

УДК 631.415.1: 633.14:631.527

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25

## Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции

Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина

ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", г. Киров, Российская Федерация

*Проведен обзор результатов исследований по влиянию кислотности почвы на урожайность озимой ржи. Обоснована схема селекционного процесса для создания алюмо- и кислотоустойчивых сортов ржи в условиях Северо-Востока НЗ РФ. Для скрининга сортов сельскохозяйственных культур по уровню устойчивости к абиотическому стрессу используются различные методы оценки: культура клеток и тканей; метод питательных растворов; почвенная культура; полевые исследования. Среди зерновых культур озимая рожь менее чувствительна к кислой реакции почв. Однако повышенная почвенная кислотность снижает зимостойкость и регенерационную способность растений ржи после поражения снежной плесенью (*M. nivale*), что приводит к недобору урожая до 40%. Создание кислотоустойчивых сортов ржи является перспективным направлением в селекционных исследованиях, особенно для условий северного земледелия. В России эдафическая селекция озимой ржи начата в НИИСХ Северо-Востока в 1980 г. и продолжается практически в единственном институте страны. Исследования проводятся в провокационных условиях полевых, вегетационных и лабораторных опытов. Созданы алюмо- и кислотоустойчивые сорта ржи Регина (метод клеток и тканей) и Кипрез (полевой метод многократных отборов на естественном жестком провокационном фоне). В условиях естественного почвенного фона сорта превысили по урожайности исходный сорт Кировская 89 на 0,24 и 0,72 т/га соответственно. Изучение в провокационных почвенных условиях стабильно подтвердило преимущество сорта Кипрез по алюмо- и кислотоустойчивости. Прибавка урожайности к стандарту Фаленская 4 составила 0,26-0,32 т/га, к сорту Кировская 89 – 0,78-1,63 т/га. Сорт Регина уступил по продуктивности адаптивному стандарту Фаленская 4. В 2016 г. сорт Кипрез передан на государственное сортоиспытание. На основании проведенных исследований в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока разработана и внедрена схема создания алюмо- и кислотоустойчивых сортов озимой ржи с использованием комплексного естественного провокационного фона ( $H^+$  и  $Al^{3+}$ ; *M. nivale*). Создаваемые сорта проходят обязательную проверку в жестких полевых провокационных условиях. Кислотоустойчивые сорта являются надежным резервом увеличения производства зерна озимой ржи на низкоплодородных кислых почвах Нечерноземной зоны страны и ценными источниками алюмо- и кислотоустойчивости в селекционных программах регионов.*

**Ключевые слова:** озимая рожь, кислотность почв, естественный провокационный фон, селекция, сорт, алюмо- и кислотоустойчивость

Негативное влияние повышенной почвенной кислотности на урожайность сельскохозяйственных культур – одна из актуальных проблем современного растениеводства [1, 2]. Кислые почвы в мировом сельскохозяйственном производстве составляют 30-40% [3]. По данным H.R. Von Uexküll и E. Mutert, почвы с кислой реакцией среды в мире занимают около 30% общей площади и более 50% пашни [4]. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур может достигать более 80% [5].

В Российской Федерации площади кислых почв превышают 60 млн га [6]. В Северо-Восточном регионе такие почвы занимают более 70% пашни; в Кировской области – более 80%, в т.ч. 40,8% – сильнокислые ( $pH < 4,5$ ) [7]. Стрессовые условия для развития растений усугубляются из-за повсеместного снижения плодородия почв, уровень которого ранее поддерживался благодаря реализации программ по известкованию, фосфоритованию, комплексной химизации и мелиорации земель.

**Цель обзора** – провести анализ результатов исследований по влиянию кислотности почвы на урожайность озимой ржи и обосно-

вать схему селекционного процесса для создания алюмо- и кислотоустойчивых сортов ржи в условиях Северо-Востока НЗ РФ.

Неблагоприятное воздействие кислых почв на растения осуществляется различными путями: влияет на структуру почвы, эффективность вносимых удобрений, работу микрофлоры почвы и непосредственно на само растение. Почва с повышенной кислотностью становится плохо структурированной, имеет слабую буферность и низкую емкость поглощения, что приводит к резкому снижению поступления элементов питания в растения. На кислых почвах эффективность внесенных удобрений уменьшается на 30-40% [8, 9].

В кислой среде подавлены микробиологические процессы, необходимые для растений, снижена активность многих микроорганизмов. В то же время некоторые паразиты и возбудители болезней усиливают свое развитие в условиях кислых почв [10]. Оптимальными условиями для развития полезной микрофлоры является нейтральная и слабощелочная реакция среды. Наиболее благоприятное значение pH почвенного раствора для аммо-

нификаторов, нитрификаторов, клубеньковых бактерий, свободноживущих в почве азотфиксирующих бактерий – 6,5-7,9.

Избыточное содержание ионов водорода в почвах с повышенной кислотностью приводит к увеличению доступности для растений алюминия, марганца и других металлов, что негативно сказывается на жизнедеятельности растений. По данным С.Д. Фоу [11], в мире почти 25% почв оказывают отрицательное действие на растения за счет влияния ионов металлов. В процессе эволюции появились экотипы растений, приспособленные к различным концентрациям токсичных ионов. Научные исследования по накоплению, перемещению и распределению токсичных ионов металлов наиболее тщательно проведены на зерновых культурах [12, 13, 14, 15, 16]. В условиях кислых почв распространены и оказывают токсичное действие на растения следующие элементы:  $Al > Mn > Fe > Cu > Zn$ . Алюминий – основной вредный фактор для роста растений на почвах с  $pH < 5,0$ . Несмотря на то, что этот элемент содержится в самих растениях в количестве 200 мг/кг сухого вещества [17], а в литературных данных упоминается о его стимулирующем эффекте на рост проростков [18], тем не менее, токсичность подвижных ионов алюминия является главным фактором, снижающим урожайность культур в условиях кислых почв [19].

Экспериментальные данные показывают, что отрицательное влияние алюмокислого стресса начинает проявляться с момента прорастания семян: часть семян гибнет, у остальных период прорастания затягивается, всходы получаются изреженные, слабые. Причинами снижения урожайности озимой ржи являются слабое кущение растений и пониженная зимостойкость [7].

Основным приемом улучшения плодородия и снижения токсичности кислых почв, создания благоприятного фона для использования минеральных удобрений и сохранения урожайности сельскохозяйственных культур является известкование [20, 21].

Однако, в связи с недостаточной финансовой обеспеченностью современного сельского хозяйства, мероприятия по внесению извести осуществляются на ограниченных (около 4 млн га) площадях, и объемы их ежегодно сокращаются [22]. Одним из важных подходов в решении данной проблемы является эдафическая селекция, позволяющая создавать кислото- и алюмоустойчивые сорта зерновых культур, внедрение которых является наиболее эко-

логически чистым и энергосберегающим способом снижения влияния токсичности кислых почв на растение. В России поиск устойчивых сортов зерновых культур начат в середине XX века [23]. Селекционные изыскания в этом направлении широко развернуты во многих странах Америки, Азии, Европы.

По мнению И.А. Косаревой и Е.В. Семеновой, сорта, созданные в условиях широкого распространения почв с повышенной кислотностью, характеризуются высоким потенциалом алюмоустойчивости [24]. Сорта озимой ржи селекции Северо-Восточного селекцентра являются подтверждением этого мнения. В научной литературе можно встретить результаты исследований, говорящие об обратном, т.е. место выведения сорта не является гарантией высокой алюмоустойчивости [25].

Каждый вид растений требует определенной кислотности почвы, отклонение от которой приводит к ухудшению роста и развития растений [26]. По кислотоустойчивости сельскохозяйственные культуры условно делятся на четыре группы: высокочувствительные (клевер, корнеплоды, эспарцет, донник); умеренно чувствительные (яровая пшеница, ячмень, кукуруза, вика и горох); слабочувствительные (озимая рожь, тимофеевка, гречиха); удовлетворительно переносящие высокую кислотность (картофель, люпин желтый и лен) [6].

Исследования показали, что рожь среди других зерновых культур более кислотовынослива. Благоприятный интервал pH для оптимального развития растений озимой ржи составляет 5,0-7,7, овса – 5,5-7,5, ячменя – 6,8-7,5, пшеницы – 6,0-7,5. Доказано, что рожь может расти и при pH 4,5-5,0 [27, 28]. Однако при благоприятной кислотности pH 5,6-6,0 урожайность озимой ржи возрастает до 40%. При повышенной кислотности почвы снижается зимостойкость и регенерация растений после поражения снежной плесенью (*M. Nivale*), что приводит к недобору урожая [5].

Устойчивость зерновых культур к токсическому действию ионов алюминия объясняется как генетическими особенностями, так и физиологическими механизмами. Генетическая детерминация признака обусловлена экспрессией одного или нескольких генов, а также их взаимодействием [29].

На ранних стадиях развития растения наиболее уязвимы в условиях повышенной кислотности почвы, что приводит к нарушениям в белковом, углеводном обменах и процессе закладки генеративных органов [30].

Установлено, что в благоприятных условиях произрастания интенсивность различных процессов в растениях протекает ниже максимально возможного. В стрессовых условиях отмечается полная мобилизация ресурсов организма, что позволяет сохранить скорость фотосинтеза на нормальном уровне [31]. Отмечено, что воздействие на растения одним видом стресса делает его устойчивым к другим экстремальным факторам [32]. В наших исследованиях выявлено сочетание алюмо- и кислотоустойчивости сорта Кипрез с засухоустойчивостью. В 2014 г. при недостатке влаги в период летней вегетации (30% нормы) в центральной зоне Кировской области сорт Кипрез был наиболее урожайным (5,03 т/га) среди изучаемых сортов.

Абсолютная величина устойчивости каждого сорта во многом зависит от условий внешней среды. В этой связи для оценки сортов необходимо ориентироваться на уровень их устойчивости относительно друг друга. Уровень устойчивости к стрессу является генетически контролируемым и наследуемым фактором. Однако проявляется он только под влиянием экстремального фактора. Поэтому необходимым условием для диагностики устойчивости сорта или растения является наличие стрессовой нагрузки [33].

Для скрининга сортов сельскохозяйственных культур по уровню алюмо- и кислотоустойчивости используются различные методы оценки: культура клеток и тканей [34]; метод питательных растворов [35]; почвенная культура [36]; полевые исследования [7].

В настоящее время с использованием метода культуры тканей и клеток получены устойчивые к ионам алюминия регенеранты ячменя, овса, озимой ржи, пшеницы, риса и некоторых кормовых культур [37, 38, 39, 40, 41]. Однако экономическая эффективность данного метода может уступать другим лабораторным методам и традиционной селекции [42].

Широко используется для идентификации устойчивости культур к ионам алюминия метод водной культуры. Достоинствами этого метода являются возможность оценки большого количества растений и быстрота определения показателей [42]. Выделенные данным методом устойчивые биотипы обычно подтверждают свою толерантность к алюмокислотному стрессу в полевых условиях и очень часто показывают лучшие агрономические показатели [43].

Важным методом оценки, позволяющим дифференцировать растения по устойчивости

к эдафическому стрессу как на ранних этапах развития, так и в течение всей вегетации, является метод почвенной культуры [44]. Вегетационные опыты имеют преимущество перед методом питательных растворов, т.к. создаются условия, наиболее приближенные к естественным, где на устойчивость к ионам алюминия дополнительно влияют почвенные факторы.

На базе вариабельности уровня устойчивости внутри популяций к эдафическому стрессу основан полевой метод отбора, который широко использовался и считался наиболее достоверным [45]. Отбор высокоустойчивых генотипов в условиях высокой стрессовой нагрузки в течение нескольких генераций ведет к значительному повышению кислото- и алюмоустойчивости относительно исходной популяции. Однако, по данным М.В. Иванова [45], возможности этого метода довольно ограничены, максимум прироста устойчивости составляет 25%. Далее поднять уровень устойчивости возможно при использовании гибридизации и других путей улучшения. Полевой метод оценки считается сложным, трудоемким и длительным по времени. К тому же не всегда можно достичь однородности агрохимических показателей почвы. Поэтому в последнее время все чаще прибегают к наиболее быстрым и менее затратным лабораторным исследованиям [42].

Для изучения наследования алюмотолерантности сельскохозяйственных культур в настоящее время широкое применение получило использование биохимических и молекулярных маркеров, связанных с генами устойчивости к ионам алюминия [46, 47, 48]. Данный метод эффективен для отбора устойчивых растений у видов, реализующих механизмы устойчивости на более поздних этапах онтогенеза, обладает высокой разрешающей способностью и информативностью. По данным Raman H. и др. [49], метод молекулярных маркеров позволяет прогнозировать выносливость к Al у ячменя с точностью до 95%.

Для получения более точной оценки растений на алюмо- и кислототолерантность необходимо использовать разные методы диагностики. Поиск путей создания источников устойчивости и толерантных к эдафическому стрессу сортов озимой ржи, особенно для условий северного земледелия, следует считать перспективным направлением селекционных исследований.

В селекции озимой ржи новое направление получило развитие практически только в

Польше и Португалии, где актуален вопрос по созданию кислотовыносливых сортов ржи. Польские ученые, используя метод питательных растворов, пришли к заключению, что в любой популяции озимой ржи существует небольшое количество чувствительных к алюминию генотипов, позволяющих создавать алюмоустойчивые инбредные линии. Устойчивость к алюминию у ржи носит доминантный характер, контролируется простым генетическим механизмом [28].

На севере Португалии, где превалируют кислые почвы с повышенным содержанием алюминия, рожь является основной злаковой культурой. При испытании местных сортов-популяций и европейских сортов был использован метод питательных растворов с разным содержанием ионов алюминия [50]. Местные сорта-популяции, показавшие большую устойчивость, чем европейские сорта, рекомендованы для использования в качестве источников устойчивости для целенаправленной селекции.

В России селекция на кислото- и алюмоустойчивость озимой ржи начата в НИИСХ Северо-Востока в 1980 г. и продолжается практически в единственном институте страны. Исследования проводятся в провокационных условиях ( $H^+$  и  $Al^{3+}$ ) полевых, вегетационных и лабораторных опытов. Методом водно-бумажной культуры проанализированы разные сорта, которые дифференцированы на высокоустойчивые (индекс длины корней 80-100%), средние и низкоустойчивые (индекс длины корней 75% и менее) [2]. Многолетнее изучение сортифта ржи в полевых условиях по схеме «генотип-среда» позволило выявить генотипическую и биотипическую вариабельность толерантности сортов к кислым почвам. Выявлена значительная межсортовая и внутрисортовая устойчивость к эдафическому стрессу. Это говорит об эффективности отбора по данному признаку и возможности создания толерантных к неблагоприятным условиям сортов ржи, обеспечивающих стабильные урожаи зерна [51].

Изучение зарубежных кислотостойчивых сортов-популяций на Северо-Востоке НЗ РФ показало их абсолютную непригодность к агроклиматическим условиям региона по зимостойкости и устойчивости к снежной плесени. Они полностью погибали при перезимовке. В этой связи в селекционных программах Северо-Восточного селекцентра особое внимание уделяется созданию кислото- и алюмоустойчивых сортов озимой ржи, адаптированных к местным условиям.

В наших исследованиях метод отбора основан на вариабельности уровня устойчивости биотипов к стрессовому фактору в отдельно взятой популяции. В качестве исходного сорта был выбран зимостойкий, короткостебельный, устойчивый к полеганию сорт озимой ржи Кировская 89. В результате многократных отборов на естественном провокационном фоне (рН 3,66-3,78; содержание ионов алюминия 25,5-26,7 мг/100 г) в сочетании с жесткими негативными браковками биотипов после перезимовки, до цветения и перед уборкой создан сорт озимой ржи Кипрез.

Одновременно селекционные изыскания проводились методом клеток и тканей. В лаборатории биотехнологии растений так же на основе сорта Кировская 89 было создано более двух тысяч алюмо- и кислотостойчивых растений-регенерантов. Из лучших регенерантов сформирован сорт Регина [2].

В 1998-2000 гг. в условиях естественного почвенного фона проведен анализ урожайности сортов, полученных разными методами селекции: Регина (метод клеток и тканей) и Кипрез (полевой метод многократных отборов на естественном провокационном фоне). Сорта по урожайности превысили исходную форму Кировская 89 на 0,24 и 0,72 т/га соответственно, но Кипрез превзошел по продуктивности сорт Регина за счет повышенной зимостойкости. Изучение в провокационных почвенных условиях стабильно подтвердило преимущество сорта Кипрез по алюмо- и кислотостойкости. Прибавка урожайности к стандарту Фаленская 4 составила 0,26-0,32 т/га, к сорту Кировская 89 – 0,78-1,63 т/га. Сорт Регина уступил по продуктивности адаптивному стандарту Фаленская 4.

На основании анализа проведенных исследований была разработана и внедрена схема селекционного процесса с применением периодического направленного отбора в естественных полевых условиях жесткого провокационного фона. Схема селекции на кислото- и алюмоустойчивость в условиях северного земледелия предусматривает проведение отборов (до 5 лет) в сочетании с классическим методом половинок и использованием естественных провокационных фонов на снежную плесень (*M. nivale*).

Естественный фон для отбора растений с высоким потенциалом адаптивности на Северо-Востоке НЗ РФ обеспечивается уникальным сочетанием континентального климата с широким разнообразием почвенных условий.

Один из наиболее распространенных в стране сорт ржи Фаленская 4, сформированный в этих условиях, в результате многолетнего (2000-2014 гг.) изучения на нейтральном почвенном фоне, но в разных гидротермических условиях показал среднюю урожайность 5,2 т/га, что свидетельствует о его высокой адаптационной способности. В условиях естественного провокационного фона по алюмокислотности урожайность сорта составила 3,46 т/га (60,2% к обычному фону) [52]. Установлено, что сорт может успешно произрастать и на солончаковых почвах [53]. Учитывая высокие возможности сорта Фаленская 4 в экстремальных условиях средовых факторов, его можно рекомендовать для расширения производства на низкоплодородных кислых почвах.

Сорт Кипрез, имеющий превосходство по урожайности относительно кислотоустойчивого сорта Фаленская 4 до 0,32 т/га в условиях почвенного стресса (2010-2016 гг.), представляет несомненный интерес для внедрения в производство и как источник кислото- и алюмоустойчивости для использования в селекционных программах регионов страны. Сорт передан на госсортоиспытание в 2016 г. При возделывании его в условиях низкоплодородных алюмокислых почв чистый доход составляет 9,23 тыс. руб./га, что выше стандарта на 2,03 тыс. руб./га, общая рентабельность при внедрении сорта – 61% (стандарта – 48%).

Таким образом, среди зерновых культур рожь характеризуется наибольшей устойчивостью к кислым почвам. Создание и использование толерантных к эдафическому стрессу сортов ржи является наиболее экологически чистым и энергосберегающим путем снижения токсичности кислых почв. В селекционных программах ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока успешно внедрена обоснованная схема создания алюмо- и кислотоустойчивых сортов озимой ржи для условий северного земледелия. Кислотоустойчивые сорта ржи, как биологическая основа урожая, являются надежным резервом увеличения производства зерна на низкоплодородных почвах Нечерноземной зоны страны.

#### Список литературы

1. 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. С. 35-45.
2. Kedrova L., Saveljev Y., Sheshogova T., Shirokhih I., Lisitsyn E. Selection of winter rye (*Secale cereal* L.) for aluminum and acid resistance // Proceed-

ings of the EUCARPIA Rye Meeting – July 4-7, 2001, Radzikow, Poland. P. 389-393.

3. Haug A. Molecular Aspects of Aluminum Toxicity // Crit. Rev. Plant. Sci. 1984. Vol. 1. P. 345-373.

4. Von Uexkiill H.R., Mutert E. Global extent, development and economic impact of acid soils // Plant and Soil. 1995. Vol. 171. № 1. P. 1-15.

5. Кедрова Л.И., Уткина Е.И., Шляхтина Е.А., Коновалова С.В. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи в условиях почвенного стресса на Северо-Востоке Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 26-28.

6. Югай А.М. Эффективность производства и уровень кислотности почв // Вестник АПК Верхневолжья. 2015. № 4 (32). С. 3-8.

7. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Шляхтина Е.А. Стрессоустойчивость сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Методы и технологии в селекции растений: Материалы Всеросс. научн.-практ. конф. с Международным участием. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2014. С. 107-110.

8. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М., 1991. 415 с.

9. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Изд. 2-е, исп. и доп. Тула: Гриф и К, 2012. 124 с.

10. Пономарева Л.В., Дричко В.Ф., Цветкова Н.П., Кудрявцев Д.В. Содержание подвижного алюминия и кислотность почвы на фоне бактериализации алюмотолерантными штаммами как приема повышения устойчивости растений // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 1. С. 104-109.

11. Foy C.D. The physiology of plant adaption to mineral stress // Iowa St. J. Res, 1983. Vol. 57. P. 355-391.

12. Vlamis J., Williams D.E. Manganese and silicon interactions in the Gramineae // Plant Soil. 1967. Vol. 28. P. 131-140.

13. Choudhary M., Bailey L.D., Grant C.A. Effect of zinc on cadmium concentration in the tissue of durum wheat // Can. J. Plant Sci. 1994. V. 74. P. 549-552.

14. Yang X., Baligar V.C., Martens D.C., Dark R.B. Influx, transport and accumulation of cadmium in plant species grown at different cadmium 2+ activities // J. Environ. Sci. Health. 1995. Vol. 30. P. 569-583.

15. Buckley W.T., Buckley K.E., Grant C.A. Adsorption, absorption and translocation of cadmium in highcadmium and low-cadmium accumulating lines of durum wheat // Fourth International conference on the biogeochemistry of trace elements. 1997. P. 129-130.

16. Clark J.M., Leisle D., De Pauw R.M., Thiessen L.L. Registration of five pairs of durum wheat genetic stocks near-isogenic for cadmium concentration // Crop Sci. 1997. Vol. 37. P. 97.

17. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Trace Elements in Soils and Plants*, Second Edition. Boca Raton, Florida, 1992. 365 p.

18. Schier G.A., McQuattie C.J. Stimulatory effects of aluminum on growth of sugar maple seedlings // J. Plant Nutrit., 2002. 25(11). P. 2583-2589.

19. Jayasundara H.P.S., Thomson B.D., Tang C. Responses of cool season grain legumes to soil abiotic stresses // *Adv. Agron.*, 1998. № 63. P. 77-151.
20. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. М., 1963. Т. 1. С. 108-111.
21. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленев Н.А., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. М.: ВНИИА, 2008. 340 с.
22. Жученко А.А. Рожь – стратегическая культура в обеспечении продовольственной безопасности России в условиях глобального и локального изменения погодно-климатических условий. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2009. 52 с.
23. Корнилов М.Ф., Борисова Е.М., Трунина З.В. Известкование почвы и сорт (из работ Ленинградского отделения ВИУА) // Известкование дерново-подзолистых почв. Тр. ВИУА, М., 1955. № 31. С. 202-250.
24. Косарева И.А., Семенова Е.В. Лабораторный скрининг видов пшеницы на алюмотолерантность // Доклады РАСХН. 2005. № 5. С. 5-7.
25. Лисицын Е.М., Лисицына И.И. Влияние места репродукции сорта на его потенциальную алюмоустойчивость // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 5. С. 58-64.
26. Авдонин Н.С. Известкование кислых почв. М.: Колос, 1976. 304 с.
27. Урбан Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: Беларус. наука, 2009. 269 с.
28. Aniol A., Madej L. Genetic variation for aluminum tolerance in rye // *International symposium on Rye Breeding & Genetics. Germany*, 1996. P. 201-212.
29. Яковлева О.В., Капешинский А.М. Генетические основы устойчивости к токсичным ионам алюминия у разных видов злаков // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 46-57.
30. Стихин М.Ф., Денисов П.В. Озимая рожь и пшеница в Нечерноземной полосе. Л., 1977. 320 с.
31. Zekri M., Parsons L. Response of split-root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses // *J. Exp. Bot.*, 1990. Vol. 41. N. 222. P. 35-40.
32. Cox W., Levit J. Interrelation between environmental factors and resistance of cabbage leaves // *Plant Physiol.*, 1976. Vol. 57. № 4. P. 553-555.
33. Гончарова Э.А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погодно-климатическим аномалиям // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 1. С. 24-31.
34. Щенникова И.Н., Шуплецова О.Н., Шешегова Т.К. Регенеранты ячменя с комплексной устойчивостью к стрессовым факторам // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье. Иваново: ПресСто, 2013. Т. 2. С. 33-36.
35. Baier, A.C., Somers D.J., Gustafson J.P. Aluminum tolerance in wheat: correlating hydroponic evaluations with field and soil performances // *Plant Breeding*. 1995. Vol. 114. P. 291-296.
36. Ring S.M., Fisher R.P., Poile G.J., Helyar K.R., Konyers M.K., Morris S.G. Screening species and cultivars for their tolerance to acidic soil conditions // *Plant Soil*. 1993. Vol. 155/156. P. 521-524.
37. Внучкова В.А., Неттевич Э.Д., Чеботарева Т.М. Использование методов *in vitro* в селекции ячменя на устойчивость к токсичности кислых почв // Доклады ВАСХНИЛ. 1989. № 7. С. 2-5.
38. Кедрова Л.И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
39. Щенникова И.Н. Методы и результаты селекции ячменя на устойчивость к кислым почвам // в кн.: Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. С. 307-333.
40. Mu-yuan Z., Chun-nong H., A-bing X., Miao-bao Y. In vitro selection of aluminum-tolerant variant of barley callus and its characterization // *Acta Bot. Sin.* 1990. Vol. 32. № 10. P. 743-748.
41. Яковлева О.В. Методы изучения генетического разнообразия ячменя на алюмоустойчивость // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013. Т. 171. С. 117-122.
42. Лисицын Е.М. Эдафическая устойчивость растений и методы ее оценки // Методы и технологии в селекции растений: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с международным участием. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2014. С. 52-59.
43. Косарева И.А., Давыдова Г.В., Семенова Е.В. Определение кислотоустойчивости зерновых культур. Методические указания. СПб.: ВИР, 1995. 24 с.
44. Gallardo F., Borie F., Alvear M., Von Baer E. Evaluation of aluminum tolerance of three barley cultivars by two shortterm screening methods and field experiments // *Soil Sc. Plant Nutrit.* 1999. Vol. 45. № 3. P. 713-719.
45. Иванов М.В. Основные направления современной селекции (концепция). СПб., 2001. 26 с.
46. Miftahudin M., Scoles G.J., Gustafson J.P. AFLP markers tightly linked to the aluminum tolerance gene Alt3 in rye (*Secale cereal L.*) // *Theor. Appl. Genet.* 2002. Vol. 104. № 4. P. 626-631.
47. Wang J.P., Raman H., Zhang G.P., Mendham N., Zhou M.X. Aluminium tolerance in barley (*Hordeum vulgare L.*): physiological mechanisms, genetics and screening methods // *J. Zhejiang Univ. Sci. B*. 2006. Vol. 7. № 10. P. 769-787.
48. Navacode S., Weidner A., Lohwasser U., Roder M.S., Börner A. Molecular mapping of quantitative trait loci (QTLs) controlling aluminium tolerance in bread wheat // *Euphytica*. 2009. Vol. 166. № 2. P. 283-290.
49. Raman H., Karakousis A., Moroni J.S., Raman R., Read B., Garvin D.F., Kochian L.V., Sorrells M.E. Development and allele diversity of microsatellite markers linked to the aluminium tolerance gene Alpin barley // *Aust. J. Agric. Res.* 2003. Vol. 54. № 12. P. 1315-1321.
50. Pinto-Carnide O., Guedes-Pinto H. Differential behavior of rye Portuguese populations and European varieties to aluminum toxicity // *International symposium on Rye Breeding & Genetics (Book of abstracts)*. Germany, 1996. P. 72.

51. Шляхтина Е.А., Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Коновалова С.В. Реакция сортов озимой ржи на условия эдафического стресса // Наука нового века – знания молодых: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и соискателей: Сб. научных трудов в 3 ч. Ч. I. Агрономические науки. Киров: Вятская ГСХА, 2011. С. 189-194.

52. Кедрова Л.И., Уткина Е.И., Шляхтина Е.А., Шешегова Т.К., Парфенова Е.С., Шамова М.Г.,

Охапкина Н.А. Биологические основы производства зерна озимой ржи на Евро-Северо-Востоке РФ // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 21-23.

53. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Шляхтина Е.А., Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Сысоев В.А., Чанчжун Ж. Реакция сорта озимой ржи Фаленская 4 в экстремальных условиях средовых факторов // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 11. С. 55-57.

#### Сведения об авторах:

Кедрова Лидия Ивановна, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник,  
Уткина Елена Игоревна, доктор с.-х. наук, ст. научный сотрудник, заведующая отделом,  
e-mail: utkina.e.i@mail.ru

ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru

*Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 67, no. 6, pp. 17-25.*

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25

### The influence of soil acidity on the yield of winter rye and the possibility of edaphic selection (review)

**L.I. Kedrova, E.I. Utkina**

*Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation*

The review of the results of investigations on influence of soil acidity on winter rye productivity was done. The pattern of breeding process for creation of aluminum- and acid-resistant winter rye varieties under conditions of North-East of Russian Non-Chernozem zone was substantiated. Different methods of estimation such as cell and tissue cultures, method of nutrition solutions, soil culture, field study are used for screening of agricultural crop varieties on the level of resistance to abiotic stress. Winter rye is the least sensitive to soil acidity. However, higher soil acidity decreases winter hardiness and regenerating ability of rye after snow mould (*M. nivale*) damage that leads to shortfall of its production up to 40%. Creation of acid-resistant rye varieties is a perspective direction in breeding research especially for the conditions of north crop farming. In Russia, rye edaphic breeding began in the North-East Agricultural Research Institute in 1980 and it is now the only research institute in the country involved in this work. Studies are conducted under provocative conditions of field, greenhouse and laboratory experiments. Aluminum- and acid-resistant rye varieties were created – Regina (method of cells and tissues) and Kiprez (field method of multiple selections on natural rigid provocative background). Under conditions of natural soil background these varieties exceeded the initial variety Kirovskaya 89 in productivity by 0.24 t/ha and 0.72 t/ha correspondingly. Study on provocative soil conditions proved the superiority of variety Kiprez in aluminum- and acid-resistance. Additional productivity compared to the standard Falensky 4 was 0.26-0.32 t/ha, to the variety Kirovskaya 89 – 0.78-1.63 t/ha. Variety Regina was inferior to the standard Falenskaya 4 in productivity. In 2016 variety Kiprez was transferred to the State varietal test. Based on studies carried out in Federal Agricultural Research Center of the North-East the plan of creation of aluminum- and acid-resistant winter rye varieties with the use of complex natural provocative background ( $H^+$  and  $Al^{3+}$ ; *M. nivale*) was developed and implemented. The varieties being created are subjected to obligatory test under rigid field provocative conditions. Acid-resistant varieties are reliable reserve for increasing the winter rye grain production on low-fertile acid soils of Non-Chernozem zone of Russia and are valuable sources of aluminum- and acid-resistance in breeding programs in other regions of the country.

**Keywords:** winter rye, soil acidity, natural provocative background, breeding, varieties, aluminum- and acid-resistance

#### References

1. Kosareva I.A. *Izuchenie kolekcij sel'sko-hozjajstvennykh kul'tur i dikih rodichej po priznakam ustojchivosti k toksicheskim jelementam kislykh pochv*. [Study of collection of agricultural crops and wild relatives on trait of resistance to toxic elements of acid soils]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2012. Vol. 170. pp. 35-45.

2. Kedrova L., Saveljev Y., Sheshegova T., Shirokhih I., Lisitsyn E. Se-lection of winter rye (*Secale cereal* L.) for aluminum and acid resistance. Proceedings of the EUCARPIA Rye Meeting. July 4-7, 2001, Radzikow, Poland. pp. 389-393.

3. Haug A. Molecular Aspects of Aluminum Toxicity. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 1984. Vol. 1. pp. 345-373.

4. Von Uexkiill H.R., Mutert E. Global extent, development and economic impact of acid soils. *Plant and Soil*. 1995. Vol. 171. no. 1. pp. 1-15.

5. Kedrova L.I., Utkina E.I., Shljahatina E.A., Konovalova S.V. *Adaptivnyj potencial sortov ozimoi rzhii v uslovijah pochvennogo stressa na Severo-Vostoke Nechernozemnoj zony Rossii*. [Adaptive potential of winter rye under conditions of soil stress in North-East of Russian Non-Chernozem zone]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2012. no. 6. pp. 26-28.

6. Jugaj A.M. *Jeffektivnost' proizvodstva i uroven' kislotnosti pochv*. [Effectiveness of production and

level of soil acidity]. *Vestnik APK Verhnevolzh'ja*. 2015. no. 4 (32). pp. 3-8.

7. Utkina E.I., Kedrova L.I., Shljahtina E.A. *Stressoustojchivost' sortov ozimoy rzh'i v usloviyah Kirovskoj oblasti*. [Stress-resistance of winter rye varieties under conditions of Kirov region]. *Metody i tehnologii v selekcii rastenij: materialy Vseross. Nauchn.-prakt. konf. s Mezhdunarodnym uchastiem*. [Methods and technologies in plant breeding: Materials of All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Kirov: NIISH Severo-Vostoka, 2014. pp. 107-110.

8. Klimashevskij Je.L. *Geneticheskij aspekt mineral'nogo pitaniya rastenij*. [Genetic aspect of plant mineral nutrition]. Moscow, 1991. 415 p.

9. Sokolova T.A., Tolpeshta I.I., Trofimov S.Ja. *Pochvennaja kislotalnost'. Kislотно-osnovnaja bufernost' pochv. Soedineniya aljuminija v tverdoj faze pochvy i v pochvennom rastvore*. [Soil acidity. Acid-base soil buffering. Aluminum complexes in solid phase of soil and soil solution. 2nd edition, revised and added]. Tula: *Grifi K*, 2012. 124 pp.

10. Ponomareva L.V., Drichko V.F., Cvetkova N.P., Kudrjavcev D.V. *Soderzhanie podvizhnogo aljuminija i kislotalnost' pochvy na fone bakterizacii aljumotolerantnymi shtammami kak priema povysheniya ustojchivosti rastenij*. [Content of mobile aluminum and soil acidity on the background of bacterization with aluminum-tolerant strains as a way to increase plant resistance]. *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 2010. no. 1. pp. 104-109.

11. Foy C.D. The physiology of plant adaption to mineral stress. *Iowa St. J. Res*, 1983. Vol. 57. pp. 355-391.

12. Vlamis J., Williams D.E. Manganese and silicon interactions in the Gramineae. *Plant Soil*. 1967. Vol. 28. pp. 131-140.

13. Choudhary M., Bailey L.D., Grant C.A. Effect of zinc on cadmium concentration in the tissue of durum wheat. *Can. J. Plant Sci*. 1994. Vol. 74. pp. 549-552.

14. Yang X., Baligar V.C., Martens D.C., Dark R.B. Influx, transport and accumulation of cadmium in plant species grown at different cadmium  $2^{+}$  activities. *J. Environ. Sci. Health*. 1995. Vol. 30. pp. 569-583.

15. Buckley W.T., Buckley K.E., Grant C.A. Adsorption, absorption and translocation of cadmium in highcadmium and low-cadmium accumulating lines of durum wheat. Fourth International conference on the biogeochemistry of trace elements. 1997. pp. 129-130.

16. Clark J.M., Leisle D., De Pauw R.M., Thiessen L.L. Registration of five pairs of durum wheat genetic stocks near-isogenic for cadmium concentration. *Crop Sci*. 1997. Vol. 37. p. 97.

17. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Trace Elements in Soils and Plants*, Second Edition. Boca Raton, Florida, 1992. 365 p.

18. Schier G.A., McQuattie C.J. Stimulatory effects of aluminum on growth of sugar maple seedlings. *J. Plant Nutrit*. 2002. no. 25(11). pp. 2583-2589.

19. Jayasundara H.P.S., Thomson B.D., Tang C. Responses of cool season grain legumes to soil abiotic stresses. *Adv. Agron.*, 1998. no. 63. pp. 77-151.

20. Prjanishnikov D.N. *Izbrannye sochinenija*. [Selected articles]. Moscow, 1963. Vol. 1. pp. 108-111.

21. Shil'nikov I.A., Sychev V.G., Zelenov H.A., Akanova N.I., Fedotova J.I.C. *Izvestkovanie kak faktor urozhajnosti i pochvennogo plodorodija*. [Liming as a factor of productivity and soil fertility]. Moscow: VNIIA, 2008. 340 p.

22. Zhuchenko A.A. *Rozh' – strategicheskaja kul'tura v obespechenii prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii v usloviyah global'nogo i lokal'nogo izmeneniya pogodno-klimaticheskikh uslovij*. [Rye is a strategic crop in providing food safety of Russia under conditions of global and local changes in weather-climate conditions]. Kirov: *NIISH Severo-Vostoka*, 2009. 52 p.

23. Kornilov M.F., Borisova E.M., Trunina Z.V. *Izvestkovanie pochvy i sort (iz rabot Leningradskogo otdelenija VIUAA)*. [Soil liming and variety (from activity of Leningrad branch of VIUAA)]. *Izvestkovanie dervno-podzolistyh pochv. Tr. VIUA*. [Liming of sod-podzolic soils. VIUAA proceedings]. Moscow, 1955. no. 31. pp. 202-250.

24. Kosareva I.A., Semenova E.V. *Laboratornyj skringing vidov pshenicy na aljumotolerantnost'*. [Laboratory screening of wheat species on aluminum tolerance]. *Doklady RASHN*. 2005. no. 5. pp. 5-7.

25. Lisicyn E.M., Lisicyna I.I. *Vlijanie mesta reprodukcii sorta na ego potencial'nuju aljumotolerantnost'*. [Influence of reproduction place of variety on its potential aluminum resistance]. *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 2008. no. 5. pp. 58-64.

26. Avdonin N.S. *Izvestkovanie kislyh pochv*. [Liming of acid soils]. Moscow: *Kolos*, 1976. 304 p.

27. Urban Je.P. *Ozimaja rozh' v Belarusi: selekcija, semenovodstvo, tehnologija vozdeľyvanija*. [Winter rye in Belarus: breeding, seed rising, cultivation technology]. Minsk: *Belarus. nauka*, 2009. 269 p.

28. Aniol A., Madej L. Genetic variation for aluminum tolerance in rye. International symposium on Rye Breeding & Genetics. Germany, 1996. pp. 201-212.

29. Jakovleva O.V., Kapeshtinskij A.M. *Geneticheskie osnovy ustojchivosti k toksichnym ionam aljuminija u raznyh vidov zlakov*. [Genetic basis of resistance to toxic ions of aluminum in different cereal species]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2012. Vol. 170. pp. 46-57.

30. Stihin M.F., Denisov P.V. *Ozimaja rozh' i pshenica v Nechernozemnoj polose*. [Winter rye and wheat in Non-Chernozem stripe]. Leningrad, 1977. 320 p.

31. Zekri M., Parsons L. Response of split-root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses. *J. Exp. Bot.*, 1990. Vol. 41. no. 222. pp. 35-40.

32. Sox W., Levit J. Interrelation between environmental factors and resistance of cabbage leaves. *Plant Physiol*, 1976. Vol. 57. no. 4. pp. 553-555.

33. Goncharova, Je.A. *Strategija diagnostiki i prognoza ustojchivosti sel'skhozjajstvennyh rastenij k pogodno-klimaticheskim anomalijam*. [Strategy of diagnosis and prognosis of resistance in agricultural crops to weather-climatic anomalies]. *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 2011. no. 1. pp. 24-31.

34. Shhennikova I.N., Shuplecova O.N., Sheshhegova T.K. *Regeneranty jachmenja s kompleksnoj*



*ustojchivost'ju k stressovym faktoram.* [Barley regenerants with complex resistance to stress factors]. *Innovacionnye tehnologii vozdel'nyvanija sel'skhozozjajstvennyh kul'tur v Nechernozem'e.* [Innovation technologies of cultivation of agricultural crops in Non-Chernozem]. Ivanovo: *PresSto*, 2013. Vol. 2. pp. 33-36.

35. Baier, A.C., Somers D.J., Gustafson J.P. Aluminum tolerance in wheat: correlating hydroponic evaluations with field and soil performances. *Plant Breeding*. 1995. Vol. 114. pp. 291-296.

36. Ring S.M., Fisher R.P., Poile G.J., Helyar K.R., Konyers M.K., Morris S.G. Screening species and cultivars for their tolerance to acidic soil conditions. *Plant Soil*. 1993. Vol. 155/156. pp. 521-524.

37. Vnuchkova V.A., Nettevich Je.D., Chebotareva T.M. *Ispolzovanie metodov in vitro v selekcii jachmenja na ustojchivost' k toksichnosti kislyh pochv.* [Usage of *in vitro* methods in barley breeding for resistance to toxicity of acid soils]. *Doklady VASHNIL*. 1989. no. 7. pp. 2-5.

38. Kedrova L.I. *Ozimaja rozh' v Severo-Vostochnom regione Rossii.* [Winter rye in North-East region of Russia]. Kirov: *NIISH Severo-Vostoka*, 2000. 158 p.

39. Shhennikova I.N. *Metody i rezul'taty selekcii jachmenja na ustojchivost' k kislym pochvam.* [Methods and results of barley breeding for acid soil resistance]. *Sozdanie sortov ovsy i jachmenja dlja kislyh pochv. Teorija i praktika.* [Creation of oat and barley varieties for acid soils. Theory and practice]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. pp. 307-333.

40. Mu-yuan Z., Chun-nong H., A-bing X., Miao-bao Y. In vitro selection of aluminum-tolerant variant of barley callus and its characterization. *Acta Bot. Sin.* 1990. Vol. 32. no. 10. pp. 743-748.

41. Jakovleva O.V. *Metody izuchenija geneticheskogo raznoobrazija jachmenja na aljumooustojchivost'.* [Methods of study of barley genetic variability in aluminum resistance]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2013. Vol. 171. pp. 117-122.

42. Lisicyn E.M. *Jedaficheskaja ustojchivost' rastenij i metody ee ocenki.* [Plant edaphic resistance and methods of its estimation]. *Metody i tehnologii v selekcii rastenij: Materialy Vseross. nauchn.-prakt. konf. s mezhd. uchastiem.* [Methods and technologies in plant breeding: Proceedings of All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Kirov: *NIISH Severo-Vostoka*, 2014. pp. 52-59.

43. Kosareva I.A., Davydova G.V., Semenova E.V. *Opredelenie kislotoustojchivosti zernovyh kul'tur. Metodicheskie ukazanija.* [Estimation of cereal acid resistance. Methodical directions]. Saint-Petersburg: *VIR*, 1995. 24 p.

44. Gallardo F., Borie F., Alvear M., Von Baer E. Evaluation of aluminum tolerance of three barley cultivars by two shortterm screening methods and field

experiments. *Soil Sc. Plant Nutrit.* 1999. Vol. 45. no. 3. pp. 713-719.

45. Ivanov M.V. *Osnovnye napravlenija sovremennoj selekcii (konceptija).* [Main directions of modern breeding (conception)]. Saint-Petersburg, 2001. 26 p.

46. Miftahudin M., Scoles G.J., Gustafson J.P. AFLP markers tightly linked to the aluminum tolerance gene *Alt3* in rye (*Secale cereal* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2002. Vol. 104. no. 4. pp. 626-631.

47. Wang J.P., Raman H., Zhang G.P., Mendham N., Zhou M.X. Aluminium tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.): physiological mechanisms, genetics and screening methods. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*. 2006. Vol. 7. no. 10. pp. 769-787.

48. Navacode S., Weidner A., Lohwasser U., Roder M.S., Börner A. Molecular mapping of quantitative trait loci (QTLs) controlling aluminium tolerance in bread wheat. *Euphytica*. 2009. Vol. 166. no. 2. pp. 283-290.

49. Raman H., Karakousis A., Moroni J.S., Raman R., Read B., Garvin D.F., Kochian L.V., Sorrells M.E. Development and allele diversity of microsatellite markers linked to the aluminium tolerance gene *Alpin* barley. *Aust. J. Agric. Res.* 2003. Vol. 54. no. 12. pp. 1315-1321.

50. Pinto-Carnide O., Guedes-Pinto H. Differential behavior of rye Portuguese populations and European varieties to aluminum toxicity. *International symposium on Rye Breeding & Genetics (Book of abstracts).* Germany, 1996. pp. 72.

51. Shljahtina E.A., Utkina E.I., Kedrova L.I., Konovalova S.V. *Reakcija sortov ozimoy rzhi na usloviya jedaficheskogo stressa.* [Reaction of winter rye varieties on the conditions of edaphic stress]. *Nauke novogo veka – znaniya molodyh: materialy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. molodyh uchenyh, aspirantov i soiskatelej.* [Knowledge of youth is for science of the new century. Proceedings of International scientific and practical conference of young scientists, post-graduates and competitors]. *Sb. nauchnyh trudov v 3 ch. Part. I. Agronomicheskie nauki.* Kirov: *Vjatskaja GSHA*, 2011. pp. 189-194.

52. Kedrova L.I., Utkina E.I., Shljahtina E.A., Sheshhegova T.K., Parfenova E.S., Shamova M.G., Ohapkina N.A. *Biologicheskie osnovy proizvodstva zerna ozimoy rzhi na Evro-Severo-Vostoke RF.* [Biological bases of winter rye grain production in Euro-North-East of RF]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2012. no. 6. pp. 21-23.

53. Utkina E.I., Kedrova L.I., Shljahtina E.A., Parfenova E.S., Shamova M.G., Sysuev V.A., Chanchzhun Zh. *Reakcija sorta ozimoy rzhi Falenskaja 4 v jekstremal'nyh uslovijah sredovyh faktorov.* [Reaction of winter rye variety Falenskaya 4 in extreme conditions of environmental factors]. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2015. Vol. 29. no. 11. pp. 55-57.

#### Information about the authors:

L.I. Kedrova, DSc in Agriculture, leading researcher,

E.I. Utkina, DSc in Agriculture, senior researcher, e-mail: utkina.e.i@mail.ru

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru