

УДК 631.524:631.415.1

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2025-1-42-54

ПРОВОКАЦИОННЫЕ ФОНЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОТОУСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР, КЛЕВЕРА И ЛЮЦЕРНЫ*

А.А. Ионов, научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

a.ionov@vniikormov.ru

PROVOCATIVE BACKGROUNDS FOR HIGHLIGHTING ACID-RESISTANT GENOTYPES OF CEREALS, CLOVER AND ALFALFA

A.A. Ionov, Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow Region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

a.ionov@vniikormov.ru

Приведены данные о состоянии пахотных земель в мире, а также обобщены научные результаты по применению в селекции злаковых и многолетних бобовых культур провокационных фонов с повышенной кислотностью почвенного раствора (рН от 3,0 до 4,8) для условий Нечерноземной зоны Российской Федерации. Представлен обзор 49 научных источников за период с 1991 по 2024 гг. для злаковых культур: озимой ржи, овса пленчатого, ярового ячменя и пшеницы, и за период с 1999 по 2025 гг. для многолетних бобовых культур: люцерны и клевера. Методом анализа и обобщения установлено, что для выделения генотипов злаковых культур, устойчивых к повышенной почвенной кислотности, оптимальными значениями кислотности почвенного раствора провокационного фона являются значения рН от 3,8 до 4,2. Для многолетних бобовых культур (люцерна и клевер) оптимальными значениями рН почвенного раствора являются значения от 3,0 до 4,8. Отмечено, что применение методов биотехнологии, а также метода симбиотической селекции в отношении злаковых культур, клевера и люцерны способствует ускорению селекционного процесса на 5–10 лет в зависимости от исследуемой культуры.

Ключевые слова: кислотостойчивость, провокационный фон, зерновые культуры, многолетние бобовые культуры.

The article presents data on the state of arable lands in the world, as well as summarizes scientific results on the use of provocative backgrounds with high acidity of soil solution (pH from 3.0 to 4.8) in the breeding of cereals and perennial legumes for the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Feder-

*Исследования проводятся в рамках выполнения тематики государственного задания «Вывести новые сорта сельскохозяйственных культур (кормовых, аридных, зерновых и зернобобовых, плодовых и масличных), адаптированных к различным почвенно-климатическим условиям Российской Федерации и отличающихся высокой устойчивостью к основным заболеваниям и к местным неблагоприятным условиям среды, на основе использования существующих и вновь создаваемых методов получения исходного материала с заданными свойствами (FGGW-2025-0002)».

ation. A review of 49 scientific sources for the period from 1991 to 2024 is presented for cereals: winter rye, oats, spring barley and wheat, and for the period from 1999 to 2025 for perennial legumes: alfalfa and clover. By the method of analysis and generalization, it was found that to isolate the genotypes of cereal crops resistant to increased soil acidity, the optimal values of the acidity of the soil solution of the provocative background are pH values from 3.8 to 4.2. For perennial legumes (alfalfa and clover), the optimal pH values of the soil solution are values from 3.0 to 4.8. The article also notes that the use of biotechnology methods, as well as the method of symbiotic breeding, in relation to cereals, clover and alfalfa, accelerates the breeding process by 5–10 years, depending on the crop under study.

Keywords: acid resistance, provocative background, grain crops, perennial legumes.

Выращивание сельскохозяйственных культур требует учета множества факторов: климатические условия, гранулометрический состав почв, длина светового дня, длина вегетационного периода, содержание основных питательных элементов, гумуса и др. По состоянию на 2010 г. пахотные земли в мире занимали 1,35 млрд га суши, что составляет всего 0,2 га на человека. Значительные площади пахотных земель сталкиваются с серьезными стрессовыми факторами, включая деградацию и низкое качество [1]. В 2020 г. было отмечено, что лишь 10% пашни свободны от действия стрессовых факторов, что, согласно приведенным выше данным, составляет всего 135 млн га [2]. В России большинство пахотных земель характеризуется повышенной кислотностью ($pH \leq 5,5$) и на этих землях ведение сельского хозяйства без применения мелиоративных приемов невозможно [3]. Более точных данных о площади земель с повышенной кислотностью в РФ нет.

Сельское хозяйство требует в первую очередь стрессоустойчивых сортов, что обусловлено, прежде всего, пестротой почвенного покрова и глобальным изменением климата [4]. По мнению академика А.А. Жученко, действие абиотических и биотических стрессоров — главная причина значительных различий ме-

жду потенциальной и реализованной урожайностью сельскохозяйственных культур [5]. Одним из главных стрессовых факторов является кислая реакция почвенного раствора.

Для контроля уровня кислотности почвенного раствора самым эффективным способом мелиорации является известкование [6–8]. Само по себе известкование является достаточно дорогостоящим мероприятием, стоимость которого может достигать до нескольких десятков миллионов рублей и даже более, а эффект от внесенного компонента проявляется только через длительный промежуток времени, что говорит о нецелесообразности его применения в условиях малых хозяйств [9–12]. Поэтому возникает необходимость введения в севооборот сельскохозяйственных культур, устойчивых к кислой реакции почвенного раствора и к токсичному действию ионов алюминия. В связи с этим в различных регионах Нечерноземной зоны России ведется селекция культур, устойчивых к почвенной кислотности, что в свою очередь подразумевает использование провокационных и селективных фонов.

Провокационные и селективные фоны являются неотъемлемой частью селекционного процесса. В отношении кислотостойкости эти фоны в целом

представляют собой естественные или искусственно созданные условия повышенной кислотности, то есть повышенного содержания свободных ионов алюминия и водорода.

В условиях филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока – Фаленской селекционной станции (ФСС), посредством многочисленных отборов на провокационном фоне с pH 3,76–3,78, с содержанием $Al^{3+} = 25,5–26,7$ мг/100 г почвы, в период с 1991 по 2016 гг., были проведены селекционные мероприятия и создана популяция сорта озимой ржи Кипрез, устойчивого к повышенной почвенной кислотности [13–15]. В 2016–2020 гг. в опытах по оценке 11 сортов в условиях ФСС, были выделены два сорта: Кипрез и Баптист, которые могут быть использованы в качестве источников устойчивости к повышенной почвенной кислотности. В данном опыте был также применен провокационный фон с pH 3,76–3,78, с содержанием $Al^{3+} = 25,5–26,7$ мг/100 г почвы [16–18]. В лаборатории генетики ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока методом клеточной селекции на селективных провокационных средах получены формы овса, устойчивые к токсичности свободных ионов алюминия. В полевых условиях Кировской и Самарской областей, в опытах 2002–2014 гг. была проведена окончательная оценка полученных регенерантных генотипов в условиях провокационного фона с pH 4,0–4,08, содержанием $Al^{3+} 12,60–13,49$ мг/100 г почвы. В результате были выделены два генотипа овса пленчатого, наиболее устойчивые к повышенной почвенной кислотности [19]. Преимущества генотипов ярового ячменя регенерантного происхождения доказано в

опытах ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2006–2014 гг. В условиях провокационного фона с $pH_{KCl} 4,0$ и содержанием $Al^{3+} 0,5–9,6$ мг/100 г почвы, были испытаны генотипы ячменя регенерантного происхождения, на основе которых были созданы новые сорта ячменя Форвард и Бионик [20]. В вегетационных опытах 2018 г. в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, установлено, что все растения регенерантной линии ячменя, выделенные из сорта Биос 1, подщелачивают среду, что говорит о способности растений адаптироваться к стрессовым эдафическим условиям [21]. На провокационном фоне в филиале Красноярского НИИ сельского хозяйства в опытах 2004–2011 гг. проведена оценка кислотоустойчивых форм ячменя и пшеницы, созданных в условиях *in vitro*. На провокационном фоне филиала АО «Лазурное» с pH 4,2, содержанием гумуса 5,3%, P_2O_5 — 7,8 и K_2O — 14,5 мэкв/100 г почвы выделены генотипы ячменя и пшеницы регенерантного происхождения, которые далее были вовлечены в селекционный процесс и доказали эффективность применения культуры *in vitro* [22]. В лабораторных условиях ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» в период 2013–2021 гг. проведена оценка образцов яровой пшеницы на устойчивость к повышенной почвенной кислотности. При закислении питательной среды сульфатом алюминия и последующей оценке пятидневных проростков на ней были выделены несколько сортов яровой пшеницы, устойчивые к эдафическому стрессу (Злата, Лиза, Эстер и др.) [23].

В итоге, для выделения генотипов зерновых культур, устойчивых к повышенной почвенной кислотности, преимущественно используются провокаци-

онные фоны с рН от 3,76 до 4,20 и содержанием свободных ионов алюминия 0,5–26,7 мг/100 г почвы.

Многолетние кормовые культуры являются одним из основных компонентов высокобелковых, эргонасыщенных кормов. Ведущая роль при этом отводится бобовым культурам, из которых наиболее важными являются клевер и люцерна [24–26].

В ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока применяется метод рулонной культуры для отбора кислотоустойчивых генотипов клевера лугового на ранних этапах онтогенеза. Метод заключается в выращивании проростков в рулонах фильтровальной бумаги, помещенных нижней частью в раствор алюмокалиевых квасцов в концентрации алюминия 1,0 мМ, при рН 4,2. Растения с более здоровыми, развитыми корнями рассадным способом были исследованы в полевых условиях Фаленской селекционной станции на провокационных фонах: I. рН 3,78; Al^{3+} 17,27 мг/100 г почвы, II. рН 4,9; Al^{3+} 23,04 мг/100 г почвы. В результате в период 2000–2005 гг. был создан кислотоустойчивый сорт клевера лугового Грин и перспективный селекционный материал [27; 28]. В условиях ФСС в 2016–2017 гг. была проведена оценка 10 генотипов клевера лугового на двух провокационных фонах: 1 — среднекислый (pH_{KCl} 4,64, Al^{3+} 1,42 мг/100 г почвы); 2 — стрессовый алюмокислый фон (pH_{KCl} 3,80, Al^{3+} 28,48 мг/100 г почвы). В результате выделены три популяции, устойчивые к повышенной почвенной кислотности: П-15к, СГПА-53 и П-4/03 [29]. В 1999 г. М.Ю. Новоселов и С.Г. Пайвин (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса») запатентовали метод отбора ки-

слотоустойчивых генотипов клевера лугового, заключающийся в отборе растений, у которых рН клеточного сока будет ниже рН почвенного раствора. Для определения кислотоустойчивых генотипов предлагается использовать почвы с рН почвенного раствора 4,5 [30]. В 2020 г. М.Н. Агафодорова и др. (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса») запатентовали метод отбора кислотоустойчивых генотипов клевера лугового. Метод заключается в культивировании на питательной среде Гамборга В5 морфогенной культуры клевера лугового, полученной путем проращивания семян и культивирования проростков на питательной агаризованной среде Гамборга В5 с 2 мг/л 6-бензиламинопурина и 100 мг/л Al^{3+} . Проведение оценки полученной морфогенной ткани по индексу роста через три–четыре недели повторного культивирования эксплантов на селективной среде со 100 мг/л Al^{3+} и по способности образовавшихся из морфогенной ткани растений регенерантов выживать после трех–четырех скашиваний в грунтовой теплице в течение не менее трех лет вегетации было подтверждено в исследовании 2022 г. [31]. Солодкая Л.А. и др. (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса») при применении вышеозначенного метода выделили генотипы клевера лугового F₃211 и F₃236, которые обладают наиболее высокой продуктивностью семян в условиях повышенной почвенной кислотности [32; 33]. В 2004 г. П.У. Фойгт, Т.Э. Стейли выделили генотипы клевера белого, которые были менее подвержены влиянию повышенной кислотности почвенного раствора. Эти генотипы были отобраны на провокационном фоне в сосудах, наполненных бурым суглинком с

pH почвенного раствора 4,2 [34]. В 1999 г. в ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» была начата работа по выделению кислотоустойчивых генотипов из популяции сорта клевера лугового Топаз. В результате методом трехкратного отбора кислотоустойчивых генотипов в условиях вегетационного опыта и последующей оценки семенного потомства отобранных генотипов на провокационном фоне с pH почвенного раствора 4,0 был создан сорт клевера лугового Агат (включен в Реестр в 2023 г.) [35].

Люцерна — кормовая, высокобелковая культура, которая имеет большое значение как источник сена и бобового компонента силоса [36–38].

Люцерна очень чувствительна к реакции почвенного раствора и может произрастать и давать стабильно высокий урожай только при близкой к нейтральной или нейтральной реакции почвенной среды [39–41]. Для продвижения зоны люцерносеяния в северные регионы новые сорта должны иметь не только высокую продуктивность, но и быть устойчивыми к повышенной кислотности почвенного раствора.

В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» методами традиционной селекции были созданы кислотоустойчивые сорта люцерны Пастбищная 88, Луговая 67, Селена и др. При проведении сравнения продуктивности сортов отечественной селекции с зарубежными сортами в условиях полевой станции РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева в период 1996–2011 гг. различий не было обнаружено, что говорит о конкурентной способности сортов отечественной селекции [42]. Другой опыт в РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева в период 2023–2024 гг. на про-

вокационном фоне с pH_{KCl} 4,5 высокие показатели продуктивности были отмечены у кислотоустойчивых сортов Таисия и Агния, что также свидетельствует о возможности их вовлечения в селекционный процесс для создания более кислотоустойчивых сортов [43]. На основе методов эдафической селекции с применением провокационных фонов с pH 4,5–5,6 в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» был создан кислотоустойчивый сорт люцерны Селена [44].

Создание новых сортов люцерны — трудоемкий и времязатратный процесс, при котором создание одного сорта может составлять до нескольких десятков лет. Созданная в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» и запатентованная в 2014 г. биотехнология сопряженной селекции сортов люцерны сокращает продолжительность селекционного процесса на 5–7 лет и позволяет создавать сорта, обладающие повышенной адаптивной способностью, высокой эффективностью симбиоза с клубеньковыми бактериями [45]. С помощью данного метода в условиях ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на провокационном фоне с pH 4,4–4,8 была создана популяция, которая впоследствии послужила исходным материалом для создания сортов Агния и Таисия [46; 47]. Способом оценки кислотоустойчивости сельскохозяйственных растений в 2023 г. были выделены генотипы люцерны, устойчивые к низким значениям pH почвенного раствора. Провокационный фон был создан посредством применения раствора с pH = 3,0 и 4,0 [48; 49].

Для отбора кислотоустойчивых генотипов злаковых культур оптимальными значениями pH провокационного фона являются значения от 3,8 до 4,9. При от-

боре кислотоустойчивых генотипов клевера и люцерны применяют селективные фоны с рН 3,0–4,8. Применение методов биотехнологии, а также метода симбиотической селекции в отношении злаковых и многолетних бобовых культур способствует ускорению селекционного процесса на 5–10 лет.

Литература

1. Anderson D., Lafond G.P. Global Perspective of Arable Soils and Major Soil Associations. *Prairie Soils and Crops*. 2010, no. 3, pp. 1–8.
2. Кишляк Н.В., Мельникова Н.В., Рожмина Т.А. Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – № 4. – С. 205–212. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.
3. Кислотность и ее негативное воздействие на почвенную среду / И.М. Мазиров, К.О. Рагимова, М.А. Мазиров, А.О. Рагимов // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса. – Суздаль–Иваново : ПресСто; ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2022. – С. 23–25.
4. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черныakov [и др.]. – Москва : Типография Россельхозакадемии, 2012. – 203 с. – ISBN 978-5-85941-430-7.
5. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (Эколого-генетические основы): монография. В 2-х томах. – Москва : Изд-во Рос. ун-та дружбы народов; Агрорус, 2001. – Т. 2. – 779 с.
6. Шильников И.А., Аканова Н.И., Баринов В.Н. Методика прогнозирования кислотности почв и расчет баланса кальция в земледелии Нечерноземья Российской Федерации. – М. : ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2003. – 24 с.
7. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Известкование почв. – СПб. : ГНУ ЛНИИСХ, 2010. – 253 с.
8. Влияние различных по размеру фракций доломита на показатели почвенной кислотности легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы (эмпирические модели процесса подкисления) / А.В. Литвинович, А.В. Лаврищев, В.М. Буре [и др.] // Агрохимия. – 2017. – № 12. – С. 27–37. – DOI: 10.7868/S0002188117120055.
9. Борщев М.Г. Системный анализ потенциальной эффективности дифференцированного известкования на примере предприятия Воронежской области // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XIII Междунар. науч.-практ. интернет-конференции, п. Правдинский, Московская обл., 08–10 июня 2021 г. – п. Правдинский, Московская обл., 2021. – С. 196–204.
10. Салаев И.В., Царенко В.П. Экономическая эффективность использования отсева сыромолотого доломита в качестве мелиоранта на дерново-подзолистых почвах Северо-Запада РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(69). – С. 84–91. – DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-84-91.
11. Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв республики Татарстан / Ф.Н. Сафиولين, М.М. Хисматуллин, А.А. Лукманов [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2023. – № 115. – С. 199–223. – DOI: 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223.
12. Вклад извести и минеральных удобрений в формирование урожайности сои (на примере Рязанской области) / Е.В. Гуреева, В.А. Гвоздев, М.В. Овсянникова, В.Е. Маркова // Орошаемое земледелие. – 2022. – № 1. – С. 29–32. – DOI: 10.35809/2618-8279-2022-1-8.

13. Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 6(67). – С. 17–25.
14. Актуальные направления и результаты селекции озимой ржи в условиях северного земледелия / Е.И. Уткина, Л.И. Кедрова, Е.С. Парфенова [и др.] // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума «Наука и инновации – современные концепции» (Москва, 28 июня 2019 г.). – М. : Инфинити. 2019. – С. 101–107.
15. Создание кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез / Е.И. Уткина, Л.И. Кедрова, Е.А. Шляхтина [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 5. – С. 512–520.
16. Шляхтина Е.А. Влияние эдафического стресса на зимостойкость и урожайность озимой ржи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3(173). – С. 19–24.
17. Шляхтина Е.А., Уткина Е.И., Кедрова Л.И. Влияние почвенно-климатических условий на зимостойкость и урожайность озимой ржи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2(22). – С. 111–115.
18. Влияние алюмокислого стресса на морфо-биологические показатели генотипов озимой ржи / Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина, Е.А. Шляхтина [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 12-2. – С. 218–223. – DOI: 10.17513/use.37292.
19. Некоторые результаты и вопросы методологии селекции овса на устойчивость к эдафическому стрессу / Г.А. Баталова, И.Г. Широких, М.В. Тулякова [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 4(47). – С. 9–15. – DOI: 10.30766/2072-9081.2015.44.4.09-15.
20. Шуплецова О.Н., Щенникова И.Н. Результаты использования клеточных технологий в создании новых сортов ячменя, устойчивых к токсичности алюминия и засухе // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 623–628. – DOI: 10.18699/VJ16.183.
21. Шуплецова О.Н., Щенникова И.Н. Средообразующая активность корневой системы регенерантов ячменя в условиях токсичности кислых почв // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 4(65). – С. 42–48.
22. Ступко В.Ю., Луговцова С.Ю., Зобова Н.В. Полевая оценка результативности создания *in vitro* стрессоустойчивых форм ячменя и пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 11–14.
23. Адаптивность сортов и линий яровой пшеницы к искусственно создаваемым осмотическому, солевому и кислотному стресс-факторам на ранних этапах онтогенеза / Н.В. Давыдова, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова [и др.] // Биосфера. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 306–310.
24. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Приоритетное развитие кормопроизводства России // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сборник научных трудов. – М. : Угрешская типография, 2011. – С. 24–42.
25. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Значение кормопроизводства в сельском хозяйстве // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 59–64.
26. Роль многолетних бобовых трав в биологизации земледелия и развитии кормопроизводства Дальнего Востока / Е.П. Иванова, В.А. Чувилина, О.И. Хасбиуллина, И.В. Беркаль // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 10. – С. 41–46. – DOI: 10.53859/02352451_2023_37_10_41.
27. Селекция клевера лугового на алюмотолерантность / М.И. Тумасова, Н.А. Демшина, М.Н. Грипась, И.А. Корнева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2006. – № 8. – С. 34–38.
28. Результаты селекции клевера лугового на алюмотолерантность в условиях Северо-Востока европейской части России / О.Л. Онучина, М.Н. Грипась, И.А. Корнева [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 6(55). – С. 20–25.
29. Онучина О.Л., Корнева И.А. Адаптивная способность и стабильность селекционных популяций клевера лугового в условиях Кировской области // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 4. – С. 30–38.

30. Патент № 2138154 С1 Российская Федерация, МПК А01Н 1/04. Способ отбора кислотоустойчивых форм клевера лугового / Новоселов М.Ю., Пайвин С.Г. Оpubл. 27.09.1999.
31. Патент № 2711781 С1 Российская Федерация, МПК А01Н 1/04. Способ отбора *in vitro* кислотовыносливых форм клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) / Солодка Л.А., Агафодорова М.Н., Лапотышкина Л.И. Оpubл. 22.01.2020.
32. Солодка Л.А., Лапотышкина Л.И., Агафодорова М.Н. Методы биотехнологии для создания кислотоустойчивых образцов клевера лугового с повышенной семенной продуктивностью // Кормопроизводство. – 2022. – № 6. – С. 22–26.
33. Солодка Л.А., Лапотышкина Л.А., Агафодорова М.Н. Использование способа отбора *in vitro* на кислотоустойчивость в создании ценного селекционного материала клевера лугового // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии : сборник докладов Междунар. науч.-практ. конф., Суздаль, 29–30 июня 2015 г. / ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». – Суздаль : ПресСто, 2015. – С. 374–376.
34. Voigt P.W., Staley T.E. Selection for Aluminum and Acid-Soil Resistance in White Clover. *Crop Science*. 2004. No. 1(44). Pp. 38–48.
35. Новый сорт клевера лугового Агат: селекция и основные хозяйственные характеристики / М.Ю. Новоселов, Л.В. Дробышева, О.А. Старшинова, А.А. Однорова // Кормопроизводство. – 2023. – № 9. – С. 30–33. – DOI: 10.25685/krm.2023.9.2023.004.
36. Биологическая ценность протеина бобовых культур / А.В. Кудашева, Г.И. Левахин, Г.Б. Родионова, В.В. Ваншин // Вестник мясного скотоводства. – 2012. – № 4(78). – С. 97–104.
37. Богатырева Е.В., Фоменко П.А., Щекутьева Н.А. Сравнительная оценка силоса из люцерны в чистом виде и в смеси с бобовыми и злаковыми травами // Молочнохозяйственный вестник. – 2018. – № 2(30). – С. 15–22. – URL: https://molochnoe.ru/journal/sites/molochnoe.ru/journal/files/jrnl_publication/book-2_30-v2.pdf (дата обращения: 16.03.2025).
38. Разработка комбинированного силоса для повышения качества эякулятов хряков-производителей / Ж.К. Ибраимова, А.Р. Рустенов, Н.Ж. Елеугалиева, Е.А. Олексиевич // Биотехнология. Теория и практика. – 2013. – № 3. – С. 46–49.
39. Косарева И.А. Изучение коллекций сельскохозяйственных культур и диких родичей по признакам устойчивости к токсическим элементам кислых почв // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2012. – Т. 170, № 1. – С. 35–45.
40. Волошин Е.И., Аветисян А.Т. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет). – Красноярск, 2017. – 31 с.
41. Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) в пастбищных экосистемах / Н.Н. Лазарев, О.В. Кухаренкова, А.Р. Тяжкороб, С.М. Авдеев // Кормопроизводство. – 2020. – № 8. – С. 20–26.
42. Лазарев Н.Н., Стародубцева А.М., Пятинский Д.В. Продуктивность различных сортов люцерны российской и голландской селекции в Московской области // Кормопроизводство. – 2014. – № 2. – С. 19–22.
43. Лазарев Н.Н., Дикарева С.А., Куренкова Е.М. Формирование люцерновых травостоев на кислых дерново-подзолистых почвах // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий : сборник материалов VI междунар. науч.-практ. конф. (Луганск, 21 января – 06 февраля 2025 г.). – Луганск, 2025. – С. 41–44.
44. Шамсутдинов З.Ш. Селекция кормовых культур: достижения и задачи // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 6. – С. 36–45.
45. Степанова Г.В., Золотарев В.Н. Биотехнология сопряженной селекции люцерны на повышение адаптивной способности [Электронный ресурс] // Адаптивное кормопроизводство. – 2015. – № 1. – С. 28–38. – URL: <http://www.adaptagro.ru>.
46. Степанова Г.В. Сорт люцерны изменчивой Таисия [Электронный ресурс] // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 21–32. – URL: <http://www.adaptagro.ru>. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.

47. Степанова Г.В. Новые сорта люцерны для Нечерноземной зоны // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы : Материалы VI научно-практической конференции с международным участием, Вологда–Молочное, 20–21 февраля 2023 г. – Вологда, 2023. – С. 84–88.
48. Оценка потенциальной кислотоустойчивости видов *Medicago* L. на ювенильном этапе онтогенеза / Ю.В. Печегина, Е.В. Думачева, Л.Д. Сайфутдинова [и др.] // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6, № 2. – С. 252.
49. Патент № 2505958 С2 Российская Федерация, МПК А01Н 1/04. Способ оценки кислотоустойчивости сельскохозяйственных растений / Зобова Н.В., Ступко В.Ю. Оpubл. 10.02.2014.

References

1. Anderson D., Lafond G.P. Global Perspective of Arable Soils and Major Soil Associations. *Prairie Soils and Crops*. 2010, no. 3, pp. 1–8.
2. Kishlyan N.V., Melnikova N.V., Rozhmina T.A. Mekhanizmy adaptatsii l'na-dolguntsa k povyshennoy kislotnosti pochvy (obzor) [Mechanisms of adaptation of fiber flax to increased soil acidity (review)]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Works on applied botany, genetics and breeding], 2020, no. 4, pp. 205–212. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.
3. Mazirov I.M., Ragimova K.O., Mazirov M.A., Ragimov A.O. Kislotnost' i yeye negativnoye vozdeystviye na pochvennyuyu sredu [Acidity and its negative impact on the soil environment]. *Sovremennyye tendentsii v nauchnom obespechenii agropromyshlennogo kompleksa* [Modern trends in scientific support of the agro-industrial complex]. Suzdal–Ivanovo, PresSto Publ., FGBNU "Upper Volga Federal Agrarian Scientific Center", 2022, pp. 23–25.
4. Gordeev A.V., Kleshchenko A.D., Chernyakov B.A. [et al.]. Bioklimaticheskiy potentsial Rossii: produktivnost' i ratsional'noye razmeshcheniye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh izmeneniya klimata [Bioclimatic potential of Russia: productivity and rational placement of agricultural crops in the context of climate change]. Moscow, Tipografiya Rossel'khozakademii Publ., 2012, 203 p. ISBN 978-5-85941-430-7.
5. Zhuchenko A.A. Adaptivnaya sistema selektsii rasteniy (Ekologo-geneticheskiye osnovy): monografiya [Adaptive system of plant breeding (Ecological and genetic foundations): monograph]. In 2 volumes. Moscow, Publishing house of the Russian University of Friendship of Peoples; Agrorus Publ., 2001. Vol. 2, 779 p.
6. Shilnikov I.A., Akanova N.I., Barinov V.N. Metodika prognozirovaniya kislotnosti pochv i raschet balansa kal'tsiya v zemledelii Nечernozem'ya Rossiyskoy Federatsii [Methodology for predicting soil acidity and calculating calcium balance in agriculture of the Non-Black Earth Region of the Russian Federation]. Moscow, 2003, 24 p.
7. Nebolsin A.N., Nebolsina Z.P. Soil liming. St. Petersburg, 2010, 253 p.
8. Litvinovich A.V., Lavrishchev A.V., Bure V.M. [et al.] Vliyaniye razlichnykh po razmeru fraktsiy dolomita na pokazateli pochvennoy kislotnosti legkosuglinistoy dervno-podzolistoy pochvy (empiricheskiye modeli protsessa podkisljeniya) [The influence of dolomite fractions of different sizes on the soil acidity indices of light loamy sod-podzolic soil (empirical models of the acidification process)]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2017, no. 12, pp. 27–37. DOI: 10.7868/S0002188117120055.
9. Borshchev M.G. Sistemnyy analiz potentsial'noy effektivnosti differentsirovannogo izvestkovaniya na primere predpriyatiya Voronezhskoy oblasti [Systems analysis of the potential efficiency of differentiated liming using the example of an enterprise in the Voronezh region]. *Nauchno-informatsionnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya APK : Materialy XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konferentsii, p. Pravdinskiy, Moskovskaya obl., 08–10 iyunya 2021 g.* [Scientific and information support for innovative development of the agro-industrial complex: Proceed-

- ings of the XIII International scientific and practical Internet conference, Pravdinsky, Moscow Region, June 08–10, 2021]. Pravdinsky, Moscow Region, 2021, pp. 196–204.
10. Salaev I.V., Tsarenko V.P. Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya otseva syromolotogo dolomita v kachestve melioranta na dernovo-podzolistykh pochvakh Severo-Zapada RF [Economic efficiency of using screenings of raw-ground dolomite as an ameliorant on sod-podzolic soils of the North-West of the Russian Federation]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University], 2022, no. 4(69), pp. 84–91. DOI: 10.24412/2078-1318-2022-4-84-91.
 11. Safiolin F.N., Khismatullin M.M., Lukmanov A.A. [et al.] Produktivnost' kukuruzy Ross 140 v zavisimosti ot urovnya khimizatsii zonal'nykh pochv Respubliki Tatarstan [Productivity of corn Ross 140 depending on the level of chemicalization of zonal soils of the Republic of Tatarstan]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva* [Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev], 2023, no. 115, pp. 199–223. DOI: 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223.
 12. Gureeva E.V., Gvozdev V.A., Ovsyannikova M.V., Markova V.E. Vklad izvesti i mineral'nykh udobreniy v formirovaniye urozhaynosti soi (na primere Ryazanskoy oblasti) [The contribution of lime and mineral fertilizers to the formation of soybean yield (on the example of the Ryazan region)]. *Oroshayemoye zemledeliye* [Irrigated agriculture], 2022, no. 1, pp. 29–32. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-1-8.
 13. Kedrova L.I., Utkina E.I. Vliyaniye pochvennoy kislotnosti na urozhaynost' ozimoy rzhi i vozmozhnosti edaficheskoy selektsii [The influence of soil acidity on the yield of winter rye and the possibilities of edaphic selection]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of the Euro-North-East], 2018, no. 6(67), pp. 17–25.
 14. Utkina E.I., Kedrova L.I., Parfenova E.S. [et al.] Aktual'nyye napravleniya i rezul'taty selektsii ozimoy rzhi v usloviyakh severnogo zemledeliya [Current trends and results of winter rye breeding in northern farming conditions]. *Sbornik nauchnykh statey po itogam raboty Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Nauka i innovatsii – sovremennyye kontseptsii» (Moskva, 28 iyunya 2019 g.)* [Collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum "Science and Innovation – Modern Concepts" (Moscow, June 28, 2019)]. Moscow, Infinity Publ., 2019, pp. 101–107.
 15. Utkina E.I., Kedrova L.I., Shlyakhtina E.A. [et al.] Sozdaniye kislotoustoychivogo sorta ozimoy rzhi Kiprez [Creation of an acid-resistant winter rye variety Kiprez]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of the Euro-North-East], 2020, no. 5, pp. 512–520.
 16. Shlyakhtina E.A. Vliyaniye edaficheskogo stressa na zimostoykost' i urozhaynost' ozimoy rzhi [Effect of edaphic stress on winter hardiness and yield of winter rye]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], 2019, no. 3(173), pp. 19–24.
 17. Shlyakhtina E.A., Utkina E.I., Kedrova L.I. Vliyaniye pochvenno-klimaticheskikh usloviy na zimostoykost' i urozhaynost' ozimoy rzhi [Influence of soil and climatic conditions on winter hardiness and yield of winter rye]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury* [Grain legumes and groats crops], 2017, no. 2(22), pp. 111–115.
 18. Kedrova L.I., Utkina E.I., Shlyakhtina E.A. [et al.] Vliyaniye alyumokislogo stressa na morfo-biologicheskiye pokazateli genotipov ozimoy rzhi [The influence of aluminum acid stress on the morpho-biological parameters of winter rye genotypes]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* [Advances in modern natural science], 2019, no. 12-2, pp. 218–223. DOI: 10.17513/use.37292.
 19. Batalova G.A., Shirokikh I.G., Tulyakova M.V. [et al.] Nekotoryye rezul'taty i voprosy metodologii selektsii ovsa na ustoychivost' k edaficheskomu stressu [Some results and questions of methodology of oat breeding for resistance to edaphic stress]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian science of the Euro-North-East], 2015, no. 4(47), pp. 9–15. DOI: 10.30766/2072-9081.2015.44.4.09-15.

20. Shupletsova O.N., Shchennikova I.N. Rezul'taty ispol'zovaniya kletochnykh tekhnologiy v sozdanii novykh sortov yachmenya, ustoychivyykh k toksichnosti alyuminiya i zasukhe [Results of using cellular technologies in creating new barley varieties resistant to aluminum toxicity and drought]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2016, vol. 20, no. 5, pp. 623–628. DOI: 10.18699/VJ16.183.
21. Shupletsova O.N., Shchennikova I.N. Sredoobrazuyushchaya aktivnost' kornevoy sistemy regenerantov yachmenya v usloviyakh toksichnosti kislykh pochv [Environment-forming activity of the root system of barley regenerants under conditions of acidic soil toxicity]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of the Euro-North-East], 2018, no. 4(65), pp. 42–48.
22. Stupko V.Yu., Lugovtsova S.Yu., Zobova N.V. Polevaya otsenka rezul'tativnosti sozdaniya in vitro stressoustoychivyykh form yachmenya i pshenitsy [Field assessment of the effectiveness of in vitro creation of stress-resistant forms of barley and wheat]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], 2014, no. 6, pp. 11–14.
23. Davydova N.V., Marchenkova L.A., Pavlova O.V. [et al.] Adaptivnost' sortov i liniy yarovoy pshenitsy k iskusstvenno sozdavayemym osmoticheskomu, solevomu i kislotnomu stress-faktoram na rannikh etapakh ontogeneza [Adaptability of spring wheat varieties and lines to artificially created osmotic, salt and acid stress factors at the early stages of ontogenesis]. *Biosfera* [Biosphere], 2022, vol. 14, no. 4, pp. 306–310.
24. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Prioritetnoye razvitiye kormoproizvodstva Rossii [Priority development of forage production in Russia]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo: sbornik nauchnykh trudov* [Multifunctional adaptive forage production: collection of scientific papers]. Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2011, pp. 24–42.
25. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Znachenie kormoproizvodstva v sel'skom khozyaystve [The importance of forage production in agriculture]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury* [Grain legumes and groats crops], 2013, no. 2(6), pp. 59–64.
26. Ivanova E.P., Chuvilina V.A., Khasbiullina O.I., Berkal I.V. Rol' mnogoletnikh bobovykh trav v biologizatsii zemledeliya i razvitii kormoproizvodstva Dal'nego Vostoka [The role of perennial legumes in the biologization of agriculture and the development of forage production in the Far East]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology in the agro-industrial complex], 2023, vol. 37, no. 10, pp. 41–46. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_10_41.
27. Tumasova M.I., Demshina N.A., Gripas M.N., Korneva I.A. Seleksiya klevera lugovogo na alyumotolerantnost' [Breeding of red clover for aluminum tolerance]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of the Euro-North-East], 2006, no. 8, pp. 34–38.
28. Onuchina O.L., Gripas M.N., Korneva I.A. [et al.] Rezul'taty seleksii klevera lugovogo na alyumotolerantnost' v usloviyakh Severo-Vostoka yevropeyskoy chasti Rossii [Results of red clover breeding for aluminum tolerance in the conditions of the North-East of the European part of Russia]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of the Euro-North-East], 2016, no. 6(55), pp. 20–25.
29. Onuchina O.L., Korneva I.A. Adaptivnaya sposobnost' i stabil'nost' selektsionnykh populyatsiy klevera lugovogo v usloviyakh Kirovskoy oblasti [Adaptive capacity and stability of breeding populations of red clover in the conditions of the Kirov region]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2020, no. 4, pp. 30–38.
30. Patent No. 2138154 C1 Russian Federation, IPC A01H 1/04. Sposob otbora kislotoustoychivyykh form klevera lugovogo [Method for selecting acid-resistant forms of red clover]. Novoselov M.Yu., Payvin S.G. Published 09.27.1999.
31. Patent No. 2711781 C1 Russian Federation, IPC A01H 1/04. Sposob otbora in vitro kislotovynoslivyykh form klevera lugovogo (*Trifolium pratense* L.) [Method for in vitro selection of acid-tolerant forms of red clover (*Trifolium pratense* L.)]. Solodkaya L.A., Agafodorova M.N., Lapotyshkina L.I. Published 01/22/2020.

32. Solodkaya L.A., Lapotyshkina L.I., Agafodorova M.N. Metody biotekhnologii dlya sozdaniya kislotoustoychivyykh obraztsov klevera lugovogo s povyshennoy semennoy produktivnost'yu [Biotechnology methods for creating acid-resistant red clover samples with increased seed productivity]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2022, no. 6, pp. 22–26.
33. Solodkaya L.A., Lapotyshkina L.A., Agafodorova M.N. Ispol'zovaniye sposoba otbora in vitro na kislotoustoychivost' v sozdanii tsennogo selektsionnogo materiala klevera lugovogo [Using the method of in vitro selection for acid resistance in the creation of valuable breeding material of red clover]. *Innovatsionnyye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii: sbornik dokladov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Suzdal', 29–30 iyunya 2015 g. Vladimirskiy NIISKH* [Innovative technologies in adaptive-landscape agriculture: collection of reports of the International scientific-practical conf., Suzdal, June 29–30, 2015. Vladimir Research Institute of Agriculture]. Suzdal, PresSto, 2015, pp. 374–376.
34. Voigt P.W., Staley T.E. Selection for Aluminum and Acid-Soil Resistance in White Clover. *Crop Science*. 2004. No. 1(44). Pp. 38–48.
35. Novoselov M.Yu., Drobysheva L.V., Starshinova O.A., Odnovorova A.A. Novyy sort klevera lugovogo Agat: selektsiya i osnovnyye khozyaystvennyye kharakteristiki [New variety of red clover Agat: selection and main economic characteristics] *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2023, no. 9, pp. 30–33. DOI: 10.25685/krm.2023.9.2023.004.
36. Kudasheva A.V., Levakhin G.I., Rodionova G.B., Vanshin V.V. Biologicheskaya tsennost' proteina bobovykh kul'tur [Biological value of legume protein]. *Vestnik myasnogo skotovodstva* [Bulletin of Meat Cattle Breeding], 2012, no. 4(78), pp. 97–104.
37. Bogatyreva E.V., Fomenko P.A., Shchekutyeva N.A. Sravnitel'naya otsenka silosa iz lyutserny v chistom vide i v smesi s bobovymi i zlakovymi travami [Comparative assessment of alfalfa silage in pure form and in a mixture with legumes and cereal grasses]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik* [Dairy Farming Bulletin], 2018, no. 2(30), pp. 15–22. URL: https://molochnoe.ru/journal/sites/molochnoe.ru/journal/files/jrnl_publication/book-2_30-v2.pdf (date of access: 16.03.2025).
38. Ibraimova Zh.K., Rustenov A.R., Eleugalieva N.Zh., Oleksievich E.A. Razrabotka kombinirovannogo silosa dlya povysheniya kachestva eyakulyatov khryakov-proizvoditeley [Development of a combined silo to improve the quality of boar ejaculates]. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika* [Biotechnology. Theory and Practice], 2013, no. 3, pp. 46–49.
39. Kosareva I.A. Izucheniye kollektsiy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i dikikh rodichey po priznakam ustoychivosti k toksicheskim elementam kislykh pochv [Study of collections of agricultural crops and wild relatives for signs of resistance to toxic elements of acidic soils]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Works on applied botany, genetics and selection], 2012, vol. 170, no. 1, P. 35–45.
40. Voloshin E.I., Avetisyan A.T. Rukovodstvo po udobreniyu mnogoletnikh bobovykh trav (lyutserna, klever, donnik, espartset) [Guide to fertilizing perennial legumes (alfalfa, clover, sweet clover, sainfoin)]. Krasnoyarsk, 2017, 31 p.
41. Lazarev N.N., Kukharenskova O.V., Tyazhkorob A.R., Avdeev S.M. Klever polzuchiy (*Trifolium repens* L.) v pastbishchnykh ekosistemakh [White clover (*Trifolium repens* L.) in pasture ecosystems]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2020, no. 8, pp. 20–26.
42. Lazarev N.N., Starodubtseva A.M., Pyatinsky D.V. Produktivnost' razlichnykh sortov lyutserny rossiyskoy i gollandskoy selektsii v Moskovskoy oblasti [Productivity of different varieties of alfalfa of Russian and Dutch selection in the Moscow region]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2014, no. 2, pp. 19–22.
43. Lazarev N.N., Dikareva S.A., Kurenkova E.M. Formirovaniye lyutsernovykh travostoyev na kislykh dernovo-podzolistykh pochvakh [Formation of alfalfa herbage on acidic sod-podzolic soils]. *Agrarnaya nauka v obespechenii prodovol'stvennoy bezopasnosti i razvitiya sel'skikh territoriy : sbornik materialov VI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Lugansk, 21 yanvarya – 06 fevralya 2025 g.*

- [Agrarian science in ensuring food security and developing rural areas: collection of materials of the VI international scientific and practical conf. (Lugansk, January 21 – February 6, 2025)]. Lugansk, 2025, pp. 41–44.
44. Shamsutdinov Z.Sh. Seleksiya kormovykh kul'tur: dostizheniya i zadachi [Breeding of forage crops: achievements and tasks]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2014, no. 6, pp. 36–45.
45. Stepanova G.V., Zolotarev V.N. Biotekhnologiya sopryazhennoy seleksii lyutserny na povysheniye adaptivnoy sposobnosti [Biotechnology of coupled selection of alfalfa to increase adaptive capacity]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2015, no. 1, pp. 28–38. URL: <http://www.adaptagro.ru>.
46. Stepanova G.V. Sort lyutserny izmenchivoy Taisiya [Variable alfalfa variety Taisiya]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2020, no. 2, pp. 21–32. URL: <http://www.adaptagro.ru>. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.
47. Stepanova G.V. Novyye sorta lyutserny dlya Nechernozemnoy zony [New varieties of alfalfa for the Non-Chernozem zone]. *Agrarnaya nauka na sovremennom etape: sostoyaniye, problemy, perspektivy: Materialy VI nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, Vologda–Molochnoye, 20–21 fevralya 2023 g.* [Agricultural science at the present stage: state, problems, prospects: Proceedings of the VI scientific and practical conference with international participation, Vologda–Molochnoye, February 20–21, 2023]. Vologda, 2023, pp. 84–88.
48. Pechegina Yu.V., Dumacheva E.V., Saifutdinova L.D. [et al.] Otsenka potentsial'noy kisloustoychivosti vidov *Medicago* L. na yuvenil'nom etape ontogeneza [Evaluation of potential acid resistance of *Medicago* L. species at the juvenile stage of ontogenesis]. *Nauka i Obrazovaniye* [Science and Education], 2023, vol. 6, no. 2, pp. 252.
49. Patent No. 2505958 C2 Russian Federation, IPC A01H 1/04. Sposob otsenki kisloustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [Method for assessing acid resistance of agricultural plants]. Zobova N.V., Stupko V.Yu. Published 10.02.2014.