

Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения

Е.И. Уткина, А.И. Кедрова

*Преимуществом озимой ржи среди зерновых культур является высокая зимостойкость. Показатель зимостойкости обусловлен комплексом признаков: биологическими и генетическими свойствами, погодными условиями и технологическими особенностями. Основными причинами гибели посевов озимой ржи в Северо-Восточном регионе являются вымерзание и выпревание. Вымерзание наблюдается в начале зимы при невысоком снеговом покрове и весной при возврате холодов. Критические условия вымерзания в регионе сложились в 2009/2010 гг., когда температура почвы на глубине залегания узла кущения длительное время и круглосуточно держалась на уровне -18°C. Глубина промерзания почвы достигала более 1 м. В Кировской области почти полностью погибли озимые пшеница и тритикале. Гибель озимой ржи Фаленская 4 в НИИСХ Северо-Востока составила 17%. Ежегодный ущерб урожаю ржи в регионе наносит выпревание и поражение снежной плесенью (*M. nivale*). Средняя вредоносность этой болезни составляет 15-20%, а в отдельные годы недобор урожая более значительный. Проявляются и другие неблагоприятные факторы перезимовки: ледяная корка, вымокание и выпирание. Стабильность урожая озимой ржи зависит от соблюдения технологии возделывания и внедрения высокозимостойких сортов. Поэтому в селекционных программах особенно Северо-Восточного региона одним из основных направлений является зимостойкость. Создание зимостойких сортов зависит от совершенствования методов селекции, использования источников зимостойкости, соответствующих условиям региона.*

Ключевые слова: озимая рожь, зимостойкость, вымерзание, выпревание, снежная плесень, технология возделывания, сорт, источники зимостойкости

Среди озимых зерновых культур – рожь наиболее пластичная по ареалу распространения и адаптивная для регионов со сложными почвенно-климатическими условиями, каким является Северо-Восточный регион Нечерноземья России. Преимуществом этой культуры является высокая зимостойкость, обусловленная биологическими и наследственными свойствами, складывающимися погодными условиями и особенностями технологии возделывания [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Основные причины изреженности и гибели посевов ржи в регионе – вымерзание и выпревание.

Вымерзание зависит от температуры воздуха, высоты и плотности снежного покрова, глубины промерзания почвы, а также от густоты посева, механического состава и влажности почвы [7]. Оптимальные условия для перезимовки ржи складываются при минимальной температуре почвы на глубине залегания узла кущения от -3 до -5°C [8].

По наблюдениям И.И. Туманова (1940), даже в малоснежные зимы рожь способна переносить морозы до -25...-35°C [9]. Институтом растениеводства им. В.Я. Юрьева (Международный симпозиум по озимой ржи EUCARPIA, 2010) доказано, что морозостойкость ржи достигает -23°C и превосходит озимые пшеницу (-19°C), тритикале (-16°C) и ячмень (-13°C).

По заключению А.Н. Тиунова и др. [10] причиной гибели растений при воздействии низких температур является образование внутриклеточного и внеклеточного льда, вызывающего механическую деформацию протопластов клеток.

Теория о подготовке озимых к перезимовке предложена И.И. Тумановым в 1940 г. Она сводится к тому, что за осенний период в процессе фотосинтеза растения должны накопить достаточное количество пластических веществ (сахаров), избавиться от избытка влаги. Сущность морозостойкости заключается в изменении содержимого клеток, т.е. в переходе его из жидкого состояния в гелеобразное [9].

Морозоустойчивые сорта ржи отличаются от слабоустойчивых по некоторым морфологическим и биологическим признакам. Они имеют распластанную форму куста, розеточные листья более узкие и короткие, эпидермис имеет утолщенную внешнюю стенку [11]. Характерной особенностью морозоустойчивых сортов озимой ржи является способность закладывать узел кущения до 1,5-2 см, слабозимостойкие сорта – на глубине не более 1 см.

В Северо-Восточном регионе озимые культуры страдают от низких температур в начале зимы при недостаточном снеговом покрове. За последние годы критические условия вымерзания сложились в 2009/2010 гг., когда теплая погода декабря (до +5°C) сменилась резким похолоданием до -35°C. Температура почвы на глубине залегания узла кущения достигала -18°C, глубина промерзания почвы – более 1 м. В результате сложившихся условий в Кировской области произошла практически полная гибель озимых пшеницы и тритикале. Гибель посевов озимой ржи Фаленская 4 в НИИСХ Северо-Востока составила 17%.

При *выпревании* значительный процент растений может сохраниться, однако у них повреждаются и гибнут до 50% и более главные, наиболее продуктивные побеги. Такие посевы формируют урожай за счет побегов второго, третьего и последующих порядков, запаздывают с развитием, и в результате урожайность снижается от 15 до 70%.

Анализом причин повреждений и гибели озимых культур при выпревании занимались многие физиологи. Установлено, что газообмен воздуха с наружной атмосферой достаточен для нормальной жизнедеятельности растений даже под уплотненным снежным покровом 1 м при температуре 0°C, что опровергает старые представления о гибели растений под снегом от недостатка кислорода. Выпревание наблюдается при длительном пребывании растений при температуре, близкой к 0°C и неглубоком промерзании почвы под мощным снежным покровом. В таких условиях растения усиленно расходуют запасы питательных веществ в листьях и узлах кущения. Решающую роль в последний период зимовки растений под избыточным снежным покровом оказывает развитие грибных заболеваний (снежной плесени и склеротинии), которые завершают фазу выпревания озимых [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

В Северо-Восточном регионе снежная плесень является одной из самых распространенных и вредоносных болезней, от поражения которой недоборы урожая иногда превышают потери от всех других вместе взятых болезней. Положение усугубляется, если одновременно со снежной плесенью развивается склеротиния (*S. sclerotiorum*). Такое неблагоприятное сочетание в регионе отмечалось в 1988 г., когда в Кировской области погибло 13% площади посева озимой ржи. Аналогичная картина гибели наблюдалась в Удмуртской Республике и Пермском крае. Частота вспышек снежной плесени (*M. nivale*) в Северо-Восточном регионе проявляется практически ежегодно, процент вредоносности составляет 15-25. Склеротиния проявляется 1-2 раза в 10 лет, с вредоносностью 50-70% [22, 23, 24].

Вред для озимых культур представляет *ледяная корка*. Она образуется в результате чередования оттепели и низких температур или при застое воды на поверхности почвы. Наиболее опасна для озимых притертая ледяная корка [25]. Весной притертая ледяная корка быстро тает, начинается транспирация влаги из растений, а корневая система еще не функционирует, происхо-

дит гибель от физиологической засухи [10].

Висячая ледяная корка образуется при зимних оттепелях. Опасность ее зависит от температуры на поверхности почвы и длительности периода до ее разрушения. В Северо-Восточном регионе в 2017 г. на посевах озимых культур образовалась плотная висячая ледяная корка. В Кировской области гибель отобранных проб озимой ржи в январе-феврале составила около 30%. Разрушение ледяной корки произошло в конце марта. Гибели растений не наблюдалось, но урожайность ржи уступала предшествующим годам.

Для озимой ржи опасна продолжительная задержка воды на полях. Устойчивость к *вымыванию* зависит от времени года. Осенью молодые растения ржи обладают большей устойчивостью и способны перенести затопление в течение 10 дней, но в зиму уходят в ослабленном состоянии [26]. Более опасно весеннее затопление, т.к. оно проходит при высоких температурах и интенсивном обмене веществ в растении.

Слабые, плохо укоренившиеся растения часто подвержены *вытиранию*. Вытирание может происходить в конце осенней вегетации и весной. Это происходит на участках, где почва плохо осела из-за поздней вспашки или вспучивается в связи с перенасыщением ее водой и увеличением объема при замерзании. Основная мера борьбы – прикатывание почвы, что дает возможность несколько углубить узел кущения и обеспечить его сохранность [25].

Неблагоприятные условия перезимовки, особенно в Северо-Восточном регионе, иногда проявляются комплексно. Важным фактором повышения зимостойкости растений является соблюдение технологии возделывания озимой ржи с учетом изменяющегося климата и условий выращивания [27]. Зимостойкость растений значительно снижается при нарушении сроков посева [28, 29, 30, 31, 32]. На основании выявленной за 40-летний период изучения тенденции потепления и увеличения продолжительности периода осенней вегетации рекомендуется сместить оптимальные сроки посева озимой ржи в Северо-Восточном регионе на более поздний период на 5-10 дней [33]. Зимостойкость озимой ржи значительно снижается при посеве в плохо подготовленную не осевшую почву, при несбалансированном внесении минеральных удобрений, а также при повышенной кислотности почвы [34].

Потенциал урожайности озимых культур зависит от внедрения высокозимостойких

сортов. Направление селекции на зимостойкость в Северо-Восточном регионе является наиболее важным в создании адаптивных и урожайных сортов озимой ржи. Зимостойкость – важный показатель экологической устойчивости сорта, способный на генном уровне противостоять действию неконтролируемых абиотических стрессов в процессе перезимовки [35, 36]. Он обусловлен полигенным контролем, фенотипически проявляется в результате суммирования действия многих генов в определенных условиях среды [11].

Несмотря на многочисленные литературные данные, генетика зимостойкости ржи разработана недостаточно. Нет единого мнения о характере ее наследования. Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что у гибридов зимостойкость выше, если высокзимостойкий сорт используется в качестве материнской формы. Однако через цитоплазму потомству передается ряд нежелательных признаков (мелкозерность, низкая урожайность, слабая устойчивость к полеганию и др.). Поэтому при создании высокзимостойких сортов ржи в качестве материнского компонента лучше брать высокоурожайные, устойчивые к полеганию крупнозерные сорта, а в качестве отцовского – высокзимостойкие [37, 22].

В практической селекции по созданию короткостебельных сортов широко применяется метод гибридизации местных зимостойких сортов с сортами западноевропейского происхождения, характеризующимися короткой соломой и пониженной зимостойкостью [38, 39]. Повысить зимостойкость сортов возможно методом отбора устойчивых биотипов на провокационных фонах [40]. При этом отбор должен сопровождаться контролем за продуктивностью колоса и крупностью зерна.

Однако межсортовые скрещивания у ржи не раскрывают природу генетического направления развития признака зимостойкости. Для этого необходимо проводить диаллельные скрещивания инбредных линий. Роль отдельных типов генных взаимодействий в наследовании зимостойкости более детально изучена на озимых пшенице и ячмене, предполагается наличие различных наборов генов, по-разному реагирующих на условия зимостойкости [41, 42].

Проблема зимостойкости остро стоит при создании гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности. Происходит снижение зимостойкости инбредных линий в результате последовательного инбридинга на 13,5% от уровня гетерозиготной популяции [43, 44, 45]. В генетической вариации призна-

ка зимостойкости существенную роль играют аддитивные эффекты генов; доказана направленность доминирования: доминантные гены усиливают экспрессию признака зимостойкости, рецессивные – снижают [41, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53].

Зимостойкость возделываемых сортов ржи значительно варьирует в зависимости от эколого-генетической основы исходного материала, использованного при создании сорта [54, 55, 56, 57, 58]. Высокую зимостойкость сортов ржи восточно-сибирской и западно-сибирской групп отмечают Г.Н. Потапова и А.П. Романов [59]: Тевризская и Новодеревенская (Омская обл.); Камалинская 327 (Красноярский край); Местная К-8020 (Алтайский край); Кустарка и Вагайка (Тюменская обл.) и др. Среди зарубежного сортимента повышенную зимостойкость имеют сорта из Финляндии (Toivo, Ensi, Jo 090), Австрии (Iassaer, Oberkarcher) [60, 61].

Для селекции озимой ржи на Северо-Востоке Нечерноземной зоны большое значение имеют высокзимостойкие сорта северо-русской экологической группы, наиболее адаптированные к почвенно-климатическим условиям региона: Вятка, Вятка 2 и Уральская, а также сибирские сорта Житкинская и Ситниковская. Изучение сортообразцов мирового генофонда в 1997-2010 гг. позволило выявить следующие источники зимостойкости: Местный (к-7629), Местный (8500), Компус, Жатва (Россия); Harmanhuis, Hja 7052, Местный (к-11453), Jo 6989, Jo 3374 (Финляндия); SCW-2219, SCW-3, SCW 3154/74, Mutante 511, SCW 4511, SCW 5999 (Германия); Mikulirkie Wczesne (Польша); Maton (США); Orebro (Швеция); Weethalle Rye (Австрия); Zoziln (Болгария); Ankor (Турция). Среди сортов отечественной селекции к наиболее зимостойким (76-96%) сортам относятся: Фаленская 4, Вятка 2, Флора, Графиня, Снежана, Рушник, Кировская 89 (НИИСХ Северо-Востока); Пышма (Уральский НИИСХ); Эра, Волхова (Ленинградский НИИСХ). В НИИСХ Северо-Востока разработана схема создания высокзимостойких сортов озимой ржи, предусматривающая использование искусственных и естественных провокационных и инфекционных фонов на снежную плесень. В результате комплексных исследований созданы сорта ржи: Дымка, Кировская 89, Фаленская 4, Рушник, Флора и Графиня, внесенные в Госреестр селекционных достижений по шести регионам РФ.

Таким образом, основными причинами снижения урожая зерна и гибели посевов озимой ржи во многих регионах страны являются:

вызревание, поражение снежной плесенью и вымерзание. Для стабильного производства зерна необходимо возделывание высокозимостойких сортов при соблюдении требований технологии. Направление селекции на зимостойкость является приоритетным в создании новых сортов озимой ржи.

Список литературы

1. Иванов А.П. Рожь. Л., 1961. 302 с.
2. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи // Российская сельскохозяйственная наука (Доклады РАСХН). 2015. №1-2. С. 3-9.
3. Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г., Шаталова О.В. Аномальность зим на территории Саратовской области в конце XX – начале XI веков // Географические исследования в Саратовском Государственном университете. Саратов, 2008. С. 165-170.
4. Гончаренко А.А., Ермаков С.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин С.В., Крахмалев С.В. Пути повышения эффективности селекции озимой ржи в условиях Нечерноземной зоны РФ // Матер. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию со дня рожд. Н.И. Вавилова «Селекция зерновых культур и технология их возделывания в ЦФО РФ». 2013. С. 143-150.
5. Гончаренко А.А. Состояние производства и селекция озимой ржи в Российской Федерации // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Екатеринбург, 2012. С. 5-11.
6. Кедрова Л.И., Уткина Е.И., Шляхтина Е.А., Шешегова Т.К., Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Охупкина Н.А. Биологические основы производства зерна озимой ржи на Евро-Северо-Востоке РФ // Достижение науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 21-26.
7. Куперман Ф.М. Система диагностики состояния посевов озимых культур // Земледелие. 1959. № 8. С. 32-39.
8. Ахметов М.Г., Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Тагиров М.Ш. Возделывание озимой ржи в Республике Татарстан. Учебно-методическое пособие. Казань, 2007. 40 с.
9. Туманов И.И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. Л.: Сельхозгиз, 1940. 366 с.
10. Тиунов А.Н., Глухих К.А., Хорькова О.А., Шернин А.И. Рожь. М.: Колос, 1969. 352 с.
11. Кобылянский В.Д. Рожь: Генетические основы селекции. М.: Колос, 1982. 271 с.
12. Пухальский А.В. Повреждение озимых хлебов грибом склеротиния // Социалистическое растениеводство. 1937. № 21. С. 53-61.
13. Яковлев Н.Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 419 с.
14. Тупеневич С.М. Вызревание озимых хлебов весной // Труды ВНИИЭР. 1966. Вып. 28. С. 126-130.
15. Куперман Ф.М., Моисейчик В.А. Вызревание озимых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 167 с.
16. Кружилин А.С., Швелская З.М. Устойчивость озимых растений к выпреванию. М.: «Наука», 1986. 86 с.
17. Шешегова Т.К. Повышение устойчивости озимой ржи к фузариозным болезням // Вестник РАСХН. 2004. № 2. С. 24-26.
18. Sheshegova T., Kedrova L. Methods of winter rye breeding for resistance to against Fusarium infection // Abstract of proceedings of EUCARPIA Rye Meeting. Radzikow, Poland, 2001. P. 75.
19. Serenius M., Huusela-Veistola E., Avikainen H., Pakkala K., Laine A. Effects of sowing time on pink snow mould, leaf rust and winter damage in winter rye varieties in Finland // Agr. Food Sc. in Finland, 2005. Vol. 14. № 4. P. 362-376.
20. Velikovskiy V., Machan F. A study on combining ability and heterosis in winter rye // Hodowla Rosl. Aklimat. Nasienn, 1975. Vol.19. № 5/6. P. 403-406.
21. Овсянкина А.В. Исходный материал в селекции озимой ржи к снежной плесени // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 34. № 2. С. 78-81.
22. Кедрова Л.И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
23. Санин С.С. Контроль болезней сельскохозяйственных растений - важнейший фактор интенсификации растениеводства // Вестник защиты растений. 2010. № 1. С. 3-14.
24. Заушинцева А.В., Бражников П.Н., Сайнакова А.Б. Болезни озимой ржи в таежной зоне Западной Сибири // Вестник Алтайского Государственного аграрного университета. 2011. Т. 76. № 2. С. 35-39.
25. Стихин М.Ф., Денисов П.В. Озимая рожь и пшеница в Нечерноземной полосе. Л., 1977. 320 с.
26. Стефановский И.А. Об устойчивости озимой ржи и пшеницы к вымоканию // Физиология растений. 1962. Т. 9. Вып. 5. С. 256-341.
27. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. Казань: Изд-во Казанского университета, 2008. 288 с.
28. Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В. О сроках сева озимых культур в условиях изменения климата и их прогнозирование в Приволжском федеральном округе // Труды Гидрометцентра России. 2011. Вып. 345. С. 155-170.
29. Привалов Ф.И. Влияние потепления климата на оптимальность сроков сева озимых культур // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. 2012. № 4. С.49-52.
30. Косолапова А.И., Васбиева М.Т. Наставления по корректировке технологии возделывания озимых зерновых культур с учетом климатических изменений, позволяющие повысить продуктивность пашни на 11,0-15,0% в условиях Предуралья. Пермь: ГНУ Пермский НИИСХ, 2010. 20 с.
31. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Тагиров М.Ш., Маннапова Г.С., Якупова Г.Г. Факторы и условия эффективного производства озимой ржи в Республике Татарстан: Учебно-методическое руко-

водство. Казань: Фэн АН РТ, 2009. 60 с.

32. Bootsma A., Suzuki M. Zonathion of optimum seeding period of winter wheat based on autumn temperatures // *Canad. J/ Plant Sc.* 1986. Vol. 66. № 3. P. 789-793.
33. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Шляхтина Е.А., Шамова М.Г., Парфенова Е.С. Технологические особенности возделывания сорта озимой ржи Фаленская 4 в условиях изменяющегося климата // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2015. № 5(48). С. 34-38.
34. Палкин В.П. Зимовка озимых хлебов в Предуралье. Ижевск, 2000. 213 с.
35. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Агроприс, 2004. 1109 с.
36. Birjukovich T., Artsiukh D. Assessment of winter rye varieties on winter-hardiness and resistance to snow mould // *International Symposium on rye breeding & genetics.* Minsk, Belarus, 2010. P. 52.
37. Гончаренко А.А., Кедрова Л.И., Худоерко В.И. Селекция озимой ржи на зимостойкость. Методические указания по селекции и семеноводству озимой ржи. М., 1980. С. 28-43.
38. Кунакбаев С.А., Лещенко Н.И. Методика выведения короткостебельных сортов в Башкирском НИИ земледелия и селекции полевых культур // *Науч.-технол. бюлл. ВИР*, 1987. Вып. 171. С. 50-53.
39. Шакирзянов А.Х. Методы и результаты селекции озимых зерновых культур в Республике Башкортостан. Уфа, 2004. 204 с.
40. Kovalenko E., Ovsyankina A. Special and infraspecific of population of activators of root rors and snow winter rye in territory Russia // *Proceedings of EUCARPIA symposium Rye breeding and Genetics*, IHAR-Radzikov. Poland, 2001. P. 72.
41. Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 372 с.
42. Гончаренко А.А. Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи // *Российская сельскохозяйственная наука (Доклады РАСХН).* 2015. № 2. С. 3-9.
43. Tomerius A.M. Influence of quantitative-genetic and economic parameters on the efficiency of CMS-line development in rye // *Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting.* July 4-7, 2001. Radzikow, Poland. P. 19.
44. Wilde P., Menzel J., Schmiedchen B. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding // *Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting.* July 4-7, 2001. Radzikow, Poland. P. 17.
45. Kartel N.A., Malyshev S.V., Voylovkov A.V. Utilizing of molecular markers in eye genome investigations // *International Symposium on rye breeding & genetics.* Minsk, Belarus, 2010. P. 80.
46. Gudrun M. Ein Beitrag zur Entwicklung von Roggenninzuchtlinien als Ausgangsmaterial für die Hybridzuchtung bei Roggen // *Arch. Zuchtungsforsch.* 1989. № 3. P. 265-272.
47. Becker H. Pflanzenzüchtung. Stuttgart, 2010, 2. Auflage, Verlag Eugen Ulmer. 368 p.
48. Nilsson H. Populationanalysen und Erbliehkeitsversuche über die Selbsterilität, Selbstfertilität und Sterilität der Roggen // *Z. Pflanzenzüchtung*, 1916. №4(1). P. 1-44.
49. Mengersen F.V. Untersuchungen über die Ausnutzung von Inzucht und Heterosis in der Roggenzüchtung // *DLG-Machr. Pflanzenzücht.* 1950. P. 115-135.
50. Subenga J. Inbreeding effects in rye // *Z. Vererbungslehre*, 1958. P. 338-354.
51. Falconer D.S. Introduction to quantitative genetics. New-York.-Roland Press, 1960. 365 p.
52. Michaud R., Busbice T.H. Selection for seed set in noninbred and partly inbred populations of alfalfa // *Can.J.Plant Sci.* 1977. Vol. 57 (3). P. 873-881.
53. Lapinski B., Matusiac J. Assessment of new materials for hybrid breeding of winter triticale with rye cytoplasm of the Pampa type // *Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl. Warszawa*, 2011. № 260-261. Pp. 173-182.
54. Кедрова Л.И. Озимая рожь на Северо-Востоке в Европейской части России // *Вестник Российской академии с.-х. наук.* 2004. № 1. С. 15-16.
55. Бражников П.Н. Исходный материал для селекции озимой ржи в условиях севера Томской области // *Достижения науки и техники АПК.* 2012. № 5. С. 5-7.
56. Жученко А.А. Перспективы использования мировых растительных ресурсов в селекции // *Генетические основы селекции: материалы Всероссийской школы молодых селекционеров им. С.А. Кунакбаева.* Уфа: Башкир. НИИСХ, 2008. С. 11-20.
57. Hepting L. Analyse eines 7x7-Sortendialles zur Ermittlung geeigneten Ausgangsmaterials für die Hybridzuchtung bei Roggen // *Pflanzenzücht*, 1978. P. 188-197.
58. Miedaner T. Roggen. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1997. 151 p.
59. Потапова Г.Н., Романов А.П. Изучение исходного материала озимой ржи для селекции Уральского Нечерноземья // 70 лет научно-производственному объединению «Нива Татарстана»: матер. научно-практ. конференции. Казань: ТатНИИСХ, 1991. С. 176-180.
60. Hartmann W., Blach P. Beschleunigung der Generations folge bei winterroggen durch Ahrenbuttur // *Arch. Zuchtensforsch*, 1987. Vol. 17. № 1. P. 53-57.
61. Jahr W., Skiebe R., Sten M. Bedeutung von Ualenzkreuzungen für die Polyploidiezuchtung // *Z. Pflanzenzücht.* 1963. Bbb. 50. Part. 1. P. 26-33.

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Россия
Сведения об авторах:

Уткина Елена Игоревна, кандидат биол. наук, ст. научный сотрудник, заведующая отделом озимой ржи,
e-mail: utkina.e.i@mail.ru

Кедрова Лидия Ивановна, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник

Winter hardiness in winter rye: problems and solutions

doi: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18

E.I. Utkina, L.I. Kedrova

High winter hardiness is an advantage of winter rye over other cereals. This trait is determined by a number of parameters: biological and genetic properties, weather conditions and technological features. The main reasons of failure of winter rye sowings in North-East of European Russia are frost-killing and asphyxiation. Frost-killing is characteristic for beginning of winter with low snow cover and for cold spell in spring. The critical situation with frost damage in the region was recorded in 2009-2010 when soil temperature at the depth of tillering zone site continuously kept at -18 °C day and night. The depth of soil freezing was more than a meter. Winter wheat and triticale were almost completely winterkilled in Kirov region. The failure rate of winter rye Falenskaya 4 in Federal Agricultural Scientific Center of North-East was equal to 17%. Annual damage of rye production in the region is caused by asphyxiation and affection by snow mold (*M. nivale*). On the average damage caused by this disease is 15-20% and in some years even more. Other unfavorable factors of overwintering are shell ice, damping-off and pushing-out of crops. Stability of winter rye production depends on observing the cultivation technology and breeding of highly winter-hardy varieties. Thus, winter resistance is one of the key priorities of breeding programs in North-East of European Russia. The development of such varieties depends on improvement the breeding methods and use of sources of winter hardiness corresponded to region conditions.

Keywords: winter rye, winter hardiness, frost-killing, asphyxiation, snow mold, cultivation technology varieties, sources of winter hardiness

References

1. Ivanov A.P. *Rozh'*. [Rye]. Leningrad, 1961. 302 p.
2. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N. *Otsenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti inbrednykh liniy ozimoy rzhi*. [Estimation of ecological stability and plasticity in inbred lines of winter rye]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka (Doklady RASKhN)*. 2015. no.1-2. pp. 3-9.
3. Ivanova G.F., Levitskaya N.G., Shatalova O.V. *Anomal'nost' zim na territorii Saratovskoy oblasti v kontse KhKh – nachale KhI vekov*. [Anormality of winter on the territory of Saratov region at the end of the 20th – beginning of the 21st century]. *Geograficheskie issledovaniya v Saratovskom Gosudarstvennom universitete*. [Geographical research at Saratov State University]. Saratov, 2008. pp. 165-170.
4. Goncharenko A.A., Ermakov S.A., Makarov A.V., Semenova T.V., Tochilin V.N., Krakhmalov S.V. *Puti povysheniya effektivnosti selektsii ozimoy rzhi v usloviyakh Nechernozemnoy zony RF*. [Ways of increasing breeding effectiveness in winter rye in Non-Black Earth Zone of Russia]. *Mater. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 125-letiyu so dnya rozhd. N.I. Vavilova «Selektsiya zernovykh kul'tur i tekhnologiya ikh vozdeylvaniya v TsFO RF»*. [Proceedings of scientific and practical conference devoted to the 125-th anniversary of N.I. Vavilov "Breeding and cultivation technology of cereal crops in Central Federal District of the Russian Federation"]. 2013. pp. 143-150.
5. Goncharenko A.A. *Sostoyanie proizvodstva i selektsiya ozimoy rzhi v Rossiyskoy Federatsii*. [The situation in production and breeding of winter rye in Russian Federation]. *Ozimaya rozh': selektsiya, semenovodstvo, tekhnologii i pererabotka*. [Winter rye: breeding, seed production, technologies and processing]. Ekaterinburg, 2012. pp. 5-11.
6. Kedrova L.I., Utkina E.I., Shlyakhtina E.A., Sheshegova T.K., Parfenova E.S., Shamova M.G., Okhapkina N.A. *Biologicheskie osnovy proizvodstva zerna ozimoy rzhi na Evro-Severo-Vostoke RF*. [Biological basis of winter rye grain production in North-East of European Russia]. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*. 2012. no. 6. pp. 21-26.
7. Kuperman F.M. *Sistema diagnostiki sostoyaniya posevov ozimyykh kul'tur*. [System of diagnosis of state of winter rye sowings]. *Zemledelie*. 1959. no. 8. pp. 32-39.
8. Akhmetov M.G., Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Tagirov M.Sh. *Vozdeylvanie ozimoy rzhi v Respublike Tatarstan. Uchebno-metodicheskoe posobie*. [Cultivation of winter rye in Tatarstan Republic. Study guide]. Kazan', 2007. 40 p.
9. Tumanov I.I. *Fiziologicheskie osnovy zimostoykosti kul'turnykh rasteniy*. [Physiological basis of winter hardiness in cultivated plants]. Leningrad: *Sel'khozgiz*, 1940. 366 p.
10. Tiunov A.N., Glukhikh K.A., Khor'kova O.A., Shernin A.I. *Rozh'*. [Rye]. Moscow: *Kolos*, 1969. 352 p.
11. Kobylanskiy V.D. *Rozh': Geneticheskie osnovy selektsii*. [Rye: genetic basis of breeding]. Moscow: *Kolos*, 1982. 271 p.
12. Pukhal'skiy A.V. *Povrezhdenie ozimyykh khlebov gribom sklerotiniya*. [The affection of winter cereals by sclerotinia fungi]. *Sotsialisticheskoe rastenievodstvo*. 1937. no. 21. pp. 53-61.
13. Yakovlev N.N. *Klimat i zimostoykost' ozimoy pshenitsy*. [Climate and winter hardiness in winter wheat]. Leningrad: *Gidrometeoizdat*, 1966. 419 p.
14. Tupenevich S.M. *Vyprevanie ozimyykh khlebov vesnoy*. [Asphyxiation of winter cereals in spring]. *Trudy VNIER*. 1966. Iss. 28. pp. 126-130.
15. Kuperman F.M., Moiseychik V.A. *Vyprevanie ozimyykh kul'tur*. [Asphyxiation of winter crops]. Leningrad: *Gidrometeoizdat*, 1977. 167 p.
16. Kruzhilin A.S., Shvelskaya Z.M. *Ustoychivost' ozimyykh rasteniy k vyprevaniyu*. [Resistance of winter plants to asphyxiation]. Moscow: *Nauka*, 1986. 86 p.

17. Sheshegova T.K. *Povyshenie ustoychivosti ozimoy rzhi k fuzarioznym boleznyam*. [Increasing resistance of winter rye to fusarium diseases]. *Vestnik RASKhN*, 2004. no. 2. pp. 24-26.
18. Sheshegova T., Kedrova L. Methods of winter rye breeding for resistance to against Fusarium infection. Abstract of proceedings of EUCARPIA Rye Meeting. Radzikow, Poland, 2001. p. 75.
19. Serenius M., Huusela-Veistola E., Avikainen H., Pakkala K., Laine A. Effects of sowing time on pink snow mould, leaf rust and winter damage in winter rye varieties in Finland. *Agr. Food Sc. in Finland*, 2005. Vol. 14. no. 4. pp. 362-376.
20. Velikovskiy V., Machan F. A study on combining ability and heterosis in winter rye. *Hodowla Rosl. Aklimat. Nasienn*, 1975. Vol.19. no. 5/6. pp. 403-406.
21. Ovsyankina A.V. *Iskhodnyy material v selektsii ozimoy rzhi k snezhnoy pleseni*. [Parent material in breeding of winter rye resistant to snow mold]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2012. Vol. 34. no. 2. pp. 78-81.
22. Kedrova L.I. *Ozimaya rozh' v Severo-Vostochnom regione Rossii*. [Winter rye in North-East of European Russia]. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2000. 158 p.
23. Sanin S.S. *Kontrol' bolezney sel'skokhozyaystvennykh rasteniy - vazhneyshiy faktor intensivitatsii rastenievodstva*. [Control of diseases of agricultural crops is the most important factor of intensification in plant industry]. *Vestnik zashchity rasteniy*. 2010. no. 1. pp. 3-14.
24. Zaushintsena A.V., Brazhnikov P.N., Saynakova A.B. *Bolezni ozimoy rzhi v taezhnoy zone Zapadnoy Sibiri*. [Diseases of winter rye in taiga zone of Western Siberia]. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011. Vol. 76. no. 2. pp. 35-39.
25. Stikhin M.F., Denisov P.V. *Ozimaya rozh' i pshenitsa v Nechernozemnoy polose*. [Winter rye and wheat in Nonchernozem belt]. Leningrad, 1977. 320 p.
26. Stefanovskiy I.A. *Ob ustoychivosti ozimoy rzhi i pshenitsy k vymokaniyu*. [On the resistance of winter rye and wheat to damping-off]. *Fiziologiya rasteniy*. 1962. Vol. 9. Iss. 5. pp. 256-341.
27. Perevedentsev Yu.P., Sherstyukov B.G., Naumov E.P., Vereshchagin M.A., Shantalinskiy K.M. *Klimaticheskie usloviya i resursy Respubliki Tatarstan*. [Climatic conditions and resources of Tatarstan Republic]. Kazan': *Izd-vo Kazanskogo universiteta*. 2008. 288 p.
28. Strashnaya A.I., Maksimenkova T.A., Chub O.V. *O srokakh seva ozimyykh kul'tur v usloviyakh izmeneniya klimata i ikh prognozirovaniye v Privolzhskom federal'nom okruge*. [About sowing dates of winter crops under conditions of climate change and their prognosis in Volga Federal District]. *Trudy Gidromettsentra Rossii*. 2011. Iss. 345. pp. 155-170.
29. Privalov F.I. *Vliyaniye potepleniya klimata na optimal'nost' srokov seva ozimyykh kul'tur*. [Influence of climate warming on optimality of sowing time for winter crops]. *Vesti NAN Belarusi. Seryya agrarnyykh nauk*. 2012. no. 4. pp.49-52.
30. Kosolapova A.I., Vasbieva M.T. *Nastavleniya po korrektsirovke tekhnologii vozdel'yvaniya ozimyykh zernovykh kul'tur s uchetom klimaticheskikh izmeneniy, pozvolyayushchie povysit' produktivnost' pashni na 11,0-15,0% v usloviyakh Predural'ya*. [Instruction to correcting of winter cereals cultivation technologies taking into account climate changes which allow to increase plant productivity by 11.0-15.0% under conditions of Middle Urals]. Perm': *GNU Permskiy NIISKh Rossel'khozakademii*, 2010. 20 p.
31. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Tagirov M.Sh., Mannapova G.S., Yakupova G.G. *Fakторы i usloviya effektivnogo proizvodstva ozimoy rzhi v Respublike Tatarstan: Uchebno-metodicheskoe rukovodstvo*. [Factors and conditions of effective production of winter rye in Tatarstan Republic: Study Guide]. Kazan': *Fen AN RT*, 2009. 60 p.
32. Bootsma A., Suzuki M. Zonathion of optimum seeding period of winter wheat based on autumn temperatures. *Canad. J/ Plant Sc*, 1986. Vol. 66. no. 3. pp. 789-793.
33. Utkina E.I., Kedrova L.I., Shlyakhtina E.A., Shamova M.G., Parfenova E.S. *Tekhnologicheskie osobennosti vozdel'yvaniya sorta ozimoy rzhi Falenskaya 4 v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata*. [Technological specifications of cultivation of Falenskaya 4 winter rye under conditions of changing climate]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2015. no. 5(48). pp. 34-38.
34. Palkin V.P. *Zimovka ozimyykh khlebov v Predural'e*. [Overwinter of winter cereals in Middle Urals]. Izhevsk, 2000. 213 p.
35. Zhuchenko A.A. *Resursnyy potentsial proizvodstva zerna v Rossii*. [Resource potential of grain production in Russia]. Moscow: *Argos's*, 2004. 1109 p.
36. Birjukovich T., Artsiukh D. Assessment of winter rye varieties on winter-hardiness and resistance to snow mould. International Symposium on rye breeding & genetics. Minsk, Belarus, 2010. p. 52.
37. Goncharenko A.A., Kedrova L.I., Khudoerko V.I. *Selektsiya ozimoy rzhi na zimostoykost'*. *Metodicheskie ukazaniya po selektsii i semenovodstvu ozimoy rzhi*. [Winter rye breeding for winter hardiness. Methodical Guidelines for breeding and seed production of winter rye]. Moscow, 1980. pp. 28-43.
38. Kunakbaev S.A., Leshchenko N.I. *Metodika vyvedeniya korotkostebel'nykh sortov v Bashkirskom NII zemledeliya i selektsii polevykh kul'tur*. [Methods of breeding of short-stem varieties in Bashkir Research Institute for Soil Farming and Breeding of Field Crops]. *Nauch.-tekhnol. byull. VIR*, 1987. Iss. 171. pp. 50-53.
39. Shakirzyanov A.Kh. *Metody i rezul'taty selektsii ozimyykh zernovykh kul'tur v Respublike Bashkortostan*. [Methods and results of winter cereals breeding in Bashkortostan Republic]. Ufa, 2004. 204 p.

40. Kovalenko E., Ovsyankina A. Special and infraspecific of population of activators of root rors and snow winter rye in territory Russia. Proceedings of EUCARPIA symposium Rye breeding and Genetics, IHAR-Radzikov. Poland, 2001. p. 72.
41. Goncharenko A.A. *Aktual'nye voprosy selektsii ozimoy rzhi*. [Actual problems of winter rye breeding]. Moscow, 2014. 372 p.
42. Goncharenko A.A. Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N. *Otsenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti inbrednykh liniy ozimoy rzhi*. [Estimation of ecological stability and plasticity in inbred lines of winter rye]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka (Doklady RASKhN)*. 2015. № 2. S. 3-9.
43. Tomerius A.M. Influence of quantitative-genetic and economic parameters on the efficiency of CMS-line development in rye. Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting. July 4-7, 2001. Radzikow, Poland. p. 19.
44. Wilde P., Menzel J., Schmiedchen B. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding. Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting. July 4-7, 2001. Radzikow, Poland. p. 17.
45. Kartel N.A., Malyshev S.V., Voylov A.V. Utilizing of molecular markers in eye genome investigations. International Symposium on rye breeding & genetics. Minsk, Belarus, 2010. p. 80.
46. Gudrun M. Ein Beitrag zur Entwicklung von Roggenninzuchtlinien als Ausgangsmaterial für die Hybridzüchtung bei Roggen. *Arch. Züchtungsforsch.* 1989. no. 3. pp. 265-272.
47. Becker H. *Pflanzenzüchtung*. Stuttgart, 2010, 2. Auflage, Verlag Eugen Ulmer. 368 p.
48. Nilsson H. Populationanalysen und Erblichkeitversuche über die Selbsterilität, Selbstfertilität und Sterilität der Roggen. *Z. Pflanzenzüchtung*, 1916. no.4(1). pp. 1-44.
49. Mengersen F.V. Untersuchungen über die Ausnutzung von Inzucht und Heterosis in der Roggenzüchtung. *DLG-Machr. Pflanzenzücht.* 1950. pp. 115-135.
50. Subenga J. Inbreeding effects in rye. *Z. Vererbungslehre*, 1958. pp. 338-354.
51. Falconer D.S. *Introduction to quantitative genetics*. New-York.-Roland Press, 1960. 365 p.
52. Michaud R., Busbice T.H. Selection for seed set in noninbred and partly inbred populations of alfalfa. *Can.J.Plant Sci.* 1977. Vol. 57 (3). pp. 873-881.
53. Lapinski B., Matusiac J. Assessment of new materials for hybrid breeding of winter triticale with rye cytoplasm of the Pampa type. *Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl. Warszawa*, 2011. no. 260-261. pp. 173-182.
54. Kedrova L.I. *Ozimaya rozh'na Severo-Vostokey Evropeyskoy chasti Rossii*. [Winter rye in North-East of European Russia]. *Vestnik Rossiyskoy akademii s.-kh. nauk*. 2004. no. 1. pp. 15-16.
55. Brazhnikov P.N. *Iskhodnyy material dlya selektsii ozimoy rzhi v usloviyakh severa Tomskoy oblasti*. [Parent material for winter rye breeding under conditions of northern part of Tomsk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012. no. 5. pp. 5-7.
56. Zhuchenko A.A. *Perspektivy ispol'zovaniya mirovykh rastitel'nykh resursov v selektsii*. [Perspectives for use of world plant resources in breeding]. *Geneticheskie osnovy selektsii: materialy Vserossiyskoy shkoly molodykh selektsionerov im. S.A. Kunakbaeva*. [Genetic basis of plant breeding: proceedings of All-Russian Seminar of young breeders named after S. A. Kunakbaev]. Ufa: *Bashkir. nauch. issled. in-t sel. khoz-va*, 2008. pp. 11-20.
57. Hepting L. Analyse eines 7x7-Sortendiales zur Ermittlung geeigneten Ausgangsmaterials für die Hybridzüchtung bei Roggen. *Pflanzenzücht.* 1978. pp. 188-197.
58. Miedaner T. Roggen. *DLG-Verlag, Frankfurt/Main*, 1997. 151 p.
59. Potapova G.N., Romanov A.P. *Izuchenie iskhodnogo materiala ozimoy rzhi dlya selektsii Ural'skogo Nechernozem'ya*. [Study of parent material of winter rye for breeding in Ural Non-Black Soil Zone]. *70 let nauchno-proizvodstvennomu ob'edineniyu «Niva Tatarstana»: mater. nauchno-prakt. konferentsii*. [The 70th anniversary of Scientific-Industrial Association "Niva of Tatarstan": Proceedings of Scientific and practical Conference]. Kazan': *RASKhN TatNIISKh*, 1991. pp. 176-180.
60. Hartmann W., Blach P. Beschleunigung der Generationsfolge bei winterroggen durch Ahrenbuttur. *Arch. Züchtungsforsch.* 1987. Vol. 17. no. 1. pp. 53-57.
61. Jahr W., Skiebe R., Sten M. Bedeutung von Ualenzkreuzungen für die Polyploidiezüchtung. // *Z. Pflanzenzücht.* 1963. Bbb. 50. Part. 1. pp. 26-33.

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

Utkina E.I., PhD in Biological sciences, senior researcher, Head of the Department of winter rye ,

E-mail: utkina.e.i@mail.ru

Kedrova L.I., DSc in Agricultural sciences, leading researcher of the Laboratory of breeding and primary seed raising of winter rye