|                                                                                              |                   | %       | смоль(экв)/кг почвы |                  | Sk*                        | Щ*       |
| Участок № 1, Давлекановский район (с. Раево), чернозем типичный карбонатный                  |                   |         |                     |                  |                            |          |
| 1. Апах, 0...21 см, ветровая эрозия                                                          | 7,3±0,2           | 5,8±0,2 | 32±2                | 4±1              | 31,7±2,7                   | 12,5±2,3 |
| 2. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                         | 7,7±0,3           | 7,0±0,3 | 42±2                | 4±1              | 29,6±2,9                   | 15,7±1,5 |
| 3. Эрозионный нанос, 0...19 см                                                               | 7,9±0,2           | 7,0±0,3 | 46±3                | 5±2              | 33,8±1,8                   | 16,0±3,1 |
| 4. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                         | 7,8±0,1           | 7,2±0,2 | 39±2                | 6±1              | 33,2±1,7                   | 14,3±2,1 |
| 5. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                         | 7,4±0,2           | 7,3±0,4 | 36±1                | 5±1              | 24,9±2,3                   | 18,2±2,2 |
| 6. Апах, 0...23 см, водная эрозия                                                            | 7,8±0,3           | 6,0±0,2 | 32±3                | 4±1              | 26,3±3,4                   | 13,7±2,7 |
| 7. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                         | 7,2±0,2           | 6,5±0,3 | 37±2                | 5±1              | 25,5±2,4                   | 21,5±1,6 |
| 8. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                         | 7,9±0,1           | 6,8±0,1 | 37±2                | 4±1              | 33,0±1,6                   | 19,3±1,8 |
| 9. Апах, 0...28 см, водная эрозия                                                            | 7,8±0,2           | 6,6±0,2 | 19±4                | 5±2              | 30,0±3,9                   | 18,4±2,5 |
| 10. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                        | 7,8±0,3           | 5,8±0,3 | 30±2                | 4±1              | 34,5±2,1                   | 15,9±1,6 |
| Участок № 2, Зианчуринский район (с. Новые Чебенки), чернозем выщелоченный                   |                   |         |                     |                  |                            |          |
| 11. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                        | 6,6±0,3           | 6,1±0,2 | 26±2                | 10±1             | 18,3±1,8                   | 23,0±2,0 |
| 12. Апах, 0...17 см, водная эрозия                                                           | 6,4±0,2           | 5,2±0,2 | 20±3                | 5±2              | 12,6±2,6                   | 20,5±3,1 |
| 13. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                        | 6,5±0,2           | 5,0±0,3 | 21±2                | 9±1              | 24,2±2,1                   | 24,7±2,4 |
| 14. Эрозионный нанос, 0...4 см                                                               | 6,6±0,3           | 4,4±0,4 | 15±4                | 6±2              | 10,8±2,7                   | 11,4±2,9 |
| 15. Апах, 0...28 см, незэродированный                                                        | 7,0±0,4           | 6,6±0,4 | 36±1                | 6±1              | 28,4±1,4                   | 18,9±2,4 |
| Участок № 3, Зилаирский район (с. Ямансаз), чернозем типичный                                |                   |         |                     |                  |                            |          |
| 16. Эрозионный нанос, 0...12 см                                                              | 7,0±0,3           | 6,0±0,2 | 34±2                | 9±2              | 26,4±3,6                   | 25,1±3,0 |
| 17. Апах, 0...20 см, незэродированный                                                        | 6,9±0,3           | 6,6±0,1 | 35±2                | 10±2             | 23,1±2,2                   | 24,6±2,1 |
| 18. Апах, 0...18 см, водная эрозия                                                           | 5,6±0,2           | 4,7±0,3 | 9±3                 | 5±2              | 7,7±2,9                    | 16,5±3,3 |
| 19. Апах, 0...20 см, незэродированный                                                        | 6,8±0,2           | 6,4±0,2 | 34±1                | 8±1              | 21,9±2,1                   | 22,7±2,4 |
| 20. Апах, 0...20 см, незэродированный                                                        | 5,5±0,3           | 6,2±0,3 | 24±2                | 9±1              | 15,2±1,8                   | 34,5±2,3 |
| 21. Эрозионный нанос, 0...3 см                                                               | 6,8±0,1           | 5,9±0,2 | 37±4                | 7±2              | 25,9±3,1                   | 24,9±3,1 |
| 22. Апах, 0...20 см, незэродированный                                                        | 6,7±0,1           | 5,9±0,3 | 38±1                | 7±1              | 22,8±2,0                   | 30,0±2,4 |
| 23. Эрозионный нанос, 0...1 см                                                               | 6,6±0,2           | 6,2±0,1 | 34±3                | 9±2              | 23,7±3,4                   | 26,0±2,8 |
| *Sk – площадь буферности в кислотном интервале, Щ – площадь буферности в щелочном интервале. |                   |         |                     |                  |                            |          |

во-аккумулятивного горизонта, постепенного выхода на дневную поверхность почвообразующей породы с последующим вертикальным вымыванием карбонатов, а, следовательно, и кальцийсодержащих гумусовых соединений. Более кислую реакцию среды могли создать разложившиеся щебни охристо-глинистых сланцев.

Площадь буферности чернозема выщелоченного варьирует. Например, в точке 11 она в щелочном интервале превышает величину этого показателя в кислотном интервале на 4,7 см<sup>2</sup>, в точке 13 – площади буферности равны, а в точке 15 – площадь в кислотном интервале выше, чем в щелочном, на 9,5 см<sup>2</sup>. В то же время буферная способность на эродированном участке и в эрозионном наносе снизилась как в кислотном, так и в щелочном интервале примерно в 1,5 раза.

Все физико-химические процессы обмена катио-

нов в ППК, определяющие общую буферную способность почвы, зависят от соотношения содержания в почве обменного кальция и магния, общего гумуса и ее коллоидной части [6, 7], которые в первую очередь испытывают отрицательное воздействие эрозионных процессов [16], вероятно, поэтому в эродированных почвах и эрозионных наносах обнаружены тесные положительные коррелятивные связи между буферной способностью к подкислению и содержанием общего гумуса ( $r = 0,91$ ), обменного кальция ( $r = 0,80$ ) и величиной pH ( $r = 0,88$ ). В этих же почвах и наносах буферность в щелочном интервале тесно коррелирует с содержанием поглощенного магния ( $r = 0,81$ ).

В незэродированных почвах корреляционная связь в кислотном интервале отсутствовала или была слабо выраженной для гумуса ( $r = 0,30$ ) и поглощенного каль-

ция ( $r = 0,52$ ), а в щелочном интервале отмечалась для поглощенного магния ( $r = 0,67$ ), при этом связь буферности в кислотном интервале с поглощенным магнием оказалась отрицательной ( $r = -0,79$ ). Предположительно, это объясняется усилением процесса образования кальциево-гумусовых соединений в результате уменьшения кислотности почв в условиях изначально большей подвижности магния и способностью перемещения его соединений по профилю почвы, которая усиливается при развитии эрозионных процессов.

В составе агрегатов размером менее 1 мм наиболее подвержены выдуванию и вымыванию отдельности размером менее 0,25 мм [17, 18]. Для эродированных почв и наносов отмечена положительная корреляционная связь между содержанием микроагрегатов ( $< 0,25$  мм) и гумуса ( $r = 0,61$ ), а также поглощенного кальция ( $r = 0,79$ ) и магния ( $r = 0,56$ ). Это позволяет предположить, что вместе с мелкоземом в составе гумуса выносятся фракции органического вещества, связанные с кальцием и магнием. Соответственно, отмечена положительная корреляционная связь между микроагрегатным составом и буферностью почвы как в кислотном ( $r = 0,59$ ), так и в щелочном ( $r = 0,71$ ) интервале.

Таким образом, в результате развития водной и ветровой эрозии в черноземных почвах отмечены изменения агрегатного состава, трансформация почвенно-поглощающего комплекса и снижение содержания гумуса, что в конечном итоге приводит к изменению кислотно-основной буферности.

У эродированного чернозема типичного карбонатного буферные свойства в кислотном интервале сохраняются на уровне незеродированных аналогов, но снижаются в щелочном интервале. У чернозема типичного и выщелоченного отмечается уменьшение буферности как в кислотном, так и в щелочном интервале.

#### Литература.

1. Ma X., Zhao C., Zhu J. Aggravated risk of soil erosion with global warming – A global meta-analysis // *Catena*. 2021. Vol. 200. P. 105129.
2. Examining the soil erosion responses to ecological restoration programs and landscape drivers: A spatial econometric perspective / C. Jiang, L. Zhao, J. Dai, et al. // *J. Arid Environ.* 2020. Vol. 183. P. 104255.
3. Tillage-induced surface soil roughness controls the chemistry and physics of eroded particles at early erosion stage / T. Hou, T.R. Filley, Y. Tong, et al. // *Soil Tillage Res.* 2021. Vol. 207. P. 104807.
4. Изменение эродированных почв во времени в зависимости от их сельскохозяйственного использования в Южном Предуралье / И.М. Габбасова, Р.Р. Сулейманов, И.К. Хабиров и др. // *Почвоведение*. 2016. № 10. С. 1277–1283.
5. Хазиев Ф.Х. Экология почв Башкортостана. Уфа: Гилем, 2012. 311 с.
6. Надточий П.П. Кислотно-основная буферность – критерий агроэкологического состояния почв // *Почвоведение*. 1998. № 10. С. 18–24.
7. Надточий П.П., Мыслыва Т.Н. Эталонные величины кислотно-основной буферности дерново-подзолистых почв для фонового мониторинга // *Агрохимия*. 2014. № 3. С. 83–89.
8. Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т. Кислотно-основная буферность типичных и выщелоченных черноземов Предуралья при различной степени их эродированности // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2016. № 12. С. 23–27.
9. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
10. Теории и методы физики почв / Под. ред. Е.В. Шейна и Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.
11. Кадамов А., Икрамов И.И. Интенсивность проявления ветровой эрозии в верховьях Ишкашимского района ГБАО // *Кишоварз*. 2014. № 4. С. 91–94.
12. Назырова Ф.И. Влияние удобрений на буферные свойства чернозема типичного карбонатного // *Агрохимия*. 2002. № 2. С. 5–12.
13. Aggregate-associated soil organic carbon dynamics as affected by erosion and deposition along contrasting hillslopes in the Chinese Corn Belt / Y. Zhu, D. Wang, X. Wang, et al. // *Catena*. 2021. Vol. 199. P. 105106.
14. Кирюхина З.П., Пацукевич З.В. Эрозионная деградация почвенного покрова России // *Почвоведение*. 2004. № 6. С. 752–758.
15. Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика / Под ред. Ф.Х. Хазиева. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.
16. Петелько А.И. Влияние водной эрозии на агрохимические и физические свойства почв // *Агрохимический вестник*. 2007. № 5. С. 5–7.
17. Influence of wind erosion on dry aggregate size distribution and nutrients in three steppe soils in northern China / Y. Yan, X. Wang, Z. Guo, et al. // *Catena*. 2018. Vol. 170. P. 159–168.
18. Impact of soil water erosion processes on catchment export of soil aggregates and associated SOC / S. Wei, X. Zhang, N. B. McLaughlin, et al. // *Geoderma*. 2017. Vol. 294. P. 63–69.

Поступила в редакцию 09.02.2021

После доработки 23.06.2021

Принята к публикации 13.08.2021

# РОСТ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ РОСТСТИМУЛИРУЮЩЕЙ РИЗОСФЕРНОЙ БАКТЕРИИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НИКЕЛЕМ\*

**В.П. Шабаев**, доктор биологических наук  
**В.Е. Остроумов**, старший научный сотрудник

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
142290, Пушкино, Московская обл., ул. Институтская, 2  
E-mail: VPSH@rambler.ru

В вегетационном опыте изучено влияние стимулирующей рост растений ризосферной бактерии *Pseudomonas fluorescens* 20 на урожай яровой пшеницы при искусственном загрязнении агросерой почвы водорастворимым соединением никеля. Растения выращивали до фазы выхода в трубку на фоне внесения NPK-удобрений и  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  из расчета 300 мг Ni/kg почвы, что значительно превышает предельно допустимую концентрацию элемента в почве. Изучали химический состав растений, а также вынос из почвы никеля и питательных элементов вегетативной массой и корнями. Содержание Ni и других зольных элементов определяли методами эмиссионно-оптической спектроскопии индуктивно-связанной плазмы и пламенной фотометрии после мокрого озоления растительного материала. Содержание азота в растениях устанавливали феноловым методом. При внесении бактерии устойчивость растений к токсическому действию тяжелого металла возрастала, что выражалось в увеличении массы вегетативных органов и корней в загрязненных условиях. Одновременно улучшалось минеральное питание яровой пшеницы, которое сопровождалось увеличением выноса питательных элементов из почвы растениями, что, вероятно, обусловлено их ответной протекторной реакцией на загрязнение почвы Ni. Это происходило вследствие стимуляции роста инокулированных бактериями растений, в целом без значимых изменений содержания элементов в вегетативной массе и корнях. Использование бактерии усиливало процесс фитоэкстракции (очистки почвы от тяжелого металла) и вынос никеля корнями без значимых изменений его концентрации в вегетативной массе и корнях. Корни аккумулировали на порядок больше металла, чем вегетативная масса. Загрязнение почвы Ni, независимо от бактериальной инокуляции, увеличивало содержание Mg и ряда других питательных элементов в вегетативной массе и корнях растений.

## GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF SPRING WHEAT UNDER APPLICATION OF PLANT GROTH-PROMOTING RHIZOBACTERIUM IN CONDITIONS OF SOIL CONTAMINATION WITH NICKEL

Shabayev V.P., Ostroumov V.E.

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences,  
142290, Pushchino, Moskovskaya obl., ul. Institutskaya, 2  
E-mail: VPSH@rambler.ru

Influence of plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas fluorescens* 20 on the yield of spring wheat under artificial contamination of agro-gray soil with a water-soluble nickel compound was studied in pot experiment. Plants were grown up to the booting stage against the background of NPK fertilizers and  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  at the rate of 300 mg Ni/kg soil, significantly exceeding the maximum permissible concentration of the element in soil. Elemental chemical composition of plants and uptake of nickel and nutrients from soil by shoots and roots were studied. Concentration of Ni and other ash elements, except potassium in shoots and roots were determined respectively by the methods of emission-optical spectroscopy of inductively coupled plasma and flame photometry after wet combustion of plant material. N content in plants was determined by phenol method. Increase in plant resistance to toxic effect of heavy metal, which was expressed in increase in the mass of shoots and roots in contaminated conditions was found when applied bacterium. Under inoculation with bacterium improvement in mineral nutrition of spring wheat – increase in nutrient uptake from soil by plants, which was probably due to their response to soil contamination with Ni was established. This was due to growth promotion of bacterially-inoculated plants, in general, without significant changes in content of elements in shoots and roots. Application of bacterium increased Ni uptake by shoots from soil – it enhanced the process of phytoextraction (cleaning soil from heavy metal) and element uptake by roots without significant changes in its concentration in shoots and roots. An order of magnitude more metal was accumulated in roots than in shoots. Soil contamination with Ni, regardless of bacterial inoculation, increased the content of Mg and a number of other nutrients in shoots and roots of plants.

**Ключевые слова:** *Pseudomonas fluorescens* 20, *Triticum aestivum* L.,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , агросерая почва, химический состав растений

**Key words:** *Pseudomonas fluorescens* 20, *Triticum aestivum* L.,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , agrogray soil, chemical composition of plants

Основные антропогенные источники загрязнения биосферы Ni – сжигание топлива, поступление из разных отраслей промышленности, осадки сточных вод и свалки. В сельском хозяйстве источником загрязнения почвы Ni могут быть минеральные и органические удобрения, а также средства защиты растений. При повы-

шенном содержании Ni в почве происходит угнетение роста и развития растений, снижается содержание хлорофилла в листьях [1]. В качестве одной из стратегий ремедиации загрязненных тяжелыми металлами почв многие исследователи рассматривают возможность использования стимулирующих рост растений ризосфер-

\*Работа выполнена в рамках госзадания Физико-химические и биогеохимические процессы в антропогенно измененных почвах AAA-A-18-118013190180-9 и AAA-A-18-118013190181-6.

Авторы благодарят ЦКП ИФХиБПП РАН за определение зольных элементов в растворах.

ных бактерий (PGPR) [2, 3, 4]. При этом особое внимание из-за широкой распространенности и наличия совокупности полезных для растений свойств уделяют представителям рода *Pseudomonas* [5]. Биопрепараты, включающие бактерии этого рода, наиболее эффективно улучшали такие ростовые показатели различных сельскохозяйственных культур, как высота, биомасса и созревание [6]. Использование PGPR [7], в том числе бактерий *Pseudomonas* [3, 8, 9], существенно уменьшало фитотоксичность Ni и повышало устойчивость растений к токсическому действию этого тяжелого металла. Инокуляция ростостимулирующими бактериями рода *Pseudomonas* способствовала значительному уменьшению поступления свинца и кадмия из загрязненной агросерой почвы в вегетативную массу ячменя на ранних стадиях онтогенеза, повышая устойчивость растений к токсическому действию тяжелых металлов [10, 11]. Стимулирование роста сельскохозяйственных культур при использовании бактерий рода *Pseudomonas* происходило, в том числе, вследствие улучшения минерального питания культур [12, 13]. Влияние ростостимулирующих ризосферных бактерий на минеральное питание растений при загрязнении почвы тяжелыми металлами, том числе Ni, изучено недостаточно.

Цель исследований – определение влияния ростостимулирующей ризосферной бактерии *P. fluorescens* 20 на рост яровой пшеницы и элементный химический состав растений, включая содержание в них Ni, при загрязнении почвы тяжелым металлом.

**Методика.** Работу проводили в 2021 г. при выращивании яровой пшеницы (*T. aestivum* L.), сорта Злата (Московский НИИСХ «Немчиновка») в вегетационном опыте в оранжерее при искусственном загрязнении почвы водорастворимым соединением Ni. В сосудах диаметром 10 см и высотой 11 см, наполненных 800 г почвы, выращивали по 10 растений до фазы выхода в трубку в течение 26 дней. Изучали влияние 20-го штамма бактерии *P. fluorescens* на рост и элементный химический состав растений, в том числе содержание в них Ni. Схема опыта предусматривала следующие варианты: без загрязнения почвы Ni и инокуляции бактерией (контроль); загрязнение почвы Ni без инокуляции бактерией; загрязнение почвы Ni с инокуляцией бактерией. Использовали пахотную, среднесуглинистую агросерую почву (Luvisol) из слоя 0...20 см, на которой в предшествующий год выращивали ячмень. Химически чистую соль  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$  вносили за 10 дней до посева семян из расчета 300 мг Ni/кг в виде раствора, равномерно перемешивая его со всем объемом почвы в сосуде. Такая доза Ni превышает предельно допустимую концентрацию тяжелого металла в почве в валовой форме более, чем в 3,5 раза, в подвижной форме, содержание которой в исходной почве находилось на «следовом» уровне, – в 75 раз. Минеральные удобрения вносили из расчета по 100 мг действующего вещества азота, фосфора и калия на 1 кг почвы соответственно в виде азотнокислого аммония, двухзамещенного фосфорнокислого калия и сернокислого калия. При посеве пророщенные семена инокулировали водной суспензией бактерии из расчета  $10^8$  клеток на растение. В варианте без инокуляции семена обрабатывали аналогичным образом адекватным количеством автоклавированной бактериальной суспензии. Влажность почвы в сосудах в течение вегетационного периода поддерживали поливами на уровне не ниже 60 % ПВ. Повторность опыта пятикратная.

После окончания выращивания (в фазе выхода в трубку) вегетативную массу (листья и стебли) и корни

растений высушивали при 70 °C и взвешивали. Корни отмывали от почвы водопроводной, а затем дистиллированной водой. Растительный материал (0,5 г) после сжигания в смеси концентрированных кислот  $HNO_3 : HClO_4$  (2 : 1) анализировали на содержание Ni и других зольных элементов. Содержание валового азота определяли феноловым методом после сжигания растительного материала (0,1 г) в разбавленной серной кислоте (1 : 2) с катализатором ( $K_2SO_4 : Zn : Se : CuSO_4 \cdot 4H_2O = 100 : 24 : 2 : 0,2$ ). Концентрацию Ni и других зольных элементов (кроме калия) в растворах определяли методом эмиссионно-оптической спектроскопии индуктивно-связанной плазмы на спектрометре ICP OES Optima 5300 DV (США). Калий определяли методом пламенной фотометрии на пламенном фотометре BWB XP (Великобритания). Статистическую обработку данных проводили с использованием функций MS Excel 2010. Нормальность распределений определяли по критерию Пирсона. Для оценки погрешности вычисляли стандартные отклонения от среднего, а для оценки достоверности различий концентрации элементов в пробах использовали t-тест Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** При загрязнении почвы Ni происходило значительное ингибирование роста яровой пшеницы (табл. 1). Это выражалось в формировании вдвое меньшей массы вегетативных органов и целых растений к фазе выхода в трубку, относительно контроля – варианта без загрязнения тяжелым металлом и бактериальной инокуляции. Масса корней в условиях Ni стресса так же уменьшилась более чем вдвое. Использование бактерии *P. fluorescens* 20 значительно снижало токсическое действие тяжелого металла на растения. При внесении бактерии вегетативная масса растений, подвергнутых Ni стрессу, была в 1,5 раза больше, чем в варианте с загрязнением почвы без инокуляции. Одновременно улучшался рост корневой системы. Масса корней растений в почве, загрязненной тяжелым металлом, при инокуляции *P. fluorescens* 20 увеличилась на 70 %. Вегетативная масса при использовании бактерии достигала 82 % от уровня контроля, масса корней – 68 %.

Инокуляция *P. fluorescens* 20 не оказала существенного влияния на содержание Ni в вегетативной массе и корнях (см. табл. 1). При этом в корнях его концентрация была в десятки раз больше, чем в надземной части растений. Внесение бактерии увеличивало вынос Ni (в мкг/сосуд) вегетативной массой растений и корнями из загрязненной тяжелым металлом почвы в 1,7...1,8

Табл. 1. Масса растений и содержание Ni в растениях при загрязнении почвы и внесении бактерии

| Вариант                                 | Масса растений (сухое вещество) |       |                | Содержание Ni             |                   |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-------|----------------|---------------------------|-------------------|
|                                         | вегетативная масса              | корни | целое растение | вегетативная масса, мг/кг | корни, %          |
|                                         | г/сосуд                         |       |                |                           |                   |
| Без Ni и инокуляции бактерий (контроль) | 2,44                            | 1,08  | 3,52           | 8a*                       | 0,02 <sup>a</sup> |
| Ni без инокуляции бактерий              | 1,20                            | 0,43  | 1,63           | 254 <sup>b</sup>          | 1,21 <sup>b</sup> |
| Ni + <i>P. fluorescens</i> 20           | 2,00                            | 0,73  | 2,73           | 265 <sup>b</sup>          | 1,27 <sup>b</sup> |
| НСР <sub>05</sub>                       | 0,37                            | 0,12  | 0,60           |                           |                   |

\*величины, обозначенные разными буквами, отличаются между собой при уровне значимости 5 %.



**Табл. 2. Вынос Ni растениями при загрязнении почвы и внесении бактерии**

| Вариант                                  | Вегетативная масса, мкг/сосуд | Корни, мкг/сосуд | Целое растение |                     |
|------------------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|---------------------|
|                                          |                               |                  | мкг/сосуд      | % от внесенной дозы |
| Без Ni и инокуляции бактерией (контроль) | 20                            | 216              | 236            | —                   |
| Ni без инокуляции бактерией              | 305                           | 5203             | 5508           | 1,9                 |
| Ni + <i>P. fluorescens</i> 20            | 530                           | 9271             | 9801           | 3,3                 |
| HCP <sub>05</sub>                        | 60                            | 1711             | 1805           |                     |

раза (табл. 2). Доля Ni в суммарной массе растений по вариантам опыта составляла 1,9...3,3 % от внесенного количества, увеличиваясь при инокуляции бактерией.

Инокуляция бактерией на фоне загрязнения почвы Ni не оказала значительного влияния на содержание всех изученных макро- и микроэлементов в вегетативных органах и корнях растений, по сравнению с вариантом без бактерии в загрязненных условиях (табл. 3). Относительно контрольного варианта, при загрязнении почвы Ni содержание Mg в вегетативной массе возросло в 3,2...3,3 раза, Zn – в 2,1, Cu – в 1,8...1,9, P – в 1,5, Mn – в 1,3...1,4 раза, количество Ca в вегетативной массе в загрязненных условиях уменьшилось в 2,4...2,5 раза.

В корнях, как и в вегетативных органах растений, на загрязненной Ni почве, установлено значительное (в 2,1 раза) увеличение содержания Mg, по сравнению с контролем. При этом, в отличие от надземной части растений, в том числе с внесением бактерий, обнаружено повышение концентрации Ca более чем втрое. Кроме того, в корнях при загрязнении Ni более значительно (в 1,7...1,8 раза), чем в вегетативных органах, увеличивалось содержание Fe, а P, Zn и Cu – изменялось менее существенно, Mn – возрастала примерно в такой же степени, как и в вегетативных органах. Под влиянием загрязнения Ni концентрация K, как в корнях, так и в вегетативной массе по всем вариантам опыта изменялась незначительно. При загрязнении Ni независимо от бактериальной инокуляции установлено

лишь некоторое изменение содержания азота в надземной части растений, при незначительном уменьшении величины этого показателя в корнях после инокуляции, относительно контрольного варианта.

Использование *P. fluorescens* 20 в условиях Ni стресса увеличивало вынос всех изученных питательных элементов из почвы, относительно варианта без инокуляции, вегетативными органами растений в 1,7...2,0 раза, корнями – в 1,3...2,2 раза (табл. 4). Загрязнение почвы Ni без инокуляции бактериями, напротив, значительно уменьшило вынос вегетативной массой растений, по сравнению с контролем, большинства элементов, за исключением Mg, Zn и Cu. При этом количество Mg в растениях увеличилось примерно в 1,5 раза, а Zn и Cu – не изменилось. С корнями уменьшился вынос всех элементов (за исключением Ca).

Использование бактерии *P. fluorescens* 20 при внесении водорастворимого соединения Ni в агросеру почву значительно уменьшило токсическое действие тяжелого металла на растения яровой пшеницы в фазе трубкования. При этом установлена стимуляция их роста и увеличение массы вегетативных органов и корней в загрязненных условиях.

Известно, что инокуляты, состоящие из бактерий рода *Pseudomonas*, обеспечивали увеличение массы растений нута в вегетационном опыте при концентрации 2 mM Ni [14] и значительно повышали массу горчицы сарептской (*Brassica juncea*) при выращивании на загрязненной Ni почве [15]. Ранее в результате проведения вегетационных опытов было установлено, что при загрязнении агросерой почвы соединениями Pb и Cd внесение ростстимулирующих бактерий рода *Pseudomonas* полностью устраняло токсическое действие тяжелых металлов на растения ячменя [10, 11]. При этом их масса была такой же, как и у выращенных без загрязнения почвы тяжелыми металлами [10, 11]. В нашем опыте инокуляция бактериями при загрязнении агросерой почвы Ni, несмотря на значительное уменьшение негативного действия тяжелого металла на растения яровой пшеницы не устраняла его полностью. Вероятно, это было связано с использованием высокой дозы Ni, а также с большей чувствительностью к тяжелым металлам яровой пшеницы, по сравнению с ячменем, который, как известно, относится к числу видов устойчивых к токсическому действию Cd [16]

**Табл. 3. Содержание питательных элементов в растениях при загрязнении почвы Ni и внесении бактерии**

| Вариант                                                                                      | N                | P                | K                | Ca               | Mg                | Fe*              | Mn               | Zn               | Cu               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                                                                              | %                |                  |                  |                  | мкг/кг            |                  |                  |                  |                  |
| Вегетативная масса                                                                           |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |
| Без Ni и инокуляции бактерий (контроль)                                                      | 3,9**            | 0,4 <sup>a</sup> | 0,4 <sup>a</sup> | 0,5 <sup>a</sup> | 215 <sup>a</sup>  | 159 <sup>a</sup> | 42 <sup>a</sup>  | 22 <sup>a</sup>  | 12 <sup>a</sup>  |
| Ni без инокуляции бактерий                                                                   | 4,1 <sup>a</sup> | 0,6 <sup>b</sup> | 0,4 <sup>a</sup> | 0,2 <sup>b</sup> | 685 <sup>b</sup>  | 180 <sup>b</sup> | 54 <sup>b</sup>  | 45 <sup>b</sup>  | 22 <sup>b</sup>  |
| Ni + <i>P. fluorescens</i> 20                                                                | 4,1 <sup>a</sup> | 0,6 <sup>b</sup> | 0,4 <sup>a</sup> | 0,2 <sup>b</sup> | 710 <sup>b</sup>  | 179 <sup>b</sup> | 57 <sup>b</sup>  | 45 <sup>b</sup>  | 23 <sup>b</sup>  |
| Корни                                                                                        |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |
| Без Ni и инокуляции бактерий (контроль)                                                      | 3,1 <sup>a</sup> | 0,7 <sup>a</sup> | 2,1 <sup>a</sup> | 0,5 <sup>a</sup> | 663 <sup>a</sup>  | 0,2 <sup>a</sup> | 277 <sup>a</sup> | 89 <sup>a</sup>  | 144 <sup>a</sup> |
| Ni без инокуляции бактерий                                                                   | 3,1 <sup>a</sup> | 0,7 <sup>a</sup> | 2,1 <sup>a</sup> | 1,7 <sup>b</sup> | 1380 <sup>b</sup> | 0,4 <sup>b</sup> | 333 <sup>b</sup> | 103 <sup>b</sup> | 144 <sup>a</sup> |
| Ni + <i>P. fluorescens</i> 20                                                                | 2,6 <sup>a</sup> | 0,6 <sup>a</sup> | 2,0 <sup>a</sup> | 1,7 <sup>b</sup> | 1380 <sup>b</sup> | 0,4 <sup>b</sup> | 420 <sup>b</sup> | 99 <sup>b</sup>  | 162 <sup>b</sup> |
| *содержание Fe в корнях дано в %;                                                            |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |
| **величины, обозначенные разными буквами, различаются между собой при уровне значимости 5 %. |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |                  |                  |

\*содержание Fe в корнях дано в %;

\*\*величины, обозначенные разными буквами, различаются между собой при уровне значимости 5 %.



Табл. 4. Вынос питательных элементов растениями при загрязнении почвы Ni и внесении бактерий

| Вариант                                  | N        | P  | K  | Ca | Mg        | Fe   | Mn  | Zn | Cu  |
|------------------------------------------|----------|----|----|----|-----------|------|-----|----|-----|
|                                          | мг/сосуд |    |    |    | мкг/сосуд |      |     |    |     |
| Вегетативная масса                       |          |    |    |    |           |      |     |    |     |
| Без Ni и инокуляции бактерией (контроль) | 95       | 10 | 10 | 12 | 525       | 388  | 103 | 54 | 29  |
| Ni без инокуляции бактерией              | 49       | 7  | 4  | 2  | 822       | 216  | 65  | 54 | 26  |
| Ni + <i>P. fluorescens</i> 20            | 82       | 12 | 8  | 4  | 1420      | 358  | 114 | 90 | 46  |
| HCP <sub>05</sub>                        | 8        | 2  | 2  | 1  | 132       | 66   | 32  | 11 | 3   |
| Корни                                    |          |    |    |    |           |      |     |    |     |
| Без Ni и инокуляции бактерией (контроль) | 34       | 6  | 23 | 6  | 716       | 2497 | 299 | 96 | 155 |
| Ni без инокуляции бактерией              | 13       | 3  | 12 | 7  | 593       | 1690 | 143 | 44 | 62  |
| Ni + <i>P. fluorescens</i> 20            | 19       | 4  | 15 | 12 | 1007      | 3635 | 268 | 72 | 118 |
| HCP <sub>05</sub>                        | 5        | 1  | 3  | 1  | 103       | 624  | 90  | 10 | 36  |

Положительное влияние испытанной бактерии на рост растений в условиях загрязнения почвы Ni и повышение их устойчивости к токсическому действию тяжелого металла при внесении бактерии, можно объяснить увеличением накопления питательных элементов в вегетативной массе и корнях инокулированных растений и, следовательно, улучшением их минерального питания. Микробы, ассоциированные с растениями, могут стимулировать их рост, оказывая положительное влияние на минеральное питание растений, в том числе в присутствии тяжелых металлов [4, 10, 11]. Вынос питательных элементов и Ni вегетативными органами и корневой системой из загрязненной почвы после инокуляции увеличился вследствие повышения их массы, то есть в результате стимуляции ростовых процессов, в целом без существенных изменений содержания элементов в вегетативных органах и корневой системе. Результаты наших исследований свидетельствуют, что под влиянием бактерий в условиях Ni стресса происходило увеличение выноса растениями из загрязненной почвы питательных элементов, в том числе Mg, который входит в состав хлорофилла и непосредственно участвует в процессе фотосинтеза. Это, вероятно, служит ответной протекторной реакцией инокулированных растений на присутствие Ni. Без использования бактерий загрязнение почвы Ni ингибировало рост растений и уменьшало их массу. При этом установлено увеличение содержания Mg и ряда других элементов в вегетативной массе и корнях неинокулированных растений.

Внесение бактерии *Pseudomonas* sp. в загрязненную Ni почву увеличивало биомассу горчицы сарептской и не оказывало влияния на содержание тяжелого металла в растениях [15]. Инокуляция индийской горчицы (*Indian mustard*) бактерией *Pseudomonas* Ps29C, устойчивой к Ni, защищала растения от тяжелого металла, внесенного в различных концентрациях в почву, не воздействуя при этом на аккумуляцию Ni в побегах и корнях [17]. В наших исследованиях прибавки массы растений были отмечены при использовании бактерии *P. fluorescens* 20 в загрязненных условиях, без существенных изменений концентрации Ni в вегетативных

органах и корневой системе. При этом вынос Ni возрастал вследствие увеличения их массы. Одновременно усиливался процесс фитоэкстракции, способствуя тем самым очистке почвы от тяжелого металла.

Таким образом, внесение ростстимулирующей ризосферной бактерии *P. fluorescens* 20 в искусственно загрязненную Ni агросерую почву значительно уменьшало фитотоксичность тяжелого металла, стимулировало рост и увеличивало массу вегетативных органов и корневой системы яровой пшеницы в фазе трубкования, что, вероятно, было обусловлено ответной протекторной реакцией инокулированных растений на загрязнение почвы Ni. Инокуляция бактериями не устраняла полностью токсическое действие на растения тяжелого металла, внесенного в дозе 300 мг/кг почвы. Повышение устойчивости яровой пшеницы к токсическому действию Ni при бактериальной инокуляции было обусловлено улучшением минерального питания и сопровождалось увеличением выноса вегетативной массой и корневой системой макро- и микроэлементов. При этом существенных изменений содержания питательных элементов в вегетативной массе и корнях в целом не происходило. Использование бактерии увеличило вынос Ni из загрязненной почвы вегетативными органами и корнями растений, что усилило процесс фитоэкстракции. Это также происходило из-за увеличения их массы без существенного изменения содержания тяжелого металла. Загрязнение почвы Ni независимо от бактериальной инокуляции увеличивало концентрацию Mg в вегетативной массе и корневой системе растений.

#### Литература

1. Нейтрализация загрязненных почв / под ред. Мажаевского Ю.А. Рязань: Мецкерский ф-л ВНИИГиМ РАСХН, 2008. 528 с.
2. Phytoremediation of heavy metals contaminated soil using plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A current perspective / A. Handsa, V. Kumar, A. Anshumali, et al. // Recent Research in Science Technology. 2014. Vol. 6. No. 1. P. 131–134.
3. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* в современных агроботехнологиях / Т.О. Анохина, Т.В.

- Сиунова, О.И. Сизова и др. // *Агрохимия*. 2018. № 10. С. 54–66.
4. *Beneficial Microbes for Sustainable Agriculture* / A.K. Chandel, H. Chen, H. Ch. Sharma, et al. // *Microbes for Sustainable Development and Bioremediation. Chapter 15* / Eds Chandra R., Sobti R.C. Boca Raton: CRC Press, 2020. 386 p.
5. Dorjey S., Dolkar D., Sharma R. Plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas*: A review // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017. Vol. 6. No. 7. P. 1335–1344.
6. Developing novel bacterial based bioformulation having PGPR properties for enhanced production of agricultural crops / M. Kalita, M. Bharadwaz, T. Dey, et al. // *Indian Journal of Experimental Biology*. 2015. Vol. 53. No. 1. P. 56–60.
7. Burd G.I., Dixon D.G., Glick B.R. A plant growth-promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings // *Applied and Environmental Microbiology*. 1998. Vol. 64. No. 10. P. 3663–3668.
8. The use of transgenic canola (*Brassica napus*) and plant growth-promoting bacteria to enhance plant biomass at a nickel-contaminated field site / A.J. Farwell, S. Vesely, V. Nero, et al. // *Plant and Soil*. 2006. Vol. 288. No. 1–2. P. 309–318.
9. Tolerance of transgenic canola plants (*Brassica napus*) amended with plant growth-promoting bacteria to flooding stress at a metal-contaminated field site / A.J. Farwell, S. Vesely, V. Nero, et al. // *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 147. No. 3. P. 540–545.
10. Шабает В.П. Почвенно-агрохимические аспекты ремедиации загрязненной свинцом почвы при внесении стимулирующих рост растений ризосферных бактерий // *Почвоведение*. 2012. № 5. С. 601–611.
11. Шабает В.П., Бочарникова Е.А., Остроумов В.Е. Ремедиация загрязненной кадмием почвы при применении стимулирующих рост растений ризобактерий и природного цеолита // *Почвоведение*. 2020. № 6. С. 738–750.
12. Шабает В.П. Минеральное питание растений при инокуляции ростстимулирующими ризосферными бактериями рода *Pseudomonas* // *Успехи современной биологии*. 2012. Т. 132. № 3. С. 268–281.
13. Plant-microbe interactions in agro-ecological perspectives. Volume 1: Fundamental mechanisms, methods and functions // Eds. Singh D.R., Singh H.B., Prabha R. Springer, 2017. Chapter 10.4. Beneficial role of rhizosphere microbes on plants. P. 185–189.
14. Tank N., Saraf M. Enhancement of plant growth and decontamination of nickel-spiked soil using PGPR // *Journal of Basic Microbiology*. 2009. Vol. 49. No. 2. P. 195–204.
15. Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plant growth and Ni uptake / Y. Ma, M. Rajkumar, Y. Luo, et al. // *Journal Hazard Mater*. 2011. Vol. 195. P. 230–237.
16. Казнина Н.М., Тутов А.Ф. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства *Росаеае* // *Успехи современной биологии*. 2013. Т. 133. № 6. С. 588–603.
17. Rajkumar M., Freitas H. Effects of inoculation of plant-growth promoting bacteria on Ni uptake by Indian mustard // *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99. No. 9. P. 3491–3498.

Поступила в редакцию 03.06.2021

После доработки 22.07.2021

Принята к публикации 13.08.2021

**Зоотехния и ветеринария**

УДК 636.4.082.251:636.4.082.251

DOI: 10.31857/S2500262721050100

**ОЦЕНКА ЖИВОТНЫХ ПОРОД ЙОРКШИР И ЛАНДРАС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ПАНЕЛИ ГЕНОВ-МАРКЕРОВ PRKAG3, MC4R И MYOD1**

**А.А. Бальников<sup>1</sup>, И.Ф. Гридюшко<sup>1</sup>, кандидаты сельскохозяйственных наук,  
Ю.С. Казутова<sup>1</sup>, научный сотрудник,  
М.Е. Михайлова<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, Е.Л. Романишко<sup>2</sup>, научный сотрудник**

<sup>1</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству,  
222163, Жодино, ул. Фрунзе, 11

<sup>2</sup>Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси,  
220072, Минск ул. Академическая, 27  
E-mail: lab.breed.selec.pig@yandex.by

*Повысить племенные качества животных можно путем комплексного применения традиционных методов селекции и современных ДНК-технологий с использованием молекулярно-генетических маркеров, связанных с хозяйственно-полезными признаками. Потребность племенного животноводства в эффективном ДНК-маркировании продуктивных качеств животных возрастает с каждым годом, что обуславливает актуальность научного поиска в этой сфере. Цель исследований – оценка свиней пород йоркшир и ландрас в зависимости от линейной принадлежности с использованием панели генов-маркеров PRKAG3, MC4R и MYOD1. Работу проводили в 2019–2020 гг. в Минской области на популяциях животных пород йоркшир и ландрас в разрезе линий. На первом этапе оценивали племенной молодняк по показателям собственной продуктивности, на втором – откормочные и мясные качества. Для изучения полиморфизма генов PRKAG3, MC4R и MYOD1 у исследуемых свиней брали биопробы ткани уха. Выделение ДНК осуществляли с использованием набора реагентов «Нуклеосорб» (Праймтех, Беларусь). Анализ полиморфизма генов проводили методом ПЦР-ПДРФ. У тестируемых животных отмечали следующие частоты встречаемости предпочтительных аллелей по генам-маркерам откормочной и мясной продуктивности: PRKAG3<sup>1</sup> – 0,171...0,288, MC4R<sup>1</sup> – 0,243...0,315, MYOD1<sup>c</sup> – 0,064...0,477. В породе йоркшир лучшей среди изученных была линия Доброго 2313, представители которой превосходили животных других линий по откормочно-мясным показателям на 1,2...19,3 %, в породе ландрас – линия Дантеса 5440, у которой показатели продуктивности превышали среднепородные на 0,3...9,8 %. Использование изучаемой разработки в племенном свиноводстве позволит ускорить селекционную работу по увеличению откормочной и мясной продуктивности создаваемых селекционных стад изученных пород на линейном уровне.*

**EVALUATION OF YORKSHIRE AND LANDRACE ANIMALS DEPENDING ON LINEAR IDENTITY AND PANEL OF PRKAG3, MC4R AND MYOD1 MARKER GENES**

**Balnikov A.A.<sup>1</sup>, Gridyushko I.F.<sup>1</sup>, Kazutova Yu.S.<sup>1</sup>, Mikhailova M.E.<sup>2</sup>, Romanishko E.L.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry  
222163, Zhodino, ul. Frunze, 11

<sup>2</sup>Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus,  
220072, Minsk, Akademicheskaya ul., 27  
E-mail: lab.breed.selec.pig@yandex.by

*It is possible to improve the breeding qualities of animals through the integrated application of traditional breeding methods and modern DNA technologies using molecular genetic markers associated with economically useful traits. The need of livestock breeding for effective DNA-marking of productive qualities of animals is increasing every year, which determines the relevance of scientific research in this area. The aim of the research was to evaluate Yorkshire and Landrace pigs depending on the linear affiliation and the panel of marker genes PRKAG3, MC4R and MYOD1. The work was carried out in 2019–2020 of the Minsk region on populations of Yorkshire and Landrace animal breeds in the context of lines. At the first stage, the evaluation of breeding young animals according to their own productivity indicators was carried out, at the second – the assessment of fattening and meat qualities. To study the polymorphism of the PRKAG3, MC4R and MYOD1 genes, ear tissue samples were taken from the studied pigs. DNA was isolated using a set of reagents «Nucleosorb» (Primtech, Belarus). The analysis of gene polymorphism was performed by PCR-PDRF. In the tested animals, the following frequencies of occurrence of preferred alleles according to the genes-markers of fattening and meat productivity were noted: PRKAG3<sup>I</sup>–0.171...0.288, MC4R<sup>A</sup>–0.243...0.315, MYOD1<sup>C</sup>–0.064...0.477. In the Yorkshire breed, the best was the Good 2313 line, whose representatives surpassed animals of other lines in fattening and meat indicators by 1.2...19.3 %. The best line in the Landrace Dantes 5440 breed, whose productivity indicators exceeded the average breed by 0.3...9.8 %. The use of the studied development in breeding pig breeding will speed up the selection work to increase the fattening and meat productivity of the breeding herds of the studied breeds created at the linear level.*

**Ключевые слова:** молодняк, порода йоркшир и ландрас различных линий, селекция, откормочные и прижизненные мясные качества, ДНК-тестирование, генетическая структура, полиморфизм, аллель, гены-маркеры PRKAG3, MC4R и MYOD1

**Key words:** young animals, Yorkshire and Landrace breeds of various lines, breeding, fattening and in vivo meat qualities, DNA testing, genetic structure, polymorphism, allele, marker genes PRKAG3, MC4R and MYOD1

Отрасль свиноводства Республики Беларусь выдвигает все более высокие требования к племенным качествам животных, а экономика производства – к сокращению использования импортного генетического материала и созданию отечественной базы генетических ресурсов. Генетический прогресс в свиноводстве может быть достигнут в результате комплексного применения традиционных методов селекции и современных ДНК-технологий с использованием молекулярно-генетических маркеров (генов), связанных с хозяйственно-полезными признаками [1, 2, 3]. Поэтому разработка программ маркерной селекции должна базироваться на выявлении полиморфизма, генетического влияния которого на показатели продуктивности и племенной ценности животных достоверно и значимо.

Перспективы использования генетики в селекции свиней связывают с разработкой ДНК-матриц низкой плотности (LD, low density) с включением в них SHP, отобранных по результатам GWAS-анализа (genome-wide association studies) с HD-панелей (high density). Потенциальными ДНК маркерами для включения в LD-панели могут служить гены гамма-субъединицы протеинкиназы (*PRKAG3*), влияющие на качество свинины, мясную и откормочную продуктивность; меланокортинового рецептора 4 (*MC4R*), которые влияют на пищевое поведение и интенсивность роста свиней; миогенного регуляторного фактора (*MYOD1*), который рассматривается как ген-кандидат мясной продуктивности, влияющий на качество мяса, особенности мышечной ткани, и характеристики длиннейшей мышцы поясницы [4, 5].

Потребность в эффективном ДНК-маркировании продуктивных качеств животных возрастает с каждым годом, что обуславливает актуальность научных исследова-

ний в этой области. В Республике Беларусь подобные работы находятся на начальном этапе. Результаты ряда исследований свидетельствуют, что использование ДНК-маркеров в селекции позволяет повысить продуктивность животных до 20 % и ускорить формообразующий (породообразующий) процесс в 2...3 раза [6].

Дальнейшая селекционная работа по разведению пород свиней невозможна без комплексной оценки продуктивных качеств племенных животных и сопоставления их с результатами генетических исследований. Свиньи различных пород селекционируются на отцовские и материнские линии (материнские отличаются высокими воспроизводительными качествами, отцовские – мясными и откормочными). Поэтому необходимо изучать такие вопросы применительно к каждой отдельно взятой породе, чтобы повышать продуктивные качества свиней различного направления использования с учетом имеющейся линейной дифференциации. В связи с изложенным в селекционно-племенной работе по улучшению мясо-откормочных качеств ремонтного молодняка актуально применение существующих и создаваемых линий панелей маркерных генов, разработанных для каждой из разводимых пород [7, 8, 9].

Цель исследований – оценка животных пород йоркшир и ландрас в зависимости от линейной принадлежности с использованием разработанной панели маркерных генов *PRKAG3*, *MC4R* и *MYOD1*, которая позволит выявить предпочтительные аллели и найти их связь с показателями продуктивности.

**Методика.** Работу проводили в 2019–2020 гг. в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области. Объект исследований – популяции чистопородных животных пород йоркшир (линии Добрый 2313 и Друг 68050) и

**Табл. 1. Панель маркерных генов *PRKAG3(RN)*, *MC4R*, *MYOD1* по линиям при оценке собственной продуктивности племенного молодняка пород йоркшир и ландрас**

| Генмаркер     | Линия       | Частота встречаемости генотипов, % |      |    |      |    |      | Частота аллелей |               |
|---------------|-------------|------------------------------------|------|----|------|----|------|-----------------|---------------|
| <i>PRKAG3</i> |             | n                                  | II   | n  | VI   | n  | VV   | I               | V             |
|               | Добрый 2313 | 2                                  | 5,9  | 15 | 44,1 | 17 | 50,0 | 0,279 ± 0,013   | 0,721 ± 0,013 |
|               | Друг 6805   | 2                                  | 6,5  | 15 | 48,4 | 14 | 45,2 | 0,306 ± 0,014   | 0,694 ± 0,014 |
|               | Дантес 5440 | 1                                  | 5,0  | 6  | 30,0 | 13 | 65,0 | 0,200 ± 0,020   | 0,800 ± 0,020 |
|               | Доктор 4891 | 2                                  | 2,3  | 34 | 38,6 | 52 | 59,1 | 0,216 ± 0,050   | 0,784 ± 0,050 |
| <i>MC4R</i>   |             | AA                                 |      | AG |      | GG | A    | G               |               |
|               | Добрый 2313 | 3                                  | 8,8  | 16 | 47,1 | 15 | 44,1 | 0,324 ± 0,013   | 0,676 ± 0,013 |
|               | Друг 6805   | 3                                  | 9,7  | 11 | 35,5 | 17 | 54,8 | 0,274 ± 0,014   | 0,726 ± 0,014 |
|               | Дантес 5440 | -                                  | -    | 7  | 35,0 | 13 | 65,0 | 0,175 ± 0,020   | 0,825 ± 0,020 |
|               | Доктор 4891 | 6                                  | 6,8  | 33 | 37,5 | 49 | 55,7 | 0,256 ± 0,050   | 0,744 ± 0,050 |
| <i>MYOD1</i>  |             | AA                                 |      | AC |      | CC | A    | C               |               |
|               | Добрый 2313 | 10                                 | 29,4 | 12 | 35,3 | 12 | 35,3 | 0,471 ± 0,014   | 0,529 ± 0,014 |
|               | Друг 6805   | 8                                  | 25,8 | 13 | 41,9 | 10 | 32,3 | 0,468 ± 0,016   | 0,532 ± 0,016 |
|               | Дантес 5440 | -                                  | -    | 3  | 15,0 | 17 | 85,0 | 0,075 ± 0,010   | 0,925 ± 0,010 |
|               | Доктор 4891 | 1                                  | 1,1  | 3  | 3,4  | 84 | 95,5 | 0,028 ± 0,002   | 0,972 ± 0,002 |

**Табл. 2. Результаты производственных испытаний разработанной панели маркерных генов *PRKAG3*, *MC4R*, *MYOD1* при оценке собственной продуктивности племенного молодняка различных линий пород йоркшир и ландрас**

| Линия             | Генмаркер | Генотип | Оцене-<br>но, гол. | Возраст<br>достижения<br>живой массы<br>100 кг, дн. | Среднесуточ-<br>ный прирост<br>от рождения<br>до 100 кг, г | Длина<br>туловища,<br>см | Толщина шпика, мм |            | Высота<br>длиннейшей<br>мышцы<br>спины, мм | Содержание<br>постного<br>мяса в теле,<br>% |
|-------------------|-----------|---------|--------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                   |           |         |                    |                                                     |                                                            |                          | точка 1           | точка 2    |                                            |                                             |
| Добрый<br>2313    | PRKAG3    | II      | 2                  | 162,0 ± 4,0                                         | 610,0 ± 15,0                                               | 123,5 ± 0,5**            | 11,0 ± 1,0        | 9,5 ± 0,5  | 42,0 ± 2,0                                 | 60,5 ± 0,5                                  |
|                   |           | IV      | 15                 | 166,1 ± 1,8                                         | 603,7 ± 4,8                                                | 126,1 ± 1,1              | 9,9 ± 0,3         | 9,6 ± 0,3  | 43,1 ± 0,7                                 | 61,7 ± 0,2**                                |
|                   |           | VV      | 17                 | 168,9 ± 2,6                                         | 601,8 ± 7,9                                                | 125,3 ± 0,4              | 9,5 ± 0,3         | 9,7 ± 0,2  | 43,7 ± 0,6                                 | 62,0 ± 0,2**                                |
|                   | MC4R      | AA      | 3                  | 163,0 ± 4,9                                         | 611,3 ± 14,4                                               | 123,7 ± 0,7**            | 10,0 ± 0,0        | 9,3 ± 0,3  | 41,0 ± 1,5*                                | 61,0 ± 0,6                                  |
|                   |           | AG      | 16                 | 168,3 ± 1,9                                         | 598,0 ± 5,6                                                | 124,9 ± 0,5              | 10,2 ± 0,4        | 9,9 ± 0,3  | 44,0 ± 0,6                                 | 61,7 ± 0,2                                  |
|                   |           | GG      | 15                 | 167,1 ± 2,7                                         | 606,9 ± 7,9                                                | 126,6 ± 1,0              | 9,3 ± 0,2         | 9,5 ± 0,2  | 43,1 ± 0,6                                 | 62,0 ± 0,2                                  |
|                   | MYOD1     | AA      | 10                 | 167,0 ± 2,5                                         | 600,2 ± 7,1                                                | 124,3 ± 0,3              | 10,1 ± 0,5        | 9,9 ± 0,3  | 43,3 ± 0,9                                 | 61,7 ± 0,3                                  |
|                   |           | AC      | 12                 | 168,0 ± 3,2                                         | 601,7 ± 9,3                                                | 127,1 ± 1,3**            | 9,8 ± 0,4         | 9,7 ± 0,3  | 43,0 ± 0,8                                 | 61,6 ± 0,3                                  |
|                   |           | CC      | 12                 | 166,8 ± 2,3                                         | 607,0 ± 7,1                                                | 125,0 ± 0,5              | 9,5 ± 0,2         | 9,4 ± 0,2  | 43,7 ± 0,5                                 | 62,0 ± 0,2                                  |
| Друг<br>6805      | PRKAG3    | II      | 2                  | 168,5 ± 0,5                                         | 586,5 ± 1,5                                                | 125,0 ± 0,0**            | 12,5 ± 0,5        | 10,5 ± 0,5 | 46,5 ± 1,5                                 | 61,5 ± 0,5                                  |
|                   |           | IV      | 15                 | 171,3 ± 2,0                                         | 581,6 ± 5,4                                                | 130,8 ± 4,0              | 10,7 ± 0,4        | 10,0 ± 0,2 | 44,9 ± 0,8                                 | 61,7 ± 0,3                                  |
|                   |           | VV      | 14                 | 171,2 ± 1,9                                         | 582,8 ± 5,4                                                | 137,4 ± 5,4              | 11,1 ± 0,4        | 10,2 ± 0,3 | 46,3 ± 0,9                                 | 61,6 ± 0,3                                  |
|                   | MC4R      | AA      | 3                  | 169,0 ± 2,1                                         | 584,3 ± 10,8                                               | 140,0 ± 14,0             | 10,7 ± 1,7        | 10,0 ± 1,1 | 46,0 ± 2,7                                 | 61,7 ± 0,9                                  |
|                   |           | AG      | 11                 | 170,7 ± 2,3                                         | 582,4 ± 6,4                                                | 129,3 ± 4,0              | 11,2 ± 0,4        | 10,3 ± 0,2 | 45,3 ± 0,9                                 | 61,6 ± 0,3                                  |
|                   |           | GG      | 17                 | 171,7 ± 1,8                                         | 582,2 ± 4,8                                                | 134,9 ± 4,6              | 10,9 ± 0,3        | 10,1 ± 0,2 | 45,8 ± 0,8                                 | 61,6 ± 0,3                                  |
|                   | MYOD1     | AA      | 8                  | 173,6 ± 2,9                                         | 574,5 ± 8,3*                                               | 141,4 ± 8,0              | 10,3 ± 0,4        | 9,5 ± 0,3  | 44,1 ± 0,5                                 | 61,6 ± 0,3                                  |
|                   |           | AC      | 13                 | 168,7 ± 1,6                                         | 591,9 ± 3,6                                                | 128,1 ± 3,3              | 10,8 ± 0,5        | 10,1 ± 0,2 | 44,8 ± 0,6                                 | 61,7 ± 0,2                                  |
|                   |           |         | 10                 | 172,2 ± 2,2                                         | 576,5 ± 6,2                                                | 134,0 ± 5,7              | 11,8 ± 0,4        | 10,7 ± 0,3 | 47,9 ± 1,3                                 | 61,6 ± 0,4                                  |
| Дантес<br>5440    | PRKAG3    | II      | 1                  | 167,0 ± 0,0                                         | 629,0 ± 0,0                                                | 126,0 ± 0,0              | 10,0 ± 0,0        | 9,0 ± 0,0  | 45,0 ± 0,0                                 | 62,0 ± 0,0                                  |
|                   |           | IV      | 6                  | 167,8 ± 2,7                                         | 604,7 ± 6,8                                                | 125,5 ± 0,4              | 8,8 ± 0,2         | 9,2 ± 0,5  | 41,7 ± 0,8                                 | 62,5 ± 0,3                                  |
|                   |           | VV      | 13                 | 165,0 ± 2,7                                         | 603,8 ± 10,0*                                              | 125,7 ± 0,4              | 10,7 ± 0,5        | 9,6 ± 0,2  | 46,2 ± 0,8                                 | 62,2 ± 0,2                                  |
|                   | MC4R      | AG      | 7                  | 170,1 ± 1,8*                                        | 585,4 ± 6,6                                                | 125,3 ± 0,3              | 11,3 ± 0,6        | 10,0 ± 0,0 | 46,6 ± 1,5                                 | 62,3 ± 0,2                                  |
|                   |           | GG      | 13                 | 163,7 ± 2,6                                         | 616,1 ± 8,6**                                              | 125,8 ± 0,4              | 9,5 ± 0,4         | 9,2 ± 0,2  | 43,8 ± 0,7                                 | 62,2 ± 0,2                                  |
|                   | MYOD1     | AC      | 3                  | 165,3 ± 1,7                                         | 621,0 ± 4,0                                                | 126,3 ± 0,3              | 9,3 ± 0,3         | 9,3 ± 0,36 | 42,7 ± 1,2                                 | 62,0 ± 0,0                                  |
|                   |           | CC      | 17                 | 166,1 ± 2,2                                         | 602,6 ± 7,8**                                              | 125,5 ± 0,3              | 10,2 ± 0,5        | 9,5 ± 0,2  | 45,1 ± 0,8                                 | 62,3 ± 0,2                                  |
| Доктор<br>4891    | PRKAG3    | II      | 2                  | 178,0 ± 2,0                                         | 573,0 ± 12,0                                               | 126,5 ± 1,5              | 9,0 ± 0,0         | 9,0 ± 1,0  | 41,5 ± 1,5                                 | 62,5 ± 0,5                                  |
|                   |           | IV      | 34                 | 174,2 ± 1,2                                         | 581,8 ± 3,7                                                | 125,9 ± 0,3              | 9,5 ± 0,2         | 9,5 ± 0,1  | 43,9 ± 0,5                                 | 62,4 ± 0,1                                  |
|                   |           | VV      | 52                 | 174,4 ± 1,2                                         | 580,1 ± 3,8                                                | 127,8 ± 1,2              | 9,5 ± 0,1         | 9,4 ± 0,1  | 44,2 ± 0,4                                 | 62,3 ± 0,07                                 |
|                   | MC4R      | AA      | 6                  | 169,2 ± 3,9                                         | 600,2 ± 14,4                                               | 125,8 ± 1,0              | 9,5 ± 0,7         | 9,5 ± 0,3  | 44,8 ± 0,9                                 | 62,5 ± 0,2                                  |
|                   |           | AG      | 33                 | 174,6 ± 1,1                                         | 579,5 ± 3,8                                                | 125,9 ± 0,3              | 9,5 ± 0,1         | 9,5 ± 0,1  | 43,7 ± 0,4                                 | 62,2 ± 0,08                                 |
|                   |           | GG      | 49                 | 174,9 ± 1,2                                         | 579,0 ± 3,6                                                | 128,0 ± 1,2              | 9,5 ± 0,1         | 9,3 ± 0,1  | 44,1 ± 0,5                                 | 62,4 ± 0,09                                 |
|                   | MYOD1     | AA      | 1                  | 172,0 ± 0,0**                                       | 581,0 ± 0,0                                                | 124,0 ± 0,0**            | 9,0 ± 0,0         | 10,0 ± 0,0 | 40,0 ± 0,0                                 | 62,0 ± 0,0                                  |
|                   |           | AC      | 3                  | 173,3 ± 5,7                                         | 577,7 ± 13,8                                               | 124,7 ± 1,7              | 9,0 ± 0,0         | 9,3 ± 0,7  | 44,3 ± 0,7                                 | 62,3 ± 0,3                                  |
|                   |           | CC      | 84                 | 174,5 ± 0,9                                         | 580,7 ± 2,8                                                | 127,2 ± 0,7              | 9,5 ± 0,1         | 9,4 ± 0,09 | 44,0 ± 0,3                                 | 62,3 ± 0,06                                 |
| *p≤0,05, **p≤0,01 |           |         |                    |                                                     |                                                            |                          |                   |            |                                            |                                             |

Табл. 3. Панель маркерных генов *PRKAG3(RN)*, *MC4R*, *MYOD1* при оценке откормочных и прижизненных мясных показателей молодняка по линиям пород йоркшир и ландрас

| Генмаркер     | Линия       | Частота встречаемости генотипов, % |      |    |      |    |      | Частота аллелей |               |
|---------------|-------------|------------------------------------|------|----|------|----|------|-----------------|---------------|
|               |             | n                                  | II   | n  | VI   | n  | VV   | I               | V             |
| <i>PRKAG3</i> | Добрый 2313 | 2                                  | 3,9  | 27 | 52,9 | 22 | 43,1 | 0,304 ± 0,009   | 0,696 ± 0,009 |
|               | Друг 6805   | 3                                  | 10,3 | 8  | 27,6 | 18 | 62,1 | 0,353 ± 0,014   | 0,647 ± 0,014 |
|               | Дантес 5440 | -                                  | -    | 9  | 39,1 | 14 | 60,9 | 0,196 ± 0,017   | 0,804 ± 0,017 |
|               | Доктор 4891 | 1                                  | 1,0  | 30 | 30,9 | 66 | 68,1 | 0,165 ± 0,004   | 0,835 ± 0,004 |
| <i>MC4R</i>   |             |                                    | AA   |    | AG   |    | GG   | A               | G             |
|               | Добрый 2313 | 1                                  | 2,0  | 28 | 54,9 | 22 | 43,1 | 0,294±0,009     | 0,706±0,009   |
|               | Друг 6805   | 4                                  | 13,8 | 15 | 51,7 | 10 | 34,5 | 0,397±0,017     | 0,603±0,017   |
|               | Дантес 5440 | 1                                  | 4,3  | 9  | 39,1 | 13 | 56,5 | 0,239±0,018     | 0,761±0,018   |
|               | Доктор 4891 | 6                                  | 6,2  | 41 | 42,3 | 50 | 51,5 | 0,273±0,005     | 0,727±0,005   |
| <i>MYOD1</i>  |             |                                    | AA   |    | AC   |    | CC   | A               | C             |
|               | Добрый 2313 | 3                                  | 5,9  | 30 | 58,8 | 18 | 35,3 | 0,353±0,009     | 0,647±0,009   |
|               | Друг 6805   | 2                                  | 6,9  | 11 | 37,9 | 16 | 55,2 | 0,259±0,015     | 0,741±0,015   |
|               | Дантес 5440 | -                                  | -    | 6  | 26,1 | 17 | 73,9 | 0,130±0,014     | 0,870±0,014   |
|               | Доктор 4891 | -                                  | -    | 17 | 17,5 | 80 | 82,5 | 0,088±0,003     | 0,912±0,003   |

ландрас (линии Дантес 5440 и Доктор 4891) в разрезе линий. В процессе исследований на первом этапе осуществляли оценку племенного молодняка по показателям собственной продуктивности: возраст достижения живой массы 100 кг (дней); среднесуточный прирост от рождения до достижения живой массы 100 кг (г); длина туловища (см); прижизненные мясные качества с использованием ультразвукового прибора Piglog-105 – толщина шпика (мм), высота длиннейшей мышцы спины (мм), содержание мяса в теле (%). На втором этапе проводили контрольный откорм согласно ОСТ-10 3-86 и оценку откормочных и мясных качеств по следующим показателям: возраст достижения живой массы 100 кг (дней); среднесуточный прирост (г); расход корма на 1 кг прироста (корм. ед.).

Затем показатели продуктивности сопоставляли с результатами генетических исследований. Анализ ДНК проводили в лаборатории генетики животных ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси». Для изучения полиморфизма генов *PRKAG3*, *MC4R* и *MYOD1* у исследуемых животных брали биопробы ткани уха, выделение ДНК осуществляли с использованием набора реагентов «Нуклеосорб» (Праймтех), Беларусь). Количество ДНК было нормализовано с использованием QFX Fluometer («DeNovix», США) и набора реагентов DeNovix dsDNA Broad Range kit. Полиморфизм генов *PRKAG3*, *MC4R*, *MYOD1* исследовали на выборке животных методом ПЦР-ПДРФ. Биометрическую обработку материалов исследований выполняли методами вариационной статистики по Е.К. Меркурьевой (1970) на персональном компьютере с использованием пакета программы Microsoft Excel.

**Результаты и обсуждение.** При изучении взаимосвязи собственной продуктивности с частотой встречаемости генотипов и аллелей локусов генов-маркеров *PRKAG3*, *MC4R*, *MYOD1* у племенного молодняка ли-

ний Добрый 2313 и Друг 6805 породы йоркшир установлено, что наиболее предпочтительны генотипы II-*PRKAG3*, AA-*MC4R*, CC-*MYOD1* (табл. 1). Частота встречаемости предпочтительных генотипов и аллелей у племенного молодняка находилась в пределах 5,9...35,3 % и 0,274...0,532 соответственно. У племенного молодняка линий Дантес 5440 и Доктор 4891 породы ландрас предпочтительные генотипы, для которых характерны высокие показатели собственной продуктивности, – *PRKAG3*<sup>VV</sup>, *MC4R*<sup>AA</sup>, *MYOD1*<sup>AC</sup>. Частота встречаемости предпочтительных генотипов и аллелей составила 3,4...65,0 % и 0,028...0,972 соответственно.

При анализе собственной продуктивности племенного молодняка породы йоркшир установлено, что животные линии Добрый 2313 с генотипом II по гену *PRKAG3* превосходили особей с генотипом VV по скорости роста на 6,9 дней, или 4,1 % (табл. 2). Аналогичная тенденция прослеживалась для животных, относящихся к линии Друг 6805. Молодняк генотипа II превосходил своих сверстников генотипа VV по возрасту достижения живой массы 100 кг на 2,7 дней, или 1,6 %. Племенной молодняк линии Добрый 2313 и Друг 6805 с генотипом II отличался наибольшим среднесуточным приростом 610,0 и 586,5 г соответственно.

Животные линии Добрый 2313 с генотипом AA по гену-маркеру *MC4R* превосходили своих аналогов с генотипом GG по возрасту достижения живой массы 100 кг на 4,1 дня, или 2,5 %, линии Друг 6805 – по длине туловища на 5,1 см, или 3,8 %, по возрасту достижения живой массы 100 кг – на 2,7 дня, или 1,6 %.

Анализ данных по гену *MYOD1* показал, что молодняк линии Добрый 2313 генотипа CC превосходил животных гомозиготного генотипа AA по среднесуточному приросту на 6,8 г, их шпик был тоньше на 0,6...0,5 мм, или на 5,9...5,1 %. Особи линии Друг 6805 с предпочтительным генотипом CC достигали живой массы

Табл. 4. Результаты оценки откормочных и прижизненных мясных показателей молодняка по линиям по генам *PRKAG3*, *MC4R*, *MYOD1* у пород йоркшир и ландрас

| Линия       | Генмаркер     | Генотип | Оцене-но, гол. | Возраст достиже-ния живой массы 100 кг, дн. | Затраты корма на 1 кг прироста, корм. ед. | Толщина шпика, мм |            | Высота длиннейшей мышцы спины, мм | Содержание постного мяса в теле, % |
|-------------|---------------|---------|----------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|             |               |         |                |                                             |                                           | точка 1           | точка 2    |                                   |                                    |
| Добрый 2313 | <i>PRKAG3</i> | II      | 2              | 155,4 ± 0,80                                | 2,5 ± 0,03**                              | 9,0 ± 0,05        | 8,1 ± 0,20 | 40,8 ± 0,05                       | 62,3 ± 0,60                        |
|             |               | IV      | 27             | 162,7 ± 1,30                                | 3,0 ± 0,09                                | 9,0 ± 0,20        | 8,5 ± 0,10 | 40,4 ± 0,20                       | 62,5 ± 0,10                        |
|             |               | VV      | 22             | 162,4 ± 1,90***                             | 3,0 ± 0,10                                | 8,9 ± 0,10        | 8,3 ± 0,10 | 40,3 ± 0,20                       | 62,4 ± 0,10                        |
|             | <i>MC4R</i>   | AA      | 1              | 170,2 ± 0,00                                | 3,48 ± 0,0                                | 9,0 ± 0,00        | 8,3 ± 0,00 | 40,0 ± 0,00                       | 62,6 ± 0,00                        |
|             |               | AG      | 28             | 162,5 ± 1,70                                | 3,0 ± 0,10                                | 8,9 ± 0,10        | 8,3 ± 0,10 | 40,4 ± 0,20                       | 62,5 ± 0,10                        |
|             |               | GG      | 22             | 161,6 ± 1,20***                             | 2,9 ± 0,09***                             | 9,0 ± 0,10        | 8,5 ± 0,20 | 40,4 ± 0,20                       | 62,3 ± 0,10                        |
|             | <i>MYOD1</i>  | AA      | 3              | 152,5 ± 1,00***                             | 2,3 ± 0,04                                | 8,8 ± 0,06        | 8,5 ± 0,70 | 40,8 ± 0,20                       | 62,2 ± 0,30                        |
|             |               | AC      | 30             | 162,0 ± 1,50                                | 3,0 ± 0,10                                | 9,1 ± 0,10        | 8,4 ± 0,10 | 40,4 ± 0,10                       | 62,4 ± 0,10                        |
|             |               | CC      | 18             | 164,4 ± 1,30                                | 3,1 ± 0,09                                | 8,8 ± 0,20        | 8,4 ± 0,20 | 40,3 ± 0,20                       | 62,4 ± 0,10                        |
| Друг 6805   | <i>PRKAG3</i> | II      | 3              | 162,5 ± 2,10***                             | 3,1 ± 0,20                                | 8,9 ± 0,09        | 8,2 ± 0,20 | 39,5 ± 1,20                       | 62,7 ± 0,07                        |
|             |               | IV      | 8              | 173,7 ± 0,90                                | 3,7 ± 0,05                                | 9,0 ± 0,10        | 8,0 ± 0,10 | 39,9 ± 0,50                       | 62,5 ± 0,20                        |
|             |               | VV      | 18             | 168,8 ± 1,30                                | 3,4 ± 0,08                                | 8,9 ± 0,10        | 8,0 ± 0,10 | 40,5 ± 0,20                       | 62,6 ± 0,20                        |
|             | <i>MC4R</i>   | AA      | 4              | 169,7 ± 3,00                                | 3,5 ± 0,10                                | 9,2 ± 0,30        | 8,1 ± 0,30 | 40,5 ± 0,40                       | 63,1 ± 0,30                        |
|             |               | AG      | 15             | 170,7 ± 1,20                                | 3,5 ± 0,06                                | 8,8 ± 0,10        | 8,0 ± 0,10 | 40,2 ± 0,30                       | 62,5 ± 0,20                        |
|             |               | GG      | 10             | 167,6 ± 2,20                                | 3,3 ± 0,10                                | 9,0 ± 0,20        | 8,1 ± 0,20 | 40,2 ± 0,40                       | 62,7 ± 0,10                        |
|             | <i>MYOD1</i>  | AA      | 3              | 172,9 ± 4,70                                | 3,6 ± 0,20                                | 9,2 ± 0,40        | 8,2 ± 0,30 | 40,3 ± 0,60                       | 62,9 ± 0,60                        |
|             |               | AC      | 10             | 167,8 ± 1,80                                | 3,4 ± 0,10                                | 8,9 ± 0,20        | 8,1 ± 0,20 | 40,2 ± 0,40                       | 62,7 ± 0,20                        |
|             |               | CC      | 16             | 170,0 ± 1,30                                | 3,5 ± 0,08                                | 8,9 ± 0,10        | 8,0 ± 0,08 | 40,3 ± 0,30                       | 62,5 ± 0,20                        |
| Дантес 5440 | <i>PRKAG3</i> | IV      | 9              | 165,0 ± 2,10                                | 2,8 ± 0,05                                | 8,7 ± 0,09        | 8,0 ± 0,20 | 40,3 ± 0,70                       | 62,1 ± 0,40                        |
|             |               | VV      | 14             | 161,9 ± 1,10                                | 2,8 ± 0,03                                | 8,4 ± 0,20        | 8,0 ± 0,20 | 41,9 ± 0,30                       | 63,0 ± 0,40                        |
|             |               | AA      | 1              | 159,3 ± 0,00***                             | 2,7 ± 0,00                                | 9,1 ± 0,00        | 8,1 ± 0,00 | 43,3 ± 0,00                       | 64,9 ± 0,00                        |
|             | <i>MC4R</i>   | AG      | 9              | 161,8 ± 1,70                                | 2,8 ± 0,04                                | 8,6 ± 0,10        | 8,0 ± 0,30 | 40,8 ± 0,60                       | 62,4 ± 0,60                        |
|             |               | GG      | 13             | 164,4 ± 1,50                                | 2,8 ± 0,04                                | 8,4 ± 0,30        | 8,0 ± 0,20 | 41,4 ± 0,50                       | 62,7 ± 0,40                        |
|             |               | AC      | 6              | 165,7 ± 2,60                                | 2,9 ± 0,07                                | 8,7 ± 0,10        | 8,2 ± 0,40 | 40,9 ± 1,00                       | 62,7 ± 0,50                        |
|             | <i>MYOD1</i>  | CC      | 17             | 162,3 ± 1,20                                | 2,8 ± 0,03                                | 8,5 ± 0,20        | 7,9 ± 0,10 | 41,4 ± 0,40                       | 62,7 ± 0,40                        |
|             |               | II      | 1              | 164,5 ± 0,00                                | 2,8 ± 0,00                                | 8,7 ± 0,00        | 7,8 ± 0,00 | 39,2 ± 0,00                       | 64,8 ± 0,00                        |
|             |               | IV      | 30             | 162,3 ± 1,80                                | 2,8 ± 0,04                                | 8,4 ± 0,10        | 8,1 ± 0,10 | 41,6 ± 0,30                       | 63,0 ± 0,30                        |
| Доктор 4891 | <i>PRKAG3</i> | VV      | 66             | 163,5 ± 0,90                                | 2,8 ± 0,02                                | 8,5 ± 0,10        | 8,2 ± 0,08 | 41,9 ± 0,20                       | 63,0 ± 0,20                        |
|             |               | AA      | 6              | 160,8 ± 3,70                                | 2,8 ± 0,05                                | 8,8 ± 0,05        | 8,7 ± 0,40 | 41,7 ± 1,10                       | 62,0 ± 0,80                        |
|             |               | AG      | 41             | 163,2 ± 1,20                                | 2,8 ± 0,02                                | 8,4 ± 0,20        | 8,0 ± 0,09 | 41,9 ± 0,30                       | 63,0 ± 0,20                        |
|             | <i>MC4R</i>   | GG      | 50             | 163,4 ± 1,20                                | 2,8 ± 0,03                                | 8,5 ± 0,10        | 8,2 ± 0,10 | 41,7 ± 0,20                       | 63,2 ± 0,20                        |
|             |               | AC      | 17             | 164,7 ± 1,90                                | 2,8 ± 0,05                                | 8,6 ± 0,20        | 8,1 ± 0,20 | 41,4 ± 0,30                       | 63,1 ± 0,40                        |
|             |               | CC      | 80             | 162,8 ± 0,90                                | 2,8 ± 0,02                                | 8,4 ± 0,10        | 8,2 ± 0,07 | 41,9 ± 0,20                       | 63,0 ± 0,20                        |
|             | <i>MYOD1</i>  | AC      | 3              | 173,3 ± 5,7                                 | 124,7 ± 1,7                               | 9,0 ± 0,0         | 9,3 ± 0,7  | 44,3 ± 0,7                        | 62,3 ± 0,3                         |
|             |               |         |                |                                             |                                           |                   |            |                                   |                                    |
|             |               |         |                |                                             |                                           |                   |            |                                   |                                    |

\*p≤0,05, \*\*p≤0,01, \*\*\*p≤0,001.

100 кг на 1,4 дня раньше и имели длиннейшую мышцу спины на 3,8 мм выше, чем молодняк генотипа АА.

Результаты анализа показателей собственной продуктивности молодняка породы ландрас свидетельствуют, что животные линии Дантес 5440 с генотипом VV по гену *PRKAG3* превосходили особей с генотипом II по скорости роста на 2 дня. Аналогичная тенденция прослеживалась для животных, относящихся к линии Доктор 4891, особи с генотипом II превосходили своих сверстников с генотипом VV по возрасту достижения живой массы 100 кг на 3,6 дней, или 2 %. У молодняка, относящегося к линии Доктор 4891 генотипа АА по гену-маркеру *MC4R*, возраст достижения живой массы 100 кг наступал раньше, чем у сверстников с генотипом GG, на 5,7 дня, или 3,3 %, а среднесуточный прирост выше на 21,2 г, или 3,7 %.

В представленной выборке племенного молодняка линий Дантес 5440 отсутствовали животные с генотипом АА гена *MYOD1*, при этом установленные гетерозиготы АС превосходили гомозиготных сверстников СС по энергии роста на 17 г, длине туловища 0,8 см и отличались меньшей осаливаемостью на 0,9...0,2 мм, или 0,6...0,9 %. По линии Доктор 4891 установлена аналогичная тенденция – рост и развитие были лучше у племенных животных генотипа АА, а мясность и коррелирующие с ней показатели – у молодняка генотипа АС.

Анализ полиморфизма генов-маркеров, влияющих на откормочные качества свиней породы йоркшир позволил определить, что более предпочтительны генотипы *PRKAG3*<sup>II</sup>, *MC4R*<sup>GG</sup>, *MYOD1*<sup>AA</sup>. При этом частота встречаемости желательных аллелей у животных линий Добрый 2313 и Друг 6805 составила 0,259...0,706 (табл. 3). Среди молодняка свиней линии Дантес 5440 и Доктор 4891 породы ландрас высокими откормочными показателями отличались животные генотипа VVAACC исследуемых генов-маркеров. Частота предпочтительных аллелей находилась в пределах 0,239...0,912.

По результатам оценки мясо-откормочных показателей животные линии Добрый 2313 с генотипом II по гену *PRKAG3* превосходили сверстников с генотипом VV по возрасту достижения живой массы 100 кг на 7 дней, или 4,3 % и потребляли наименьшие количества корма на 1 кг прироста (2,5 корм. ед.) (табл. 4). Аналогичную тенденцию наблюдали и у животных, относящихся к линии Друг 6805. Откормочный молодняк с генотипом II по гену *PRKAG3* достигал живой массы 100 кг раньше сверстников с генотипом VV на 6,3 дней, или 3,7 % и потреблял на 1 кг прироста меньше на 0,3 корм. ед., или 8,8 %. Молодняк этих линий с генотипом GG по гену-маркеру *MC4R* превосходил животных с генотипом АА по возрасту достижения живой массы 100 кг на 8,6 и 2,1 дня соответственно, а также отличался наименьшими затратами корма. Подсвинки линии Добрый 2313 с генотипом АА по гену *MYOD1* достигали живой массы 100 кг раньше сверстников с гомозиготным генотипом СС на 11,9 дня, или 7,2 % и потребляли меньше корма на 0,8 корм. ед., или 25,8 %.

По породе ландрас установлено, что животные линии Дантес 5440 с генотипом VV по гену *PRKAG3* достигали живой массы 100 кг раньше сверстников с генотипом IV на 3,1 дня, или 1,9 %. Однако в линии Доктор 4891 превосходство отмечено у молодняка с генотипом VI. Откормочный молодняк линии Дантес 5440 и Доктор 4891 с генотипом АА по гену-маркеру *MC4R* достигали живой массы 100 кг раньше особей

с генотипом GG на 5,1 и 2,6 дня, или 3,1 и 1,6 % соответственно. Животные с генотипом СС по гену *MYOD1* линии Дантес 5440 и Доктор 4891 по возрасту достижения живой массы 100 кг превосходили особей с генотипом АС на 3,4 дня, или 2,1 % и на 1,9 дня, или 1,2 % соответственно.

Откормочный молодняк генотипа СС по гену *MYOD1* линии Дантес 5440 отличался лучшими мясными показателями, чем аналоги генотипа АС. Шпик животных этого генотипа в двух точках был тоньше, на 0,2...0,3 мм, или на 2,3...3,7 %, а мышечный глазок больше на 0,5 мм, или 1,2 %, по сравнению с аналогами.

Результаты наших исследований совпадают с данными других ученых, в частности, подтверждается ранее отмеченное положительное влияние доминантного аллеля *PRKAG3*(*RN*)А на содержание постного мяса [10]. В ходе изучения влияния генотипов гена *MC4R* на откормочные и мясные качества свиней была установлена достоверная связь между генотипами его (АА, АГ и GG) и показателями продуктивности свиней. В качестве «желательного» определен генотип АГ, наличие которого у свиней связано с лучшей скороспелостью (на 1,65 дн.) и среднесуточными приростами (на 110 г) [11]. На основании исследований российских ученых в качестве маркера мясной продуктивности рекомендовано использование гена *MYOD1* генотипа АА [12].

Таким образом, разработанные для пород йоркшир и ландрас панели маркерных генов *PRKAG3*(*RN*), *MC4R*, *MYOD1* позволяют определить частоту встречаемости предпочтительных генотипов и аллелей у тестируемого племенного животного и выявить продолжателей линий с показателями продуктивности, превышающими средние популяционные на 0,3...19,3 %.

Предпочтительные по генам-маркерам генотипы в породе йоркшир *PRKAG3*<sup>II</sup>, *MC4R*<sup>AA</sup> или *GG*, *MYOD1*<sup>CC</sup> или <sup>AA</sup>, в породе ландрас – *PRKAG3*<sup>VV</sup>, *MC4R*<sup>AA</sup>, *MYOD1*<sup>AC</sup>.

В породе йоркшир лучшей была линия Добрый 2313, которая превосходила остальные по откормочно-мясным показателям на 1,2...19,3 %, в породе ландрас – линия Дантес 5440, у которой показатели продуктивности превышали среднепородные на 0,3...9,8 %.

Использование панели маркерных генов в племенном свиноводстве позволит повысить эффективность селекционно-племенной работы по совершенствованию продуктивных и племенных показателей существующих и создаваемых линий в породах йоркшир и ландрас.

## Литература

1. Гетманцева Л.В., Третьякова О.Л., Леонова М.А. Практическое использование полиморфизма гена *MC4R* в селекционной работе. Персиановский: Данской ГАУ, 2015, 33 с.
2. Криворучко А.Ю., Язык О.А., Сафарян Е.Ю. Гены-кандидаты продуктивности, выявленные при полногеномном поиске ассоциаций с показателями классности у овец породы российский мясной меринос. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 8. С. 836–843. DOI 10.18699/VJ20.681.
3. Охохонина Е.Н., Голощапов А.А. Использование ДНК-маркеров в селекции свиней. // Сб. ст. по материалам XII Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности



- молодежи», посвящ. 125-летию Т.С. Мальцева. Курган: Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2020. С. 253–259.
4. Бальников А.А. Драйвер свиноводства – не вал, а качество и себестоимость. *Наше сельское хозяйство*. 2020. № 6. С. 4–12.
  5. Бальников А.А. Почему нужен генетический сертификат в племенном свиноводстве. *Наше сельское хозяйство*. 2020. № 24. С. 38–43.
  6. Полногеномные ассоциативные исследования распространения пороков развития и других селекционно-значимых качественных признаков у потомства хряков крупной белой породы российской селекции / А.А. Траспов, О.В. Костюнина, А.А. Белоус и др. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020. Т. 24. № 2. С. 185–190. DOI 10.18699/VJ20.612.
  7. Колосова М.А., Колосов А.Ю., Бакоев Ф.С. ДНК-маркеры продуктивности в свиноводстве. *Вестник Донского аграрного университета*. 2019. № 4-1(34). С. 16–20.
  8. Влияние генотипов по IGF2, CCKAR и MC4R на фенотипические показатели и племенную ценность свиней по хозяйственно полезным признакам. / Е.Е. Мельникова, Н.В. Бардуков, М.С. Форнара и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(4):723–734. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.227rus.
  9. Изучение мясных и откормочных качеств с учетом полиморфизма по генам IGF2, MC4R, CAST, PRKAG3 и CCKAR молодняка свиней / С.М. Раскатова, К.М. Шавырина, О.В. Костюнина и др. *Свиноводство*. 2015. № 1. С. 25–28.
  10. Effects of a second mutant allele (V199I) at the PRKAG3 (RN) locus on carcass composition in pigs / A.-C. Enfält; G. von Seth, Asa J., et al. // *Livestock Science*. 2006 Vol. 99. No. 2. P.131–139
  11. Оценка влияния гена MC4R на откормочные и мясные качества свиней породы ландрас / Широкова Н.В., Радюк А.В., Алиев Р.Г. и др. // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5. С. 593.
  12. Влияние однонуклеотидных полиморфизмов в гене MYOD1 на показатели мясной продуктивности овец северокавказской породы / А.Ю. Криворучко, М.И. Селионова, Е.Ю. Сафарян и др. // *Аграрный научный журнал*. 2020. № 2. С. 49–54

Поступила в редакцию 11.02.2021.

После доработки 25.06.2021

Принята к публикации 13.08.2021

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИММУНОГЕНЕТИКИ ПРИ ОЦЕНКЕ БАРАНОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО КАЧЕСТВУ ПОТОМСТВА

Т.Н. Хамируев, кандидат сельскохозяйственных наук

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

*Исследования проводили с целью определения ранга барана-производителя с учетом результатов генетической экспертизы достоверности происхождения племенного молодняка тонкорунных и полугрубошерстных овец. Иммуногенетическую аттестацию выполняли по шести системам, включающим 14 эритроцитарных антигенов групп крови с использованием моноспецифических реагентов банка лабораторий иммуногенетики и ДНК-технологий Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства. По результатам оценки расхождения в записях происхождения потомства были незначительными. Достоверность происхождения по отцам у тонкорунных овец хангильского типа составила 91,9 %, у полугрубошерстных овец зугалайского типа – 91,7 %, по матерям у обоих пород – 100,0 %. Средняя живая масса и настриг шерсти номинального потомства оцениваемых тонкорунных баранов-производителей составили  $28,1 \pm 0,27$  кг и  $2,12 \pm 0,05$  кг, истинного –  $28,8 \pm 0,41$  кг и  $2,10 \pm 0,03$  кг соответственно, полугрубошерстных баранов –  $32,1 \pm 0,42$  кг и  $1,47 \pm 0,02$  кг;  $31,6 \pm 0,32$  кг и  $1,47 \pm 0,03$ . При определении племенной ценности по номинальным яркам-потомкам тонкорунный баран №56137 по живой массе был ухудшителем ( $td = -1,95$ ), баран №9036 – улучшителем ( $td = 2,12$ ), а по истинному потомству оба барана были нейтральными. Полугрубошерстные бараны-производители по номинальным дочерям по живой массе отнесены к нейтральным ( $td = 1,46$  и  $td = -1,65$  соответственно), а по истинным потомкам – баран №06598 к улучшителям ( $td = 3,47$ ), №08992 – к ухудшителям ( $td = -3,91$ ). По настригу мытой шерсти все производители при оценке по всем потомкам были нейтральными. Антигены Bd и Da можно расценивать как потенциальные маркеры высокой мясной и шерстной продуктивности соответственно.*

## THE USE OF IMMUNOGENETICS IN THE ASSESSMENT OF PRODUCING BARS BY THE QUALITY OF PROCEDURE

Khamiruev T.N.

Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia –  
branch Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,  
672010, Chita, ul. Kirova, 49  
E-mail: tnk0979@mail.ru

*The purpose of the research was to determine the rank of the producer ram, taking into account the results of genetic examination of the reliability of the origin of pedigree young stock of fine-wooled and semi-coarse-wooled sheep. Immunogenetic certification was carried out for six systems, including 14 erythrocyte antigens of blood groups using monospecific reagents of the bank of the laboratory of immunogenetics and DNA technologies of VNIIOK. Evaluation of the rams revealed minor discrepancies in the records of the offspring's lineage. Thus, the reliability of origin according to fathers in fine-wooled sheep of the Hangil type was 91.9%, in semi-coarse-wooled sheep of the Zugalai type - 91.7%, according to mothers - 100.0%, respectively. The average live weight and hair clipping of the nominal and true offspring from the evaluated fine-fleece brood rams was  $28.1 \pm 0.27$  kg,  $2.12 \pm 0.05$  kg and  $28.8 \pm 0.41$  kg,  $2.10 \pm 0.03$  kg, from semi-coarse rams -  $32.1 \pm 0.42$  kg,  $1.47 \pm 0.02$  kg, and  $31.6 \pm 0.32$  kg,  $1.47 \pm 0.03$ , respectively. Calculation of the coefficient of reliability for the live weight of nominal bright offspring indicates that fine-fleece ram No. 56137 is a deterioration in live weight ( $td = -1.95$ ) and neutral in terms of shearing of washed wool ( $td = 0.30$ ), ram No. 9036 is an improver ( $td = 2.12$ ) and neutral ( $td = -0.53$ ), respectively, while according to the true brightness both rams are neutral. A comparative assessment of semi-coarse-wooled rams-producers revealed that according to nominal daughters, in terms of live weight, they were classified as neutral ( $td = 1.46$  and  $td = -1.65$ , respectively), and according to true daughters, ram No. 06598 is improving ( $td = 3.47$ ), ram no. 08992 - worsening ( $td = -3.91$ ), according to the shearing of wool - the rams of the Aginsky breed of the Zugalai type, both in terms of nominal and true colors, were classified as neutral ( $td = 0.83$ ,  $td = 0.27$  and  $td = -0.37$ ,  $td = 0.00$ ). Generalization of the results on the identification of the relationship between erythrocyte factors and productivity indicators in sheep of the studied intra-breed types shows that the Bd and Da antigens can be regarded as potential markers of high meat and wool productivity, respectively.*

**Ключевые слова:** овца, иммуногенетика, оценка по качеству потомства, антиген, селекция, продуктивность, ранг барана

**Key words:** sheep, immunogenetics, assessment of the quality of offspring, antigen, selection, productivity, ram rank

Совершенствование существующих пород сельскохозяйственных животных предусматривает широкое использование в селекционном процессе особей с высоким генетическим потенциалом [1]. Устойчивое генетическое улучшение стад могут обеспечивать методы иммуногенетического анализа [2]. Благодаря сочетанию относительной простоты выполнения на сравнительно большом поголовье и достаточно высокой результативности он остается наиболее удобным и надежным способом оценки генетического потенциала

животных [3, 4]. Использование групп крови в качестве генетических маркеров открывает возможности для решения таких вопросов практической селекции, как оценка генетической ситуации в популяциях в процессе селекции и поиск генетических маркеров продуктивности сельскохозяйственных животных [5, 6, 7], изучение биоразнообразия, генетического родства и дифференциация внутри и между породами [8, 9], проверка достоверности происхождения [10]. Последняя необходима для исключения из селекционного про-

цесса животных с неизвестной родословной, чем выше достоверность происхождения, тем строже отбор и больше вероятность улучшения продуктивных качеств потомства [11]. Установлено, что повышение точности оценки увеличивает эффективность племенной работы в популяции [12, 13].

Цель исследований – определение рангов баранов-производителей с использованием результатов иммуногенетической аттестации достоверности происхождения племенного молодняка овец и выявление у потомства антигенных факторов, ассоциированных с высокими показателями продуктивности.

**Методика.** Объект исследований овцы тонкорунной забайкальской породы хангильского типа (ХЗТ, n=2) и полугрубошерстной агинской породы зугалайского типа (ЗАГ, n=2). Иммуногенетическую аттестацию животных проводили в КГУ «Агинская окружная ветеринарная лаборатория» по шести системам групп крови (*A, B, C, D, M* и *R-O*), включающим 14 эритроцитарных антигенов (*Aa, Ab, Bb, Bd, Be, Bi, Bg, Ca, Cb, Ma, Mb, R, O* и *Da*), с использованием моноспецифических реагентов банка лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК. Постановку реакций гемолиза и агглютинации, а также генетико-статистический анализ данных осуществляли согласно методическим рекомендациям СНИИЖК (2005). Подсчет частоты антигенов выполняли по методике Л.А. Животовского и А.М. Машурова [14].

Оценку баранов-производителей проводили по номинальным (по записям племенного учёта) и истинным (прошедшим генетическую экспертизу) дочерям. Показатели продуктивности ярок-потомков сравнивали отдельно между тонкорунными баранами №56137 и №9036 и полугрубошерстными производителями №06598 и №08992.

По степени наследования наиболее важных селекционируемых признаков (средняя живая масса ярок в возрасте 4 мес., настриг мытой шерсти в 15-месячном возрасте) баранов разделяли на следующие категории: достоверные улучшатели, когда критерий достоверности разности (td) равен +2 и выше; нейтральные – от +1,9 до -1,9 и ухудшатели – -2 и ниже.

Живую массу ярок-потомков определяли путем индивидуального взвешивания на электронных весах с точностью до 0,05 кг, настриг шерсти – индивидуально во время их стрижки (ВНИИОК, 1991). Экспериментальные данные обрабатывали методом вариационной статистики [15].

**Результаты и обсуждение.** По данным иммуногенетической аттестации на достоверность происхождения потомства в селекционных стадах путем сравнительного семейного анализа (отец – мать – потомок) основная ошибка наблюдается по линии отца. Так, достоверность происхождения у тонкорунного молодняка по отцу составляла 91,9 %, полугрубошерстного – 91,7 %, по матерям обеих пород – 100 %.

Сравнительная оценка баранов, в зависимости от направления продуктивности, по основным селекционируемым показателям номинальных и достоверных потомков, с учетом данных иммуногенетической аттестации, позволила выявить незначительные ошибки в записях о происхождении потомства, что влияет на объективную оценку барана (табл. 1).

**Табл. 1. Оценка баранов по продуктивным показателям потомства**

| Показатель                                                                             | Порода, тип      |                 |                  |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                                                                        | ХЗТ              |                 | ЗАГ              |                  |
|                                                                                        | №56137<br>(n=64) | №9036<br>(n=38) | №06598<br>(n=25) | №08992<br>(n=26) |
| Бараны                                                                                 |                  |                 |                  |                  |
|                                                                                        | 94,8             | 102,1           | 105,3            | 98,7             |
|                                                                                        | 6,4              | 5,9             | 2,7              | 2,6              |
| Ярочки-потомки                                                                         |                  |                 |                  |                  |
| Количество потомков:                                                                   |                  |                 |                  |                  |
| номинальные                                                                            | 69               | 42              | 27               | 29               |
| истинные                                                                               | 64               | 38              | 25               | 26               |
| Средняя живая масса, кг:                                                               |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | 28,1±0,27        |                 | 32,1±0,42        |                  |
| истинных                                                                               | 28,8±0,41        |                 | 31,6±0,32        |                  |
| Живая масса, кг                                                                        |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | 27,4±0,68*       | 29,2±0,44       | 33,4±0,78        | 30,8±0,67**      |
| истинных                                                                               | 28,2±0,61*       | 29,8±0,35       | 34,2±0,68        | 29,1±0,55***     |
| td (живая масса):                                                                      |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | -1,95            | 2,12            | 1,46             | -1,65            |
| истинных                                                                               | -0,82            | 1,85            | 3,47             | -3,91            |
| Ранг барана по качеству потомства (живая масса):                                       |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | ухудшатель       | улучшатель      | нейтральный      | нейтральный      |
| истинных                                                                               | нейтральный      | нейтральный     | улучшатель       | ухудшатель       |
| Средний настриг шерсти, кг:                                                            |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | 2,12±0,05        |                 | 1,47±0,02        |                  |
| истинных                                                                               | 2,10±0,03        |                 | 1,47±0,03        |                  |
| Настриг шерсти, кг:                                                                    |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | 2,15±0,09        | 2,07±0,08       | 1,50±0,03        | 1,45±0,05        |
| истинных                                                                               | 2,16±0,05        | 2,00±0,08       | 1,48±0,02        | 1,47±0,03        |
| td (настриг шерсти):                                                                   |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | 0,30             | -0,53           | 0,83             | -0,37            |
| истинных                                                                               | 1,03             | -1,18           | 0,27             | 0,00             |
| Ранг барана по качеству потомства (настриг шерсти):                                    |                  |                 |                  |                  |
| номинальных                                                                            | нейтральный      | нейтральный     | нейтральный      | нейтральный      |
| истинных                                                                               | нейтральный      | нейтральный     | нейтральный      | нейтральный      |
| *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001, при сравнении показателей производителей внутри породы. |                  |                 |                  |                  |

Средняя живая масса и настриг мытой шерсти всех номинальных ярок – дочерей оцениваемых баранов-производителей хангильского типа забайкальской породы составила  $28,1 \pm 0,27$  кг и  $2,12 \pm 0,05$  кг соответственно, в результате барана №56137 можно считать ухудшателем по живой массе и нейтральным по настригу мытой шерсти, барана №9036 – улучшателем и нейтральным соответственно. Живая масса истинных ярок в среднем составила  $28,8 \pm 0,41$  кг, настриг мытой шерсти –  $2,10 \pm 0,03$  кг, следовательно, обоих баранов можно считать нейтральным по обоим признакам. При этом как номинальный, так и истинный молодняк от барана №9036 достоверно ( $p < 0,05$ ) превосходит аналогов от барана №56137 по живой массе на 6,6 и 5,7 % соответственно.

У полугрубошерстных овец картина сложилась несколько иначе. средняя живая масса номинальных ярок от сравниваемых производителей агинской породы зугалайского типа составила  $32,1 \pm 0,42$  кг, средняя масса мытой шерсти –  $1,47 \pm 0,02$  кг, истинных –  $31,6 \pm 0,32$  кг и  $1,47 \pm 0,03$  кг соответственно. В результате при сравнительной оценке баранов-производителей по потомству выявлено, что по признаку живая масса по номинальным дочерям они были отнесены к нейтральным, по истинным – баран №06598 стал улучшателем, а производитель №08992 – ухудшателем. По признаку настриг мытой шерсти – бараны, как по номинальным, так и по истинным яркам были оценены как нейтральные.

Ранее было установлено, что доля ошибок в записях о происхождении племенного молодняка, в том числе в селекционных группах, может достигать 40 % и более. Так, в племенных хозяйствах Ставропольского края в результате сравнительного анализа оценок баранов по продуктивности номинальных дочерей (по записям

племенного учёта) и истинных потомков (прошедших генетическую экспертизу) в период 1999–2002 гг. только 45,6 % производителей подтвердили свой ранг [16].

По данным ученых опытной станции Ставропольского НИИ животноводства и кормопроизводства, оценка баранов ( $n=7$ ), основанная на иммуногенетическом тестировании производителей и их потомства с проведением генетической экспертизы достоверности происхождения полученного молодняка и учетом продуктивности истинных потомков, позволяет получать более достоверные сведения о племенной ценности производителей [17].

Результаты многолетних исследований свидетельствуют о целесообразности использования групп крови для оценки генетического потенциала овец [18]. На сегодняшний день выявлен ряд отдельных кровегрупповых факторов, сопряженных с показателями продуктивности [19, 20].

Результаты наших исследований свидетельствуют, что потомство барана-производителя №56137 характеризуется высокой частотой встречаемости эритроцитарных антигенов *Ab*, *Bb*, *Bg*, *Bi*, *Ca*, *Cb*, *Da*, *Ma*, *Mb* и *R*, которая составляет 0,924; 0,773; 0,909; 0,924; 0,652; 0,667; 0,894; 0,924; 0,970 и 0,652 соответственно. Реже всех отмечали животных с антигеном *Aa* (0,197).

У потомков барана №9036 в системе *A* из выявленных факторов встречаемость антигена *Aa* (0,690) была значительно выше, чем *Ab* (0,071). В наиболее полиморфной системе (*B*) выявлено пять антигенных факторов, из которых наименьшей частотой встречаемости характеризовался *Bb* (0,238), а самой высокой – *Bd* и *Bg* (соответственно 0,881 и 0,976). Среди животных с системой *C* чаще всего встречались носители антигена *Cb* (0,929), частота фактора *Ca* была средней (0,357). *M*

Табл. 2. Частота встречаемости антигенов групп крови потомства

| Система | Антиген | Порода, тип    |                |               |               |
|---------|---------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|         |         | ХЗТ            |                | ЗАГ           |               |
|         |         | №56137 (n=64)  | №9036 (n=38)   | №06598 (n=25) | №08992 (n=26) |
| A       | a       | 0,197±0,035*** | 0,690±0,061    | 0,963±0,026   | 0,966±0,024   |
|         | b       | 0,924±0,023    | 0,071±0,105*** | 0,963±0,026   | 0,931±0,033   |
| B       | b       | 0,773±0,036    | 0,238±0,095*** | 0,815±0,053   | 0,931±0,033   |
|         | d       | 0,227±0,036*** | 0,881±0,038    | 0,852±0,048   | 0,586±0,065** |
|         | e       | 0,258±0,038**  | 0,429±0,082    | 0,593±0,067   | 0,690±0,061   |
|         | g       | 0,909±0,025    | 0,976±0,017    | 0,333±0,064*  | 0,517±0,066   |
|         | i       | 0,924±0,023    | 0,571±0,071*** | 0,630±0,066   | 0,793±0,053   |
| C       | a       | 0,652±0,041    | 0,357±0,087*** | 0,370±0,066   | 0,517±0,066   |
|         | b       | 0,667±0,041*** | 0,929±0,029    | 0,444±0,068   | 0,621±0,064   |
| M       | a       | 0,924±0,023    | 0,905±0,034    | 0,741±0,060** | 0,966±0,024   |
|         | b       | 0,970±0,015    | 0,786±0,050*** | 0,852±0,048   | 0,897±0,040   |
| R-O     | R       | 0,652±0,041    | 0,714±0,058    | 0,333±0,064   | 0,276±0,059   |
|         | O       | 0,455±0,043    | 0,524±0,075    | 0,889±0,043   | 0,828±0,050   |
| D       | a       | 0,894±0,027    | -              | 0,889±0,043   | 0,966±0,024   |

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ , при сравнении показателей производителей внутри породы.

и *R-O* – системы характеризовались высоким уровнем встречаемости выявленных антигенных факторов: *Ma* – 0,905, *Mb* – 0,786, *R* – 0,714, *O* – 0,524.

У потомства от полугрубошерстных баранов №06598 и №08992 в системе *A* отмечена высокая концентрация антигенных факторов *Aa* и *Ab* (0,931...0,966), в системе *B* – высокая частота встречаемости всех антигенных факторов, которая варьировала соответственно в пределах 0,593...0,852 и 0,517...0,931, за исключением *Bg* фактора у потомков барана №08992, встречаемость которого была средней (0,333).

В системах *C* и *R-O* у потомков барана №06598 отмечена средняя частота встречаемости *Ca*, *Cb*, *R*-факторов (0,370; 0,444 и 0,333) и высокая *O* антигена (0,889). У ярок от производителя №08992 выявлена средняя частота встречаемости *R*-антигенного фактора и высокая *Ca*, *Cb* и *O*-эритроцитарных антигенов. Для систем *M* и *D* характерна высокая частота встречаемости антигенов *Ma*, *Mb* и *Da*, как у потомства барана №06598 (соответственно 0,741; 0,852 и 0,889), так и у ярок от производителя №08992 (0,966; 0,897 и 0,966).

У потомков барана №06598 достоверно чаще, чем у второго производителя полугрубошерстной породы, встречался эритроцитарный антиген *Bd* ( $p < 0,01$ ), реже – *Bg* ( $p < 0,05$ ) и *Ma* ( $p < 0,01$ ). В остальных системах существенной разницы не выявлено.

Результаты сопоставления иммуногенетических характеристик крови и продуктивных показателей потомства баранов №9036 и №06598, отличающихся от аналогов достоверно большей живой массой ( $p < 0,05$  и  $p < 0,001$ ), свидетельствуют о повышенной встречаемости в их крови *Bd* антигенного фактора соответственно на 0,654 ( $p < 0,001$ ) и 0,266 ( $p < 0,01$ ). Одновременно в крови тонкорунных дочерей барана №56137 присутствует эритроцитарный антиген *Da*, частота встречаемости которого составляет 0,894, при отсутствии его у сверстниц от барана №9036. При этом настриг мытой шерсти у истинных ярок-потомков от барана №56137 был выше, чем у аналогов, на 8,0 %.

Полученные результаты позволяют выдвинуть предположение о том, что антигенный фактор *Bd* может рассматриваться как генетический маркер высокой мясной продуктивности тонкорунных и полугрубошерстных овец, а антиген *Da* – высокой шерстной продуктивности у животных тонкорунной породы. Ранее [19] было высказано мнение о том, что в качестве маркеров высокой живой массы для прогноза мясной продуктивности в раннем возрасте могут быть использованы антигенные факторы *Ab*, *R* и *Da*. Для овец маньчжурской породы маркерами высокой мясной продуктивности служила высокая частота встречаемости *Be*-, *Ca*- и *Ma*-факторов [21]. Группы крови *Ab* и *Da* положительно коррелировали с уровнем шерстной продуктивности у овец грозненской, кавказской, ставропольской пород, маньчжурский и советский меринос [22]. По мнению исследователей, указанные группы крови проявляют одну из генетических связей – плейотропию или сцепление с генами, контролирующими уровень шерстной продуктивности у овец тонкорунных пород. Поэтому систематический отбор животных, в генотипе которых имеются желательные кровегрупповые факторы, будет способствовать повышению частоты их встречаемости в последующих поколениях, что в конечном итоге отразится на уровне продуктивности популяции в целом. Результаты наших исследований частично согласуются с этими данными.

Таким образом, оценка по живой массе потомства по номинальным и истинным дочерям приводила к

изменению рангов всех исследуемых баранов-производителей тонкорунной забайкальской породы хангильского типа и полугрубошерстной агинской породы зугалайского типа, по настригу шерсти этого не происходило. Результаты исследований свидетельствуют, что оценку баранов-производителей по основным селекционным признакам потомства для проведения дальнейшей селекционно-племенной работы необходимо проводить только по достоверным, подтвержденным иммуногенетической аттестацией, потомкам, что позволит своевременно выводить из стада ухудшателей и широко использовать баранов улучшателей.

Сравнительный анализ антигенного спектра тонкорунных и полугрубошерстных овец с показателями продуктивности (настриг шерсти, живая масса) выявил неоднозначный характер их взаимосвязи и показал, что с большей живой массой ярок обеих пород ассоциировался *Bd*-фактор, а у тонкорунных овец забайкальской породы хангильского типа большим настригом шерсти отличались животные, в системе групп крови которых присутствовал антиген *Da*.

## Литература.

1. Абонеев В. В., Шумаенко С. Н., Ларионов Р. П. Мясная продукция и качество баранины разных генотипов // Овцы, козы, шерстяное дело. 2012. №3. С. 36–38.
2. Деева В. С., Сухова Н. О. Группы крови крупного рогатого скота и их селекционное значение: монография. Новосибирск: Сиб. отд-ние. РАСХН, 2002. 172 с.
3. Охалкин С. К., Кочергин Н. А. Анализ селекционно-генетических процессов в стаде // Вестник РАСХН. 1993. № 4. С. 54–56.
4. Чижова Л. Н. Прогнозирование племенной ценности овец по биохимическим маркерам // Овцы, козы, шерстяное дело. 2004. № 2. С. 1–3.
5. Закономерности наследования высокой продуктивности овец по генетическим параметрам крови / Л. В. Ольховская, С. Ф. Силкина, Н. Г. Марутянц и др. // Ветеринарная патология. 2013. №1. С. 68–70.
6. Копылов И. А., Скорых Л. Н., Ефимова Н. И. Особенности иммуногенетического состава крови овец разных генотипов // Вестник АПК Ставрополя. 2017. №1(25). С. 92–94.
7. Using genetic markers in breeding sheep / D. Y. Degtyarev, L. N. Skorykh, D. V. Kovalenko, et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. №4. Р. 2137–2139.
8. Моисейкина Л. Г. Эколого-генетическое обоснование разведения овец в Калмыкии: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. Дубровицы, 2000. 38 с.
9. Empirical evaluation of genetic clustering methods using multilocus genotypes from 20 chicken breeds / N. A. Rosenberg, T. Burke, K. Elo, et al. // Genetics. 2001. V. 159. P. 699–713.
10. Генетическая характеристика каракульских овец Молдовы / П. И. Люцканов, О. А. Машнер, С. А. Евтодиенко и др. // Разведения і генетика тварин. 2010. № 44. С. 122–128.
11. Генетические маркеры в селекции овец / Л. Н. Чижова, В. В. Абонеев, А. И. Суров и др. // Овцы, козы, шерстяное дело. 2014. №2. С. 11–13.
12. Новиков А. В. Сочетаемость наследственности бычков-производителей в популяции крупного рогатого скота // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11. С. 40–43.

13. Русин М. Н., Новиков А. В., Романовская А. Р. Размеры телосложения животных стада ООО «Мезенское» // *Аграрный вестник Урала*. 2015. №11. С. 30–33
14. Животовский Л. А., Маишуров А. М. Методические рекомендации по статистическому анализу иммуногенетических данных для использования в селекции животных. Дубровицы: ВИЖ, 1974. 29 с.
15. 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.
16. Абонеев В. В., Егоров М. В., Чижова Л. Н. Использование генетических параметров крови при оценке баранов-производителей по качеству потомства // *Сб. науч. тр. СНИИЖК*. Ставрополь: ВНИИОК, 2003. Т. 1. №1-1. С. 117–119.
17. Селионова М. И., Силкина С. Ф., Чернов В. В. Использование метода генетической экспертизы достоверности происхождения потомства при оценке качества баранов-производителей // *Сб. научн. тр. СНИИЖК*. Ставрополь: ВНИИОК, 2004. Т. 2. №1-1. С. 102–106.
18. Абонеев В. В. Иммуногенетика в селекции овец: монография. Ставрополь: ВНИИОК, 2004. 170 с.
19. Закономерности наследования высокой продуктивности овец по генетическим параметрам крови / Л. В. Ольховская, С. Ф. Силкина, Н. Г. Марутянц и др. // *Ветеринарная патология*. 2013. №1. С. 68–70.
20. Трухачев В. И., Селионова М. И. Использование иммуногенетических маркеров в селекции и воспроизводстве овец // *Вестник АПК Ставрополя*. 2013. №2(10). С. 88–91.
21. Марченко В. В. Иммуногенетическая характеристика овец породы маньчжский меринос // *Ветеринария. Зоотехния и биотехнология*. 2017. №5. С. 38–42.
22. Селионова М. И. Иммуно- и молекулярно-генетические маркеры и их использование в селекции овец // *Сб. науч. тр. СНИИЖК*. Ставрополь: ВНИИОК, 2007. Т. 3. № 3-3. С. 3–8.

Поступила в редакцию 23.07.2021

После доработки 12.08.2021

Принята к публикации 26.08.2021

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЯСА БАРАНЧИКОВ ДАГЕСТАНСКОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ И ИХ ПОМЕСЕЙ

Ю.А. Юлдашбаев<sup>1</sup>, А.М. Абдулмуслимов<sup>2</sup>, И.А. Сазонова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет –  
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева,  
127550, Москва, ул. Тимирязевская 49

<sup>2</sup>Федеральный аграрный центр Республики Дагестан  
367014, Махачкала, ул. Абдуразака Шахбанова, 30

<sup>3</sup>Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,  
410050, Саратов, 1-й Институтский проезд, 4  
E-mail:zoo@rgau-msha.ru

*Исследования проводили с целью изучения аминокислотного состава мяса молодняка дагестанских тонкорунных овец и их помесей с баранами породы российский мясной меринос. Работу выполняли в условиях Республики Дагестан. Содержание валина в мясе помесей дагестанской горной породы овец и российского мясного мериноса было меньше, чем у чистокровных животных дагестанской горной породы, на 2 %, лейцина и изолейцина – на 1,6 %, лизина – на 1 %, фенилаланина – на 1,8. Обратная картина отмечена по метионину (на 7,7 %) и триптофану (на 1,8 %). Белок ткани длиннейшей мышцы спины помесных баранчиков отличался повышенным, по сравнению с чистокровными, количеством таких незаменимых аминокислот, как лизин (на 24 %), фенилаланин (на 10 %), сумма лейцина и изолейцина (на 20 %), метионин (на 21 %), валин (на 14 %), треонин (на 16 %). Лимитирующей аминокислотой в белке мяса баранчиков был фенилаланин, у которого был наименьший скор в обеих исследуемых группах животных как в средней пробе мяса, так и в длиннейшей мышце спины. Самый высокий скор в обеих группах баранчиков отмечен для триптофана. С учетом сгора лимитирующей аминокислоты потенциал использования белка мяса баранчиков дагестанской горной породы, а также средней пробы мяса помесей составлял 48 %. Величина этого показателя для длиннейшей мышцы спины помесных баранчиков была на 6 % больше, что свидетельствует о ее повышенной биологической ценности.*

## MORPHOLOGICAL COMPOSITION AND PHYSICOCHEMICAL INDICATORS OF BARANCH MEAT OF THE DAGESTAN ROCK BREED AND THEIR MIXTURES

Yuldashbaev Yu.A.<sup>1</sup>, Abdulmuslimov A.M.<sup>2</sup>, Sazonova I.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RSAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva,  
127550, Moskva, ul. Timiryazevskaya 49

<sup>2</sup>Federal Agrarian Center of the Republic of Dagestan,  
367014, Makhachkala, ul. Abdurazaka Shakhbanova, 30

<sup>3</sup>Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn,  
410050, Saratov, 1-i Institutskii proezd, 4  
E-mail:zoo@rgau-msha.ru

*The production of young lamb is of great importance in increasing the profitability of sheep breeding. The slaughter of lambs in the year of birth is most effective, since during this period of life the process of deposition of animal protein, which is the most valuable component of meat, takes place. In the total volume of marketable products of sheep breeding in Dagestan, more than 90 % is meat productivity, which determines the efficiency of the industry. The article presents data on the amino acid composition and amino acid rate of ram meat obtained from the crossing of Dagestan rock queens with Russian meat merino rams. Experimental studies were carried out in the conditions of the Agrofirm «Sogratl» on ewes of the Dagestan rock.*

**Ключевые слова:** аминокислотный состав, длиннейшая мышца, мякоть, общий белок

**Key words:** amino acid composition, longissimus muscle, pulp, total protein

На сегодняшний день рентабельность отрасли овцеводства во многом обеспечивает производство молодой баранины. Из-за низкого содержания в жире холестерина это мясо можно отнести к группе диетических продуктов. При этом самый высокий прирост мышечной ткани молодняка овец наблюдается в течение 4...6 месяцев жизни после отбивки [1, 2], что делает целесообразным убой ягнят на мясо в год рождения в связи с наиболее эффективным использованием кормов на производство единицы продукции и высоким качеством мяса [3, 4].

Биологическую ценность мяса, прежде всего, определяют белки мышечной ткани. По мнению А.И. Опарина, в течение жизнедеятельности протоплазмы клеток с ними происходят различные химические превращения с вовлечением в эти реакции других частей

живой материи. Остальные соединения не обладают такими свойствами. Белки выполняют жизненно необходимые для организма функции, что характеризует их важное биологическое значение [5].

Аминокислотный состав белка – главный показатель, на основании которого можно судить о биологической ценности мяса. На сегодняшний день известно более 80 аминокислот, в том числе 20 самых значимых, которые относятся к числу обязательных соединений, необходимых для синтеза белка [6, 7, 8].

Сами по себе белки не относятся к незаменимым компонентам, однако для нормального функционирования организма необходимы аминокислоты, которые должны поступать с пищей [9]. Поэтому в белках, которые потребляет человек, должны присутствовать незаменимые аминокислоты в необходимых количе-

ственных соотношениях. В связи с изложенным, практический и теоретический интерес представляет оценка формирования мясности овец в процессе развития, а также качества мяса, в том числе его аминокислотного состава [10, 11, 12]. По мнению ряда исследователей, изучавших зависимость аминокислотного состава мяса овец от различных факторов (порода, возраст, упитанность, направление продуктивности, внешние условия и др.), это важный показатель, характеризующий качество мясной продукции овцеводства [13, 14, 15].

Для повышения мясной продуктивности и улучшения качества мяса овец дагестанской горной породы проводят их скрещивание с баранами-производителями породы российский мясной меринос. При этом известно, что многие продуктивные свойства и показатели качества продукции животных зависят от их генотипа [16].

Цель исследований – изучить аминокислотный состав мяса молодняка дагестанских тонкорунных овец и их помесей с баранами породы российский мясной меринос.

**Методика.** Работу проводили в условиях Агрофирмы «Согратль» Гунибского района Республики Дагестан. При ягнении овцематок были сформированы две группы баранчиков: I – дагестанской горной породы (ДГ), II – помеси дагестанской горной породы и российского мясного меринуса (ДГ х РММ) в количестве по 20 голов в каждой группе. После завершения нагула мясного контингента по методике ВИЖ (1978) был проведен контрольный убой трех типичных баранчиков из каждой группы, отобраны образцы мяса из средней пробы туши и длиннейшей мышцы спины для определения аминокислотного состава, который осуществляли с использованием системы КЭ «Капель» М 04-38-2009.

После этого был рассчитан аминокислотный скор белка мяса, который позволяет выявить лимитирующие аминокислоты. Для его определения использовали «эталонную» шкалу, предложенную Комитетом ФАО/ВОЗ в 1985 г., которая показывает содержание каждой незаменимой кислоты в 100 г «идеального» белка.

Достоверность различий определяли методом вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента, различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Масса туши помесных баранчиков составила 35,0 кг, что на 4,1 кг больше, чем у чистопородных сверстников. По содержанию мякоти в туше помеси превосходили животных дагестанской горной породы на 2,2 кг, или на 19,6 % ( $p \leq 0,001$ ).

В сутки человеку необходимо потреблять по 3...4 г валина и изолейцина, 4...6 г лейцина, 3...5 г лизина, по 2...4 г метионина и фенилаланина, 2...3 г треонина, 1 г триптофана. В наших исследованиях в мясе помесных животных отмечали меньшее, чем у чистопородных баранчиков, содержание валина (на 2 %), а также суммы лейцина и изолейцина (на 1,6 %). Эти аминокислоты служат строительным материалом для синтеза белков костно-мышечного аппарата. Кроме того, лейцин при интенсивном метаболизме окисляется в мышцах до углекислого газа. Меньшее их содержание может косвенно свидетельствовать о более активном течении описанных процессов у помесных животных на этапе формирования и роста организма. Аналогичными причинами может быть обусловлено меньшее содержание лизина (на 1 %), который расходуется практически во всех обменных реакциях, и фенилаланина (на 1,8 %), участвующего в синтезе коллагена и соединительной ткани (табл. 1).

**Табл. 1. Аминокислотный состав мяса баранчиков, мг/100 г продукта (n=3)**

| Аминокислота                         | Дагестанская горная | Помеси (ДГхРММ) |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <i>Незаменимые аминокислоты</i>      |                     |                 |
| Лизин                                | 1103,3 ± 0,5        | 1091,7 ± 0,5*   |
| Фенилаланин                          | 536,0 ± 0,3         | 526,3 ± 0,3*    |
| Лейцин + изолейцин                   | 1542,0 ± 0,3        | 1517,7 ± 0,4*   |
| Метионин                             | 213,0 ± 0,2         | 229,3 ± 0,2*    |
| Валин                                | 562,3 ± 0,1         | 553,7 ± 0,3*    |
| Триптофан                            | 2220,0 ± 0,5        | 2232,3 ± 0,5*   |
| <b>Сумма незаменимых аминокислот</b> | <b>6176,6</b>       | <b>6151,0</b>   |
| <i>Заменимые аминокислоты</i>        |                     |                 |
| Аргинин                              | 669,3 ± 0,2         | 681,3 ± 0,2*    |
| Тирозин                              | 415,3 ± 0,1         | 416,3 ± 0,1**   |
| Гистидин                             | 286,7 ± 0,3         | 265,7 ± 0,2*    |
| Пролин                               | 613,3 ± 0,3         | 575,3 ± 0,3*    |
| Серин                                | 411,7 ± 0,4         | 409,0 ± 0,2**   |
| Аланин                               | 872,0 ± 0,2         | 833,3 ± 0,3*    |
| Глицин                               | 791,3 ± 0,5         | 699,0 ± 0,1*    |
| <b>Сумма заменимых аминокислот</b>   | <b>4059,6</b>       | <b>3879,9</b>   |
| * $p \leq 0,001$ ; ** $p \leq 0,01$  |                     |                 |

При этом мясо чистопородных животных содержало меньше аминокислот, участвующих в нормализации функций сердца и печени: метионина – на 7,7 %, триптофана – на 1,8 %. Предположительно метионин активнее расходовался в синтезе других биологически активных соединений, например, фосфолипидов (холестерин, лецитин и др.), карнитина, а также серосодержащих аминокислот цистеина и таурина. Триптофан, будучи прекурсором серотонина и никотиновой кислоты, усиленно использовался при их синтезе для большей активизации обмена веществ, по сравнению с помесными животными.

В длиннейшей мышце спины мышечные сокращения и процессы окисления во время движения животных, стимуляция энергетических процессов и другие виды метаболизма происходят менее интенсивно. Поэтому в ней накапливаются незаменимые аминокислоты, что указывает на высокую биологическую ценность такого мяса (табл. 2).

По нашим данным, в белке ткани длиннейшей мышцы спины помесных баранчиков содержание ряда незаменимых аминокислот было выше, чем у молодняка дагестанских тонкорунных овец: лизина – на 24 %, фенилаланина – на 10 %, суммы лейцина и изолейцина – на 20 %, метионина – на 21 %, валина – на 14 %, треонина – на 16 %.

По результатам расчета аминокислотного скор можно утверждать, что главная лимитирующая аминокислота в белке мяса баранчиков обеих исследуемых групп – фенилаланин (табл. 3). С учетом величины этого показателя возможность использования белка мяса исследуемых животных для пластических целей



**Табл. 2. Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины баранчиков, мг/ 100 г продукта (n=3)**

| Аминокислота                         | Дагестанская горная | Помеси F <sub>1</sub> (ДГхРММ) |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| <i>Незаменимые аминокислоты</i>      |                     |                                |
| Лизин                                | 989,0 ± 0,3         | 1223,0 ± 0,5*                  |
| Фенилаланин                          | 536,0 ± 0,2         | 592,0 ± 0,2*                   |
| Лейцин + изолейцин                   | 1453,0 ± 0,4        | 1746,5 ± 0,3*                  |
| Метионин                             | 217,0 ± 0,1         | 261,5 ± 0,1*                   |
| Валин                                | 543,0 ± 0,1         | 618,0 ± 0,1*                   |
| Триптофан                            | 2091,0 ± 0,4        | 1891,0 ± 0,3*                  |
| Треонин                              | 422,5 ± 0,2         | 491,0 ± 0,2*                   |
| <b>Сумма незаменимых аминокислот</b> | <b>6251,5</b>       | <b>6823,0</b>                  |
| <i>Заменимые аминокислоты</i>        |                     |                                |
| Аргинин                              | 634,5 ± 0,2         | 784,0 ± 0,2*                   |
| Тирозин                              | 380,0 ± 0,1         | 440,0 ± 0,1*                   |
| Гистидин                             | 331,5 ± 0,1         | 234,0 ± 0,1*                   |
| Пролин                               | 580,0 ± 0,2         | 710,5 ± 0,3*                   |
| Серин                                | 370,0 ± 0,3         | 464,5 ± 0,1*                   |
| Аланин                               | 833,0 ± 0,5         | 1037,0 ± 0,4*                  |
| Глицин                               | 710,5 ± 0,3         | 972,5 ± 0,3*                   |
| <b>Сумма заменимых аминокислот</b>   | <b>3839,5</b>       | <b>4642,5</b>                  |
| *p ≤ 0,001                           |                     |                                |

составляет 48 %. Избыток других аминокислот может быть источником неспецифического азота или расходоваться на энергетические нужды организма. Наибольший скор в обеих группах отмечали у триптофана (табл. 4). Различий между группами исследуемых животных не наблюдали, что свидетельствует о возможности равноценного использования и усвоения белка мяса баранчиков не зависимо от генетического происхождения.

Потенциал использования белка длиннейшей мышцы спины у молодняка дагестанской горной породы оставался таким же, как и для мяса в целом – 48 %, такой аминокислотный скор был отмечен сразу для двух аминокислот – фенилаланина и валина. У баранчиков, полученных от скрещивания маток дагестанской гор-

**Табл. 3. Аминокислотный скор белка мяса баранчиков, %**

| Аминокислота       | Дагестанская горная | Помеси (ДГхРММ) |
|--------------------|---------------------|-----------------|
| Лизин              | 90,4                | 89,1            |
| Фенилаланин        | 48                  | 48              |
| Лейцин + изолейцин | 62,7                | 62,7            |
| Метионин           | 53,3                | 57,8            |
| Валин              | 50                  | 50              |
| Триптофан          | 1000                | 1000            |

**Табл. 4. Аминокислотный скор белка длиннейшей мышцы спины баранчиков, %**

| Аминокислота       | Дагестанская горная | Помеси F <sub>1</sub> (ДГхРММ) |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|
| Лизин              | 81,8                | 100                            |
| Фенилаланин        | 48,0                | 54,0                           |
| Лейцин + изолейцин | 59,1                | 71,8                           |
| Метионин           | 54,4                | 66,7                           |
| Валин              | 48,0                | 56,0                           |
| Триптофан          | 940,0               | 860,0                          |
| Треонин            | 47,5                | 55                             |

ной породы с баранами российского мясного мериноса, потенциал был на 6 % выше, чему у чистопородных, что обусловлено большим содержанием фенилаланина. Максимальный для этого вида мяса аминокислотный скор в нашем опыте также отмечен для триптофана.

Таким образом, содержание валина в мясе помесей дагестанской горной породы овец и российского мясного мериноса было меньше, чем у чистокровных животных дагестанской горной породы, на 2 %, лейцина и изолейцина – на 1,6 %, лизина – на 1 %, фенилаланина – на 1,8. Обратная картина отмечена по метионину (на 7,7 %) и триптофану (на 1,8 %). Белок ткани длиннейшей мышцы спины помесных баранчиков отличался повышенным, по сравнению с чистокровными, количеством таких незаменимых аминокислот, как лизин (на 24 %), фенилаланин (на 10 %), сумма лейцина и изолейцина (на 20 %), метионин (на 21 %), валин (на 14 %), треонин (на 16 %).

Лимитирующей аминокислотой в белке мяса баранчиков был фенилаланин, у которого был наименьший скор в обеих исследуемых группах животных как в средней пробе мяса, так и в длиннейшей мышце спины. Самый высокий скор в обеих группах баранчиков отмечен для триптофана.

С учетом сора лимитирующей аминокислоты потенциал использования белка мяса баранчиков дагестанской горной породы, а также средней пробы помесей составлял 48 %. Величина этого показателя для длиннейшей мышцы спины помесных баранчиков была на 6 % больше, что свидетельствует о ее повышенной биологической ценности.

### Литература.

1. Гогаев О. К. Скрещивание – важный резерв повышения производства продукции овцеводства // Мат-лы конф. Совершенствование племенных и продуктивных качеств животных и птицы. М.: МГАВМиБ имени К. И. Скрябина, 1999. С. 145–147.
2. Двалишвили В. Н. Российское овцеводство – современные реалии URL: <https://www.agroxxi.ru/zhivotnovodstvo/intervyu/rossiiskoe-ovcevodstvo-sovremennye-realii.html> (дата обращения: 07. 06. 2021).
3. Ерохин А. И., Карасев Е. А., Ерохин С. А. Интенсификация производства и повышение качества мяса овец: монография. М.: МЭСХ, 2015. 304 с.
4. Карабаева М. Э., Колотова Н. А. Мясная продуктивность и качество мяса молодняка овец разных генотипов // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2017. №1. С. 16–21.

5. Опарин А. И. Белок как основа жизненных процессов // *Советские по белку*. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. С. 5–17.
6. Антипова Л. В., Rogov И. А. Методы исследования мяса и мясопродуктов. М.: КолосС, 2004. 571 с.
7. Браунштейн А. Е. Значение аминокислот в питании и в регуляции обмена веществ // *Вопросы питания*. 1957. Т. 16. №5. С. 45–60.
8. Гаглоев А. Ч., Негреева А. Н., Фролов Д. А. Качества мяса и жира разного генотипа // *Технологии пищевой перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания*. 2016. №2. С. 14–18.
9. Чылбак-оол С. О. Белково-качественный показатель и питательная ценность мяса баранчиков тувинской породы // *Зоотехния*. 2019. №6. С. 24–28.
10. Королев В. М., Авсаджанов Г. С., Чочиев Г. М. Аминокислотный состав мяса баранчиков // *Ученые записки: в 2 т*. Нальчик: Книга, 1972. С. 2–5.
11. Мамаев С. Ш., Кубатбеков Т. С., Галиева З. А. Биохимический состав и качество мяса молодняка овец // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 3. С. 17–19.
12. Никитченко В. Е., Никитченко Д. В. Мясная продуктивность овец: монография М.: РУДН, 2009. 138 с.
13. Сазонова И. А. Сбалансированность аминокислотного состава мяса эдильбаевских баранчиков в зависимости от природно-климатического фактора // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2018. №3. С. 53–55.
14. Влияние генотипа баранчиков на мясную продуктивность и качество баранины / С. В. Семенченко, А. С. Дегтярь, Ю. А. Колосов и др. // *Концепт*. 2016. Т. 15. С. 81–85.
15. Estrus induction in dairy sheep during the anestrus period / Yu. A. Yuldashbayev, M. I. Selionova, M. M. Aibazov, et al. // *Bulletin of national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019. Vol. 3. №. 379. P. 64–71.
16. Хамируев Т. Н., Волков И. В., Базарон Б. З. Сравнительная оценка продуктивных качеств полугрубшерстных овец разных генотипов // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. № 9. С. 52–54.

Поступила в редакцию 10.07.2021

После доработки 01.08.2021

Принята к публикации 16.08.2021

# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯСА ГОЛЫНЯ ОЗЕРНОГО *Phoxinus phoxinus* (Pallas) БАСЕЙНА РЕКИ ЛЕНА

Т.В. Слепцова, В.Т. Васильева, кандидат биологических наук,  
А.Ф. Абрамов, доктор биологических наук

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
им. М.Г. Сафронова обособленное подразделение Федерального исследовательского центра  
«Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»,  
677001, Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1  
E-mail: SlepsovaTV@yandex.ru

Исследования проводили с целью определения биохимического состава и пищевой ценности голяна озёрного в 4 улусах бассейна реки Лена. Голянь озёрный, типичный представитель мелких промысловых рыб, широко расселен в водоемах Якутии. Материал для исследований был собран в 2012–2014 гг. в Якутии в Кобяйском (с. Арыктах, оз. Ниджили), Виллюйском (с. Лёкчён, оз. Лёкчён), Хангаласском (участок Урун Бас, оз. Урун Бас) и Намском (с. Модут, оз. Эбэ) улусах. Биохимический состав рыбы определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Spectra Star 2200. В зависимости от места вылова содержание белка в мышечной ткани голяна озёрного варьировало от 15,50 до 17,90 % и было наибольшим у рыбы из оз. Эбэ Намского улуса (17,90±0,01 %). Мясо *Phoxinus phoxinus* (Pallas) бассейна р. Лена относится к среднекалорийным (100...199 ккал/100 г), низковитаминным продуктам. В зависимости от места обитания голянь озёрный может относиться к среднежирным или жирным сортам рыб. Его белок имеет низкую биологическую ценность. По содержанию макро- и микроэлементов, а также витаминов мясо голяна озёрного значительно уступает аналогичной продукции карася якутского. В будущем в связи с развитием в республике аквакультуры озёрный голянь может быть востребован в качестве добавочного корма для личинок и мальков выращиваемых видов рыб.

## ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE MEAT OF THE LAKE MINNOW - *Phoxinus phoxinus* (Pallas) OF THE LENA RIVER BASIN

Slepsova T.V., Vasilyeva V.T., Abramov A.F.

Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G. –  
a separate division of Federal Research Center  
«Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»,  
677001, Yakutsk, ul. Bestuzheva-Marlinskogo, 23/1  
E-mail: SlepsovaTV@yandex.ru

The results of the study of the biochemical composition and nutritional value of the lake minnow in 4 uluses of the Lena River basin are presented. The object of research is the lake minnow, a typical representative of small non-commercial fish, widely distributed in the reservoirs of Yakutia. The material for research was collected in 2012–2014 in Yakutia in Kobayaysky (Aryktakh village, lake. Nijili), Vilyuysky (village of Lekechen, lake Lekechen), Khangalassky (site of Urun Bas, lake Urun Bas) and Namsky (village of Modut, Lake Ebe) uluses. The biochemical composition of fish was determined by the method of infrared spectroscopy on the Spectra Star 2200 analyzer. Depending on the place of catch, the protein content in its muscle tissue varied from 15.50 to 17.90 % and was the highest in the minnow of oz. Ebe of the village of Modut of Namsky ulus (17.90±0.01 %). According to the fat content in meat (13.00±0.01 %), minnow of oz. The Ebe of S. Modut of Namsky ulus belongs to the fatty varieties of fish (8.3–15.0 %). In terms of the content of macro- and microelements, as well as vitamins, it is significantly inferior to the Yakut carp. In the future, due to the growth of aquaculture farms in the republic, the catch of lake minnow will grow as an additional feed for larvae and fry of farmed fish species.

**Ключевые слова:** промысловые рыбы, голянь озёрный (*Phoxinus phoxinus*), биохимический состав, пищевая ценность, Якутия

**Key words:** non-commercial fish, lake minnow (*Phoxinus phoxinus*), biochemical composition, nutritional value, Yakutia

До развития земледелия большое место в рационе якутов занимала рыба. В Якутском и Виллюйском округах, изобиловавших мелкими, неглубокими озерами, преобладающими ее видами были караси и голяны [1]. В. Л. Серошевский писал, что «... каждая якутская семья в год потребляет от 10 до 15 пудов этой мелкой рыбешки (мунду)» [2]. Летом голянов ловили в основном корчагами, вершами, редко – мелочайными волосяными сетями, зимой – саками [1]. Из него готовили сыма, лыба, хачымаас, сушили (хохту), жарили и запекали, варили уху, добавляли в кисломолочные продукты [3, 4, 5].

В современных условиях голянь озёрный – *Phoxinus phoxinus* (Pallas) широко расселен в водоемах Якутии. Он характеризуется высокой численностью, но практически не используется.

Тело голяна озёрного довольно высокое, немного сжатое с боков. Рот небольшой, конечный. Окраска тела темно-голубовато-золотистая. Спина темно-зеленая, бока золотистые с зеленым отливом и черными мелкими пятнами, которых особенно много выше боковой линии. Брюшина светлая, беловатая с желтизной, красноты на брюхе не бывает даже во время нереста. Спинной и хвостовой плавники обычно бледновато-желтые. Радужина глаз светло-золотистая [6, 7]. В зависимости от условий водоема интенсивность окраски различная. Половозрелым становится на втором году жизни [8, 9].

Обитает в озерах, искусственно созданных водоемах, карьерах и торфяных болотах, в том числе сильно зарастающих, со значительным дефицитом кислорода. Голяна можно встретить в заболоченных озерах, в которых, кроме него и карася, не может жить ни одна

Табл. 1. Биохимический состав и энергетическая ценность мяса голяня озёрного

| Улус         | Вода, %       | Белки, %      | Жиры, %       | Зола, %      | Энергетическая<br>ценность, ккал/100 г |
|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------------------|
| Намский      | 65,30 ± 0,04* | 17,90 ± 0,01* | 13,00 ± 0,01* | 1,30 ± 0,01* | 190,4                                  |
| Кобяйский    | 71,20 ± 0,01  | 16,90 ± 0,01  | 11,00 ± 0,01  | 0,90 ± 0,01  | 135,0                                  |
| Вилуйский    | 73,70 ± 0,63  | 15,80 ± 0,01  | 7,70 ± 0,01   | 1,20 ± 0,01  | 134,0                                  |
| Хангаласский | 76,30 ± 0,12  | 15,50 ± 0,01  | 5,80 ± 0,02   | 1,10 ± 0,01  | 119,0                                  |
| *p ≤ 0,05    |               |               |               |              |                                        |

другая рыба. Держится главным образом в прибрежной полосе, среди растительности, где находит хорошие места для нагула и размножения.

Промыслового значения голянь озёрный не имеет. В ряде водоемов он служит важным объектом питания хищных рыб, и одновременно сам выступает как серьезный пищевой конкурент карася.

При попадании в водоем окуня или щуки озёрный голянь выедается практически полностью. В водоемах, где хищники отсутствуют, он распределяется по акватории равномерно, в других случаях группируется в небольшие стайки по 10...15 особей близких по размеру и возрасту. Крупные особи ведут придонный образ жизни, выплывая к поверхности в сумеречное и предзвездное время. Молодь держится стайками, которые быстро откочевывают к берегу и держатся на мелководных хорошо прогреваемых участках или у поверхности воды в зарослях водной растительности, где активно питается на протяжении суток, за исключением полуденного времени. На зиму глубоко зарывается в ил и проводит ее в спячке [10]. Относительно высокая теплолюбивость и термоустойчивость озёрного голяня обусловлена экологическими особенностями этого вида [11].

А. Е. Кулаковский описывает 4 вида «мунду» (общее якутское название всех видов голяньев) и вводит их в род мелких линеи – *Phoxinus* [12]:

голянь озёрный широко расселен во всех водоемах, особенно в Вилуйской группе улусов и в Центральной Якутии. Половой зрелости достигает на втором году жизни. Нерест весенний, плодовитость составляет 3...8,5 тыс. икринок. Вылов составляет 1,0...2,5 тыс. т в год. [13];

голянь чекановского (куонэх) заселяет мелководные озера с чистой водой, малочислен, очень жирный;

голянь амурский распространен в бассейне р. Лены, малочислен;

голянь обыкновенный заселяет все реки Якутии, но малочислен.

Вылов голяня (главным образом, озёрного и обыкновенного), по данным Якутрыбвода, без деления на виды в 1970 г. составлял 155 т, в 1976 г. – 268 т, в 1980 г. – 72 т, в 1990 г. – 62 т, в 2000 г. – 2 т, более поздние статистические данные отсутствуют. Значительные объемы вылова в 1970-х гг. связаны с тем, что рыба шла на корм песцам, чёрно-бурым лисицам и другим пушным зверям [6].

Цель исследования – изучение биохимического состава и пищевой ценности озёрного голяня *Phoxinus phoxinus* (Pallas) бассейна реки Лена для определения возможностей его дальнейшего использования.

**Методика.** Материал для исследований собирали в 2012–2014 гг. в Якутии в Кобяйском (с. Арыктах, оз. Ниджили), Вилуйском (с. Лёкёчён, оз. Лёкёчён), Хангаласском (участок Урун Бас, оз. Урун Бас) и Намском (с. Модут, оз. Эбэ) улусах. Кроме того, характеристики мяса голяня озёрного сравнивали с аналогичными показателями широко распространённого в озерах Якутии карася якутского, выловленного в Кобяйском улусе. Лов рыбы проводили с использованием малькового невода длиной 10 м. Отбор образцов осуществляли непосредственно в местах вылова методом выборки из каждой партии характерных мерных экземпляров, согласно ГОСТ 7631-2008. Образцы объединяли в однородные партии и формировали среднюю пробу, согласно ГОСТ 31339-2006.

Биохимический состав рыбы определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Spectra Star 2200 в лаборатории переработки сельскохозяйственных продуктов и биохимических анализов

Табл. 2. Содержание макро- и микроэлементов в мясе голяня озёрного и карася якутского, мг/100 г

| Улус            | Кальций       | Фосфор         | Калий          | Йод            | Железо          |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Карась якутский |               |                |                |                |                 |
| Кобяйский       | 55,07 ± 9,82* | 253,36 ± 30,69 | 265,02 ± 23,02 | 79,01 ± 13,81* | 5500,00 ± 8,05* |
| Голянь озёрный  |               |                |                |                |                 |
| Намский         | 14,70 ± 0,06  | 281,40 ± 0,19* | 284,20 ± 0,15  | 15,90 ± 0,01   | 1101,00 ± 0,19  |
| Кобяйский       | 10,80 ± 0,03  | 115,00 ± 0,11  | 161,20 ± 0,08  | 16,70 ± 0,01   | 1740,00 ± 0,12  |
| Вилуйский       | 13,60 ± 0,01  | 243,10 ± 0,04  | 290,40 ± 0,03* | 18,10 ± 0,01   | 1019,00 ± 0,06  |
| Хангаласский    | 12,20 ± 0,02  | 220,80 ± 0,06  | 270,80 ± 0,04  | 11,60 ± 0,01   | 895,00 ± 0,06   |
| В среднем       | 12,83 ± 0,03  | 215,08 ± 0,10  | 251,65 ± 0,07  | 15,57 ± 0,01   | 1188,75 ± 0,10  |
| *p ≤ 0,05       |               |                |                |                |                 |

Табл. 3. Содержание жирорастворимых витаминов в мясе голяня озёрного и карася якутского

| Улус            | А, мкг/100 г  | D, мкг/100 г | E, мг/100 г  | B <sub>12</sub> , мкг/100 г | H, мкг/100 г | PP, мг/100 г |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|
| Карась якутский |               |              |              |                             |              |              |
| Кобяйский       | 43,01 ± 4,60* | 7,79 ± 1,45* | 1,58 ± 0,27* | 9,81 ± 1,90*                | 8,48 ± 1,66* | 7,80 ± 1,45* |
| Голянь озёрный  |               |              |              |                             |              |              |
| Намский         | 22,25 ± 0,26  | 1,21 ± 0,02  | 0,33 ± 0,01  | 1,24 ± 0,01                 | 5,01 ± 0,01  | 1,25 ± 0,08  |
| Кобяйский       | 28,84 ± 0,12  | 1,54 ± 0,02  | 0,93 ± 0,01  | 1,77 ± 0,01                 | 5,48 ± 0,07  | 1,77 ± 0,01  |
| Вилуйский       | 23,61 ± 0,03  | 1,42 ± 0,02  | 0,45 ± 0,01  | 1,35 ± 0,01                 | 5,45 ± 0,01  | 1,18 ± 0,01  |
| Хангаласский    | 22,93 ± 0,03  | 1,40 ± 0,02  | 0,95 ± 0,01  | 1,38 ± 0,01                 | 4,75 ± 0,01  | 1,16 ± 0,01  |
| В среднем       | 24,41 ± 0,11  | 1,39 ± 0,02  | 0,66 ± 0,01  | 1,43 ± 0,01                 | 5,17 ± 0,02  | 1,34 ± 0,02  |
| *p ≤ 0,05       |               |              |              |                             |              |              |

ЯНИИСХ, остальные показатели – с использованием общепринятых действующих методик. Учитывали содержание основных нутриентов (белок, жир, вода, зола, макро- и микроэлементы, витамины, аминокислоты). По результатам проведенных анализов рассчитывали аминокислотный скор. Данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием коэффициента Стьюдента при  $p \leq 0,05$  [15].

**Результаты и обсуждение.** В зависимости от места вылова содержание белка в мышечной ткани голяня озёрного варьировало от 15,50 до 17,90 % (табл. 1), что позволяет отнести его к белковым продуктам (содержание протеина 15...20 %). Наибольшую величину этого показателя отмечали у рыб из оз. Эбэ, расположенного в Намском улусе ( $17,90 \pm 0,01$  %). По содержанию жира в мясе голяня из оз. Урун-Бас ( $5,80 \pm 0,02$  %) и оз. Лёкёчён ( $7,70 \pm 0,01$  %) относится к среднежирным сортам рыб (2,6...8,0 %). Самое высокое количество жира зафиксировано в мясе голяня оз. Эбэ ( $13,00 \pm 0,01$  %), что соответствует жирным сортам рыб (8,3...15,0 %). Отмеченные различия могут быть связаны с внешними условиями среды обитания и возрастной изменчивостью. Самые высокие величины этих показателей наблюдаются при лучшей обеспеченности рыбы кормом.

Результатирующий показатель биохимического состава – энергетическая ценность (калорийность) продукта. Наибольшей (190,4 ккал/100 г) она была у мяса голяня, выловленного в оз. Эбэ Намского улуса, что обусловлено высоким содержанием жира. При этом все изученные образцы относились к среднекалорийным продуктам (100...199 ккал/100 г).

Содержание кальция в мясе голяня озёрного варьирует в пределах 10,80...14,70 мг/100 г, фосфора – 115,00...281,40 мг/100 г, калия – 161,20...290,40 мг/100 г, йода – 11,60...18,10 мкг/100 г и железа – 895,00...1740,00 мкг/100 г (табл. 2). Наиболее высокое содержание кальция и фосфора выявлено в образцах из оз. Эбэ Намского улуса, калия и йода – в мясе рыбы из оз. Лёкёчён Вилуйского улуса, железа – в образцах оз. Ниджили Кобяйского улуса, что, вероятно, связано с различиями в химическом составе потребляемых кормов. Следует отметить, что мясо голяня озёрного содержит значительно меньше кальция, йода и железа, чем аналогичная продукция карася якутского, соответственно в 4,29 раз, 5,07 раз и в 4,62 раза.

Мясо голяня озёрного характеризуется низким содержанием витаминов А, D, E, B<sub>12</sub>, H, PP (табл. 3). Различия между величинами этих показателей в исследуемых образцах скорее всего связаны с услови-

ями среды обитания. Наибольшее содержание всех исследованных витаминов, кроме E, отмечено в мясе голяня из оз. Ниджили Кобяйского улуса, наименьшее витаминов А, D, E, B<sub>12</sub> в образцах из оз. Эбэ Намского улуса, H и PP – в рыбе из оз. Урун Бас Хангаласского улуса. Якутский карась превосходит голяня озёрного по количеству витамина А на 18,6 мкг/100г (в 1,76 раз), D – на 6,4 мкг/100 г (в 5,6 раз), E – на 0,92 мг/100 г (в 2,39 раз), B<sub>12</sub> – на 8,38 мкг/100г (в 6,86 раз), H – на 3,31 мкг/100 г (в 1,64 раз), PP – на 6,46 мг/100 г (в 5,82 раз).

В состав мяса рыб входит значительное количество полноценных белков, которые содержат важнейшие для процессов жизнедеятельности аминокислоты [16], которые определяют пищевую ценность протеина [18], при этом усвоение белка зависит от содержания незаменимых аминокислот. Общее содержание аминокислот в мясе голяня озёрного составило 11,39 г/100

Табл. 4. Аминокислотный состав белка мяса голяня озёрного

| Аминокислота | Содержание, г/100 г |                                  | Скор, % |
|--------------|---------------------|----------------------------------|---------|
|              | гольян озер-<br>ный | идеальный<br>белок (ФАО/<br>ВОЗ) |         |
| Незаменимые  |                     |                                  |         |
| Валин        | 0,92 ± 0,02         | 5,0                              | 18,4    |
| Изолейцин    | 0,78 ± 0,03         | 4,0                              | 19,5    |
| Лейцин       | 0,99 ± 0,03         | 7,0                              | 14,1    |
| Лизин        | 1,07 ± 0,03         | 5,5                              | 19,4    |
| Метионин     | 0,53 ± 0,04         | 1,0                              | 53,0    |
| Треонин      | 0,67 ± 0,03         | 4,0                              | 16,8    |
| Триптофан    | 0,15 ± 0,02         | 1,0                              | 15,0    |
| Фенилаланин  | 0,54 ± 0,05         | 3,0                              | 18,0    |
| Заменимые    |                     |                                  |         |
| Аланин       | 1,04 ± 0,02         | 3,0                              | 34,6    |
| Аргинин      | 0,92 ± 0,02         | 5,0                              | 18,4    |
| Гистидин     | 0,92 ± 0,01         | 1,5                              | 61,3    |
| Глицин       | 1,01 ± 0,02         | 5,0                              | 20,2    |
| Пролин       | 0,58 ± 0,03         | 7,0                              | 8,3     |
| Серин        | 0,53 ± 0,05         | 3,0                              | 17,6    |
| Тирозин      | 0,57 ± 0,02         | 3,0                              | 19,0    |
| Цистин       | 0,17 ± 0,02         | 2,0                              | 8,5     |

г, в том числе незаменимых аминокислот – 5,65 г/100 г, заменимых – 5,74 г/100 г (табл. 4). Биологическую ценность белков лимитируют аминокислоты, скор которых ниже 100. С учетом этого в мясе голяна озерного главные лимитирующие незаменимые аминокислоты – лейцин (14,1 %) и триптофан (15,0 %), заменимая – пролин (8,3 %) и цистин (8,5 %).

Таким образом, мясо *Phoxinus phoxinus* (Pallas) бассейна р. Лена относится к белковым (15,5...17,9 %), среднекалорийным (100...199 ккал/100 г), низковитаминным продуктам. В зависимости от места обитания голяна озерный может относиться к среднежирным или жирным сортам рыб. Его белок имеет низкую биологическую ценность, аминокислотный скор по лейцину составляет 14,1 %, по триптофану – 15,0 %.

Голяна озерный может быть использован в качестве дополнительного продукта в рационе питания человека, а также как кормовая добавка для сельскохозяйственных животных. В будущем в связи с развитием аквакультуры в республике озерный голяна может быть востребован в качестве добавочного корма для личинок и мальков выращиваемых видов рыб.

#### Литература.

1. Саввин А. А. *Пища якутов до развития земледелия*. Якутск: ИГИ АН РС (Я), 2005. 111 с.
2. Серошевский В. Л. *Якуты* / 2-е изд. М.: Рос. Полит. Энцикл., 1993. 713 с.
3. Тарбахов И. И. *Эн остуолун сахалыы астары. Якутские блюда*. Якутск: Якут. кн. изд-во, 1986. 62 с.
4. Кузьмина Е. Ф. *Саха төрүт аһа – үөлэ*. Якутск: Бичик, 2006. 172 с.
5. Илларионов В. В., Илларионова Т. В. *Якутская национальная кухня: традиции и современность* // *Манускрипт*. 2019. Т. 12. №12. С. 115–119.
6. Тяптингянов М. М. *Мониторинговые исследования биологии некоторых озер Намского района Республики Саха (Якутия)* // *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова*. 2015. №5(49). С. 31–42.
7. Тяптингянов М. М. *Мониторинг рыбных ресурсов реки Таатты* // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013. №8-2. С. 186–188.
8. Кириллов Ф. Н. *Рыбы Якутии*. М.: Наука, 1972. 358 с.
9. Дрягин П. А. *Половой цикл нереста рыб* // *Изв. ВНИИ озер. и речн. рыб. хоз-ва*. 1949. Т. 28. С. 3–113.
10. Шахтарин Д. В. *Озерный голяна (Phoxinus phoxinus (Pallas, 1814)) бассейна среднего течения реки Лена* // *Проблемы региональной экологии*. 2009. № 3. С. 94–97.
11. *Избирательная температура и температурная устойчивость озерного голяна Rhynchocypris phoxinus / А. К. Смирнов, В. К. Голованов, И. Л. Голованова и др.* // *Биология внутренних вод*. 2020. № 2. С. 156–161.
12. Мордосов И. И., Мордосова О. Н. *Комментарии к списку рыб Якутии А. Е. Кулаковского* // *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова*. 2016. № 4 (54). С. 17–28.
13. Кириллов А. Ф. *Промысловые рыбы Якутии*. М.: Научный мир, 2002. 194 с.
14. Лысыков Ю. А. *Аминокислоты в питании человека* // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2012. №2. С. 88–104.
15. Лебедев П. Т., Усович А. Т. *Методы исследования кормов, органов и тканей животных*. М.: Россельхозиздат, 1969. 476 с.
16. Umar Z. N. *Effect of ice storage on free amino acids of various edible fishes* // *Pakistan J. Sci. and Ind Res*. 1988. Vol. 31. No. 3. P. 194–199.
17. Бубыр И. В. *Пищевая ценность пресноводных рыб Беларуси* // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. №1. С. 57–64.

Поступила в редакцию 16.06.2021

После доработки 02.08.2021

Принята к публикации 23.08.2021

**Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции**

УДК 664.1:633.63:54.062

DOI:10.31857/S2500262721050148

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЫХОДА САХАРА С СОСТАВОМ НЕСАХАРОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

**М.И. Егорова**, кандидат технических наук,  
**Л.Н. Пузанова**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
**Л.Ю. Смирнова**, научный сотрудник,  
**Е.В. Леонтьева**, кандидат сельскохозяйственных наук

*Курский федеральный аграрный научный центр,  
 305021, Курск, ул. Карла Маркса, д. 70 Б  
 E-mail: rniisp@gmail.com*

*В статье рассматривается методологический подход к оценке взаимосвязи показателей выхода готового продукта (сахара) и его потерь в мелассе с составом несахаров сырья сахарной свеклы (содержанием калия, натрия,  $\alpha$ -аминного азота) в условиях Республики Татарстан. Все установленные зависимости демонстрируют линейный характер с преимущественно очень высоким и высоким уровнем положительной связи для потерь целевого компонента в мелассе и отрицательной связи с выходом готового продукта. Более значительный вклад в величину выхода целевого компонента и его потерь в мелассе оказывает содержание  $\alpha$ -аминного азота. Интерпретация регрессионных зависимостей позволяет обозначить область максимального выхода сахара и его минимальных потерь в мелассе, которая ограничивается содержанием  $\alpha$ -аминного азота до 2 ммоль/100 г свеклы и суммой натрия и калия до 6 ммоль/100 г свеклы. Указанные величины содержания несахаров в сахарной свекле в условиях Республики Татарстан позволяют обеспечить высокие показатели эффективности производства сахара. При сравнении прогнозных результатов деятельности свеклосахарных заводов, рассчитанных на основе полученных зависимостей, с фактическими результатами за 2019 и 2020 гг. отмечена их высокая сходимость. При использовании данных для центральных регионов страны отмечено завышение прогнозных величин, по отношению к фактическим, что подтверждает региональные различия состава сахарной свеклы и ее поведения при переработке. Следовательно, рассматриваемые зависимости должны устанавливаться для конкретного сахаропроизводящего региона.*

**THE RELATIONSHIP BETWEEN THE YIELD OF SUGAR AND THE COMPOSITION OF NONSUGARS OF SUGAR BEET IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

**Egorova M.I., Puzanova L.N., Smirnova L.Yu., Leonteva E.V.**

*Federal Agricultural Kursk Research Center  
 305021, Kursk, ul. Karla Marksa, 70 B  
 E-mail: rniisp@gmail.com*

*The article discusses a methodological approach to assessing the relationship between indicators of the output of the finished product – sugar and sugar loss in molasses with the composition of nonsugars of raw materials – sugar beet. The relationships of these indicators from the content of potassium, sodium,  $\alpha$ -amino nitrogen in raw materials is analyzed using the conditions of the Republic of Tatarstan as an example. All obtained dependencies show a linear character with predominantly very high and high levels of positive relationship for loss of the target component in molasses and a negative relationship with of the finished product yield. The analysis of the formed regression equations showed that the content of  $\alpha$ -amine nitrogen makes a more significant contribution to the yield of the target component and its losses in molasses. Interpretation of regression dependences allows us to designate the area of minimum sugar losses in molasses and maximum sugar yield, which is limited by the content of  $\alpha$ -amino nitrogen up to 2 mmol/100 g of beet and the sum of sodium and potassium up to 6 mmol/100 g of beet. The indicated values of the content of nonsugars in sugar beet in the conditions of the Republic of Tatarstan make it possible to ensure high indicators of the efficiency of sugar production. When comparing the forecast results of sugar beet factories, calculated on the basis of the obtained dependencies, with the actual for 2019 and 2020 in the conditions of the Republic of Tatarstan, their high convergence was noted. When comparing the same results for the central regions of the country, an overestimation of the predicted values in relation to the actual ones was noted, this confirms the regional differences in the composition of sugar beet and its behavior during processing. It is shown that the considered dependences should be established for a specific sugar-producing region.*

**Ключевые слова:** сахарная свекла (*Beta vulgaris* L. v. *saccharifera*), выход сахара, потери сахара в мелассе, несахара, калий, натрий,  $\alpha$ -аминный азот, взаимосвязь

**Key words:** sugar beet (*Beta vulgaris* L. v. *saccharifera*), sugar yield, sugar loss in molasses, nonsugars, potassium, sodium,  $\alpha$ -amino nitrogen, relationship

Современная обстановка в экономике заставляет разрабатывать стратегии, которые формируют ключевые возможности развития и достижения конкурентных целей [1]. В полной мере это относится и к свеклосахарным заводам, которые сталкиваются с колебаниями объемов поставок сырья – сахарной свеклы, что приводит к перепроизводству или дефициту на рынке сахара. Для снятия такой напряженности на уровне государства и отрасли предпринимаются меры по развитию экспорта белого сахара, свекловичного

сахара-сырца, увеличению площади посевов сахарной свеклы, выводу или консервации мощностей переработки [2] и др.

В качестве критериев конкурентоспособности свеклосахарных заводов рассматривают различные показатели [3], в том числе длительность производственного сезона, которая должна составлять не менее 120...150 суток, что связано с объемами перерабатываемого сырья. Для 11 российских свеклосахарных заводов мощностью более 7 тыс. т переработки свеклы в

сутки при максимальной длительности сезона 150 суток потребуется более 1 млн т сырья. Однако если в сезон переработки урожая 2019 г. такого уровня достигли 7 российских предприятий, то при переработке сахарной свеклы 2020 г. это удалось лишь на двух заводах – ООО «Агроснабсахар» (Липецкая область) и ОАО «Заинский сахар» (Республика Татарстан), которые произвели соответственно 211 и 193 тыс. т белого сахара.

ОАО «Заинский сахар» входит в холдинг «Агросила», 12 агрофирм которого поставляют ему сырье. По сути, свеклосахарный кластер «Агросилы» это большой системный комплекс аграрно-пищевой технологии [4, 5], в рамках которого осуществляется поступательное развитие подсистемы растениеводческой продукции и перерабатывающей подсистемы на основе современных агротехнологий и освоения мирового опыта [6]. На заводе внедрена система бережливого производства [7] «Агро», по итогам аудита в 2018 г. он удостоен знака серебряного уровня развития по принципам Всеобщей производственной системы Toyota (T-TPS) – это первый результат среди предприятий мировой пищевой промышленности. В последние годы система бережливого производства в организациях ассоциируется с решением задач модернизации и развитием предприятия на основе научно-технического прогресса [8].

Объединение сельскохозяйственных и перерабатывающих технологий в сложные технологические системы неизбежно, а интеграция их усилий приводит к саморазвитию таких систем [9]. Важная особенность подобных комплексов – преодоление технологических и технических барьеров по всей цепочке [5], установление общего темпа их эволюции, необходимость создания технологических требований к выходным параметрам процессов по всем подсистемам [9].

В комплексе сквозной аграрно-пищевой технологии производства сахара выходными параметрами аграрной подсистемы выступают показатели сахарной свеклы, характеризующие ее технологическую адекватность [10]. Связано это с тем, что технология сахара, преобразующая живой растительный объект в кристаллическую форму высокоочищенного дисахарида, реализуется в технологических линиях, которым из-за вариативности показателей сырья присуща вариативность внешней и внутренней среды. Именно различия в составе сырья вызывают введение или исключение отдельных стадий в технологическом потоке производства сахара [11].

В мировой практике оценка технологической адекватности сахарной свеклы имеет множество аспектов, но наиболее часто ее определяют по потенциальной эффективности производства сахара – показателям выхода белого сахара и потерям сахара в мелассе. Как правило, определение этих прогнозных величин основано на эмпирических формулах, учитывающих содержание в сахарной свекле сахарозы, калия, натрия,  $\alpha$ -аминного азота [12].

ОАО «Заинский сахар» – один из лидеров свеклосахарной отрасли России характеризуется высокими технико-экономическими показателями. Вместе с тем, резервом дальнейшего развития и поддержания конкурентоспособности для завода может быть работа с агрофирмами в части повышения технологической адекватности сырья. В основе такой кооперации сельскохозяйственной и перерабатывающей технологий должны лежать дополнительные требования к сахарной свекле, не обозначенные в ГОСТ 33884 «Свекла

сахарная. Технические условия». Это согласуется с общемировыми тенденциями определения прогнозируемого выхода сахара на основе учета содержания несахаров в сахарной свекле – калия, натрия,  $\alpha$ -аминного азота. Определение значений таких нормативов должно опираться на научно обоснованные величины применительно к условиям зоны выращивания сахарной свеклы.

Цель исследований – оценить взаимосвязь выхода сахара с составом несахаров сахарной свеклы, возделываемой в зоне свеклосеяния ОАО «Заинский сахар».

**Методика.** Работу проводили с образцами сахарной свеклы, выращенной в 2020 г. в 10 агрофирмах зоны свеклосеяния ОАО «Заинский сахар». При приемке корнеплодов заводом было отобрано (по ГОСТ 33884-2016) 190 проб корнеплодов 13 гибридов. Пробоподготовку осуществляли по ГОСТ Р 53036-2008 путем отмывания корнеплодов, удаления хвостиков, корешков, отделения примесей органического и неорганического происхождения, измельчения в мезгу. В лаборатории ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в свекловичной мезге определяли содержание сахарозы, а также несахаров – калия, натрия,  $\alpha$ -аминного азота. Концентрацию сахарозы измеряли методом холодного водного дигерирования (по методике ICUMSA GS6-1), в качестве осветлителя использовали раствор уксуснокислого свинца массовой концентрацией 2,5 %. Содержание  $\alpha$ -аминного азота определяли по методике ICUMSA GS6-5, модифицированной в части приготовления рабочих реактивов, аликвот исследуемого раствора и рабочих реактивов при измерении [13], натрия и калия – потенциометрически ионоселективными электродами по скорректированной методике [14]. Прогнозируемые потери сахара в мелассе и его выход из сахарной свеклы каждой пробы рассчитывали по Брауншвейгской формуле [15], принимая стандартные потери сахарозы до мелассы на уровне 0,9 %.

Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики и регрессионного анализа с построением аппроксимирующих зависимостей и определением коэффициентов парной корреляции между искомыми параметрами. Выявленные зависи-

**Табл. 1. Химический состав сахарной свеклы зоны свеклосеяния ОАО «Заинский сахар» и прогнозные результаты ее переработки**

| Показатель                                                                                                                                             | max   | min   | $X \pm \varepsilon$ | V, %  | Me    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| Сахаристость, %                                                                                                                                        | 21,32 | 14,85 | $18,37 \pm 0,15$    | 5,85  | 18,57 |
| $\alpha$ -N, ммоль/100 г свеклы                                                                                                                        | 6,68  | 0,61  | $1,81 \pm 0,17$     | 65,70 | 1,39  |
| K, ммоль/100 г свеклы                                                                                                                                  | 8,01  | 1,65  | $4,31 \pm 0,16$     | 26,70 | 4,25  |
| Na, ммоль/100 г свеклы                                                                                                                                 | 4,52  | 0,47  | $1,93 \pm 0,10$     | 35,95 | 1,89  |
| K+Na, ммоль/100 г свеклы                                                                                                                               | 11,24 | 2,28  | $6,24 \pm 0,23$     | 26,69 | 6,15  |
| Схм, %                                                                                                                                                 | 3,43  | 0,91  | $1,66 \pm 0,06$     | 25,82 | 1,57  |
| B, %                                                                                                                                                   | 19,13 | 11,58 | $15,81 \pm 0,19$    | 8,72  | 16,11 |
| *min – минимальная величина показателя, max – максимальная величина показателя, $X \pm \varepsilon$ – средняя, Me – медиана, V – коэффициент вариации. |       |       |                     |       |       |



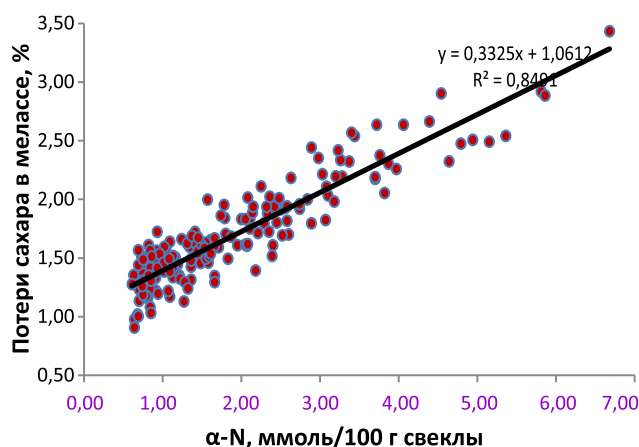


Рис. 1. Зависимость потерь сахара в мелассе от содержания  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле.

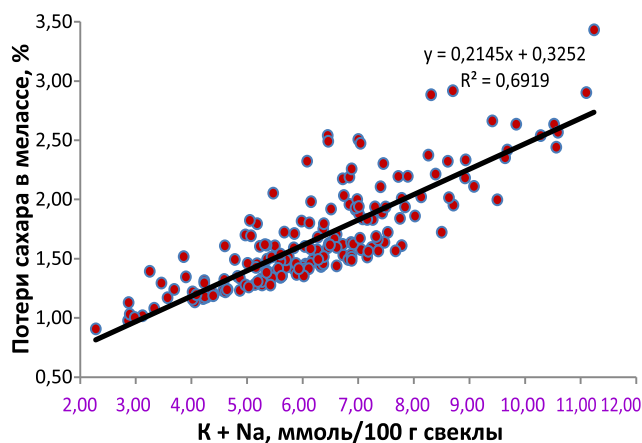


Рис. 2. Зависимость потерь сахара в мелассе от содержания суммы калия и натрия в сахарной свекле.

мости представляли в виде регрессионных уравнений для кодированных и натуральных значений факторов. Показатели адекватности уравнений определяли с использованием критерия Фишера и коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Устанавливали зависимости прогнозируемых потерь сахара в мелассе и выхода сахара от содержания  $\alpha$ -аминного азота, а также суммы (для удобства представления графических результатов) калия и натрия в сахарной свекле.

**Результаты и обсуждение.** Коэффициенты вариации ( $V$ ) прогнозных величины потерь сахара в мелассе ( $Sx_m$ ) и выхода сахара ( $B$ ), рассчитанные на основании данных о содержании в корнеплодах сахарной свеклы сахарозы, калия, натрия,  $\alpha$ -аминного азота составляли 8,72 и 25,82 % (табл. 1).

Поскольку щелочные элементы (калий и натрий), а также  $\alpha$ -аминный азот служат сильными мелассообразователями, с увеличением их содержания в сахарной свекле потери сахара в мелассе возрастают. Зависимость расчетных потерь сахара в мелассе от содержания  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле (рис. 1) имеет линейный характер с высоким коэффициентом аппроксимации. Коэффициент парной корреляции между рассматриваемыми величинами  $r = 0,921$  свидетельствует об очень высокой положительной связи по шкале Чеддока.

В среднем по России за сезон переработки сахарной свеклы урожая 2020 г. потери сахара в мелассе составили 1,93 %, в Республике Татарстан – 1,69 %, в 2019 г. – соответственно 1,78 % и 1,49 %. При ориентации на усредненную величину потерь 1,80 % можно отметить, что содержание сахара в мелассе менее этой величины отмечается при содержании  $\alpha$ -аминного азота менее 2,5 ммоль/100 г свеклы (см. рис. 1). При величине этого показателя на уровне 1,0...1,5 ммоль/100 г свеклы потери сахара в мелассе можно уменьшить до 1,30...1,40 %.

В то же время, в центральных регионах страны (Воронежская, Тамбовская, Брянская области) по данным 2019 г. при среднем содержании  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле 2,10 ммоль/100 г свеклы, близком по величине к наблюдаемому в Республике Татарстан, прогнозируемые потери сахара в мелассе находятся на более высоком уровне 2,14 % [16]. Это подчеркивает региональные различия состава сахарной свеклы и ее поведения при переработке. Одновременно в целом потери в 2019 г. остаются более низкими, чем в 2020 г. По данным Союзроссахара в среднем для указанных

центральных регионов они находились на уровне 1,90 % и 2,05 %.

Зависимость расчетных потерь сахара в мелассе от содержания суммы калия и натрия в сахарной свекле также имеет линейный характер (рис. 2), но с коэффициентом аппроксимации ниже, чем у предыдущей зависимости, что может быть обусловлено большим разбросом величины этого показателя. Коэффициент парной корреляции между рассматриваемыми величинами  $r = 0,832$  свидетельствует о высокой положительной связи, хотя она менее сильная, чем между потерями сахара в мелассе и  $\alpha$ -аминным азотом.

Потерь сахара в мелассе менее 1,80 % можно ожидать при сумме калия и натрия менее 7 ммоль/100 г свеклы (см. рис. 2), менее 1,40 % – при величине этого показателя менее 5 ммоль/100 г свеклы. Для центральных регионов страны (Воронежская, Тамбовская, Брянская области) в 2019 г. прогнозируемые потери сахара в мелассе на уровне 2,14 % достигались при среднем содержании суммы натрия и калия в сахарной свекле 6,69 ммоль/100 г свеклы [16], то есть по щелочным элементам в сахарной свекле и их влиянию на результаты переработки отмечаются еще большие региональные различия.

Зависимость выхода сахара от содержания  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле имеет линейный характер (рис. 3), коэффициент аппроксимации указывает на разброс величин этого показателя. Коэффициент парной корреляции  $r = -0,774$  свидетельствует о высокой

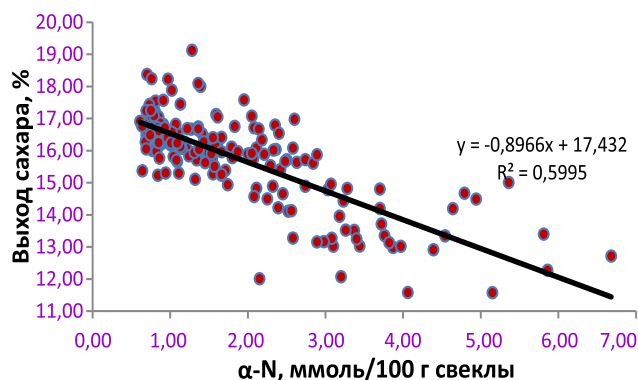


Рис. 3. Зависимость выхода сахара от содержания  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле.

Табл. 2. Уравнения регрессии, отражающие изменение потерь сахара в мелассе и выхода сахара под влиянием мелассообразующих несахаров

| Показатель                 | Уравнение регрессии                           | Показатели адекватности уравнения |                 |                |
|----------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|
|                            |                                               | F <sub>факт</sub>                 | F <sub>05</sub> | R <sup>2</sup> |
| Потери сахара в мелассе, % | $Y_1 = 0,4799 + 0,24A + 0,12B + 0,12C$        | 61938                             | 2,65            | 0,999          |
| Выход сахара, %            | $Y_2 = 18,4213 - 0,7769A - 0,3663B - 0,1947C$ | 118,2                             | 2,65            | 0,656          |

отрицательной связи. Увеличение содержания  $\alpha$ -аминного азота до 2 ммоль/100 г свеклы понижает выход сахара до 15,64 %, до 2,5 ммоль/100 г свеклы – до 15,19 %. Полученные эмпирические данные подтверждают фактические результаты работы ОАО «Заинский сахар»: по данным Союзроссахара по итогам сезона переработки сахарной свеклы урожая 2020 г. при средней сахаристости 18,78 % выход сахара составил 15,65 %.

В то же время в центральных регионах России при переработке сахарной свеклы урожая 2019 г. при средней сахаристости 18,02 %, содержании  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле 2,10 ммоль/100 г свеклы, выход сахара составил 14,93 % [16]. Расчетный выход сахара согласно установленным эмпирическим зависимостям равен 15,54 %, что на 0,61 % выше. То есть находит подтверждение их предназначенность исключительно для условий конкретного свеклосеющего региона, в котором они получены.

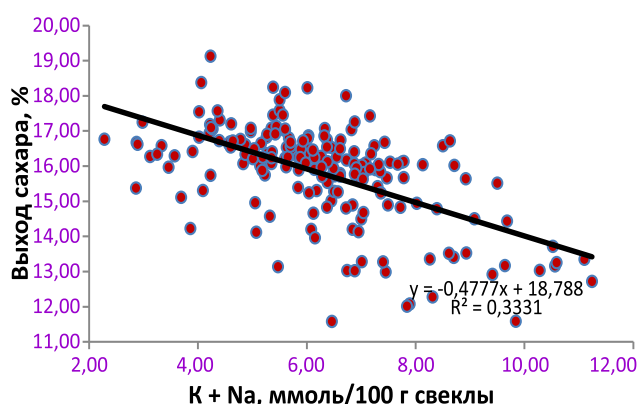


Рис. 4. Зависимость выхода сахара от содержания суммы калия и натрия в сахарной свекле.

Зависимость выхода сахара от содержания суммы калия и натрия в сахарной свекле также имеет линейный характер (рис. 4), коэффициент аппроксимации указывает на разброс анализируемых величин. Коэффициент парной корреляции  $r = -0,577$  свидетельствует о заметной отрицательной связи. Однако она менее сильная, чем между выходом сахара и содержанием  $\alpha$ -аминного азота. Соответствующий расчет по полученной зависимости выхода сахара для условий центральных регионов России в 2019 г., исходя из приведенных [16] уровней сахаристости (18,02 %) и содержания калия и натрия (6,69 ммоль/100 г свеклы), дает результат выше на 0,66 %.

Полиномиальные уравнения, количественно связывающие воздействие содержания  $\alpha$ -аминного азота (A), калия (B), натрия (C) на показатели потерь сахара в мелассе ( $Y_1$ ) и выход сахара ( $Y_2$ ) с учетом только значимых коэффициентов регрессии (табл. 2) отвечают требованиям статистической адекватности исходя из значений критерия Фишера (фактическое значение

больше табличного  $F > F_{05}$ ) и коэффициента детерминации  $R^2$ . Анализ формализованных результатов, полученных с использованием этих уравнений, показывает следующее: повышение содержания  $\alpha$ -аминного азота на 1 ммоль/100 г свеклы приводит в среднем к увеличению потерь сахара в мелассе на 0,24 % и снижению выхода сахара на 0,78 %. Рост концентрации калия и натрия на 1 ммоль/100 г свеклы сопровождается увеличением потерь сахара в мелассе на 0,12 % (для каждого элемента) и снижению выхода сахара на 0,37 % и 0,19 % соответственно. Стандартизированные формы уравнений регрессии свидетельствуют, что наибольшее влияние показатели потенциальной эффективности производства сахара (выход белого сахара и потери сахара в мелассе) оказывает содержание  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле (фактор A).

Результаты анализа графиков квадратичных уравнений регрессии, при расчете которых сумму переменных содержания калия (B) и натрия (C) объединили в одну переменную D, указывают на отсутствие оптимизационных пиков. Вместе с тем, учитывая задачу достижения минимального уровня потерь сахара в мелассе 1,3...1,4 %, можно обозначить соответствующую область, которая ограничивается следующими координатами: содержание  $\alpha$ -аминного азота до 2 ммоль/100 г свеклы, сумма калия и натрия до 6 ммоль/100 г свеклы (рис. 5). При такой концентрации мелассообразующих несахаров в сахарной свекле выход сахара превышает 17 % (рис. 6).

Таким образом, на основании оценки взаимосвязи показателей эффективности производства сахара с составом несахаров сахарной свеклы показан более существенный вклад в величину потерь сахара в мелассе и выхода сахара содержания  $\alpha$ -аминного азота в сахарной свекле. Для достижения высоких показателей эффективности производства сахара в Республике Татарстан оптимальный уровень  $\alpha$ -аминного азота до

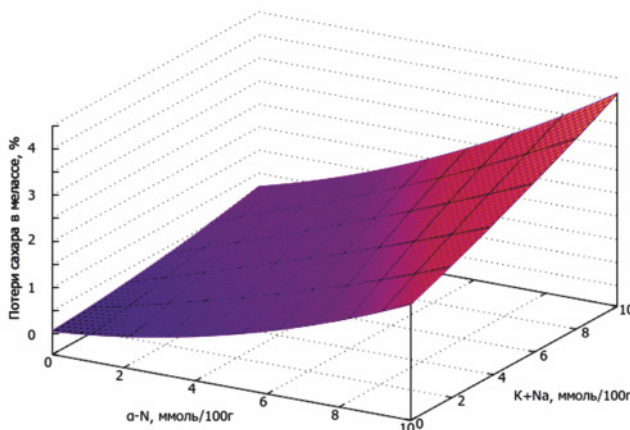


Рис. 5. Квадратичная зависимость потерь сахара в мелассе от содержания мелассообразующих несахаров.

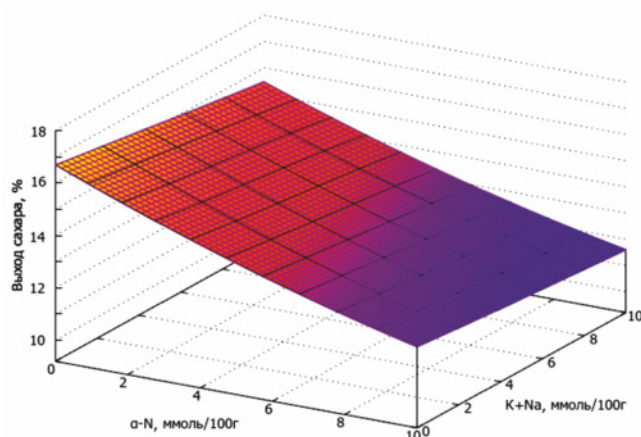


Рис. 6. Квадратичная зависимость выхода сахара от содержания мелассообразующих несахаров.

жен быть ниже 2 ммоль/100 г свеклы, калия и натрия в сумме – не более 6 ммоль/100 г свеклы. Учитывая региональные различия состава сахарной свеклы, оптимальные уровни содержания мелассообразующих несахаров для каждого сахаропроизводящего региона следует устанавливать отдельно на основе аналогичных зависимостей.

#### Литература

- Овчинникова Т. И., Марков А. В., Дуванова Ю. Н. О сущности понятия «стратегическая конкурентоспособность» // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 417–422.
- Иванов Е. В. Предварительные итоги свеклосахарного производства в сезоне 2019/2020 – рекорды, рекорды, рекорды // Сахарная свекла. 2020. № 1. С. 2–5.
- Иванов Е. В. Каковы перспективы свеклосахарной отрасли в новом сезоне // Сахарная свекла. 2020. № 5. С. 2–9.
- Егорова М. И., Епифанова Н. П. Сквозная аграрно-пищевая технология производства сахара // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 3. С. 91–92.
- Панфилов В. А. Системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 4. С. 6–9.
- Балабанова Г. И. Как «Заинский сахар» превращает минусы в плюсы // Сахарная свекла. 2016. № 4. С. 24–27.
- Питель Т. С. Бережливое производство как инструмент преобразования деятельности предприятий АПК // Вестник аграрной науки. 2018. № 4 (73). С. 111–114.
- Галин З. Г., Фролова О. Н., Ковшов В. А. Концепция бережливого производства в молочном скотоводстве Республики Башкортостан: принципы и неуклонное сокращение потерь // Вестник Евразийской науки. 2019. № 6. Т. II. URL: <https://esj.today/PDF/107ECVN619.pdf>. (дата обращения: 20.06.2021)
- Панфилов В. А. Синергетический подход к проектированию сложных технологий АПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 4–7.
- Оценка технологической адекватности свеклы сахарной как сырья для производства сахара / М. И. Егорова, Л. Н. Пузанова, С. В. Хлюпина и др. // Аграрная наука. 2018. № 7-8. С. 50–54.
- De Bruijn, J. M. The fascinating sweet world of sugar technology – never a dull moment // Sugar industry. 2012. Vol. 137. № 11. P. 697–706.
- De Bruijn J. M. Impact of beet quality on sugar manufacture. Part 1. General considerations of the technological beet quality // Sugar Industry. 2020. Vol. 145. № 2. P. 86–93.
- Азотистые вещества сахарной свеклы и продуктов сахарного производства и экспресс-методы их определения / В. Н. Кухар, А. П. Чернявский, Л. И. Чернявская и др. // Сахар. 2019. № 4. С. 42–59.
- Egorova M. I., Puzanova L. N., Smirnova L. Yu. Technological adequacy of sugar beet hybrids for the 2019 harvest in Kursk Region // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. 052026. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/640/5/052026/meta> (дата обращения: 20.06.2021). doi:10.1088/1755-1315/640/5/052026.
- Neubewerbung des technischen Wertes von Zuckerrüben / K. Buchholz, B. Märlander, H. Glatkowski, et al. // Zuckerindustrie. 1995. № 2 (120). P. 113–121.
- Путилина Л. Н., Лазутина Н. А. Повышение технологического качества сахарной свеклы в результате внекорневого внесения препарата «БиоТерра Антистресс» // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 9–19.

Поступила в редакцию 25.06.2021

После доработки 08.08.2021

Принята к публикации 25.08.2021

## 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 в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. Доля ссылок на источники старше 10 лет не должна превышать 30 % списка литературы, доля ссылок на публикации в журналах из ядра РИНЦ за последние 8 лет должна составлять не менее 50 % списка литературы. 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 высылается журнал 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.gao.ru](http://www.gao.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.**