УДК 633.14:581.1:631.531

ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ СПОСОБОМ ПРОРАЩИВАНИЯ НА РАСТВОРЕ САХАРОЗЫ

Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Набатова Н.А., Псарева Е.А.

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока», Киров, e-mail: utkina.e.i@mail.ru

Недостаток почвенной влаги в фазу всходов, кушения, формирования и налива зерна замедляет процессы морфогенеза и снижает урожай. Оценка относительной засухоустойчивости сортов методом проращивания семян в растворе с повышенным осмотическим давлением позволяет выделить образцы с высокой водопоглотительной способностью. Целью исследований являлось изучение влияния разных концентраций раствора сахарозы на прорастание семян и оценка относительной засухоустойчивости сортов и популяций озимой ржи. Работа проведена в ФАНЦ Северо-Востока в 2018 г. Изучено влияние разных концентраций раствора на прорастание семян сортов Фаленская 4, Графиня, Кировская 89. В зависимости от генотипа и концентрации раствора прорастание варьировало от 27,1 до 93,3%. Отмечено, что сорт Кировская 89 отличался наибольшим процентом прорастания семян при всех концентрациях (в среднем 76,7%) и менее резким снижением показателя при повышении осмотического давления. Установлено, что при концентрации раствора 10,5%, соответствующей осмотическому давлению 12 атм., дифференциация образцов по проценту прорастания семян наибольшая. Приведены результаты лабораторной оценки относительной засухоустойчивости при осмотическом давлении 12 атм. у 9 районированных сортов и 14 перспективных популяций озимой ржи. По результатам оценки образцы распределены на 5 групп. В группу высокоустойчивых и с устойчивостью выше средней вошли 11 образцов. Выделенные образцы можно считать перспективными для дальнейшего изучения засухоустойчивости в естественных полевых условиях.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, семена, прорастание, засухоустойчивость, сахароза, осмотическое давление

ASSESSMENT OF THE RELATIVE DROUGHT RESISTANCE OF VARIETIES OF WINTER RYE, METHOD OF GERMINATION ON SUCROSE

Parfenova E.S., Shamova M.G., Nabatova N.A., Psareva E.A.

North-East Federal Agrarian Scientific Center, Kirov, e-mail: utkina.e.i@mail.ru

The lack of soil moisture in the phase of germination, tillering, the formation and loading of grain slows down the processes of morphogenesis and reduces the yield. Evaluation of the relative drought resistance of varieties by the method of germinating seeds in a solution with increased osmotic pressure allows you to select samples with high water absorption capacity. The aim of the research was to study the effect of different concentrations of sucrose solution on seed germination and the assessment of the relative drought-resistance of varieties and populations of winter rye. The work was carried out in the North-East Federal Agrarian Scientific Center in 2018. The effect of different concentrations of the solution on the germination of seed varieties Falenskaya 4, Grafinya, Kirovskaya 89 was studied. Depending on the genotype and the concentration of the solution, germination varied from 27.1 to 93.3%. It was noted that the variety Kirovskaya 89 was distinguished by the highest percentage of seed germination at all concentrations (average 76.7%) and a less sharp decrease in the indicator with an increase in osmotic pressure. It was established that at a solution concentration of 10.5%, corresponding to an osmotic pressure of 12 atm., the differentiation of samples according to the percentage of seed germination is greatest. The results of laboratory evaluation of relative drought resistance at an osmotic pressure of 12 atm. are presented in 9 zoned varieties and 14 promising populations of winter rye. According to the evaluation results, the samples were divided into 5 groups. The group of high-resistant and with stability above the average included 11 samples. The selected samples can be considered promising for the further study of drought tolerance in natural field conditions.

Keywords: winter rye, variety, seeds, germination, drought resistance, sucrose, osmotic pressure

Одним из важных биологических и хозяйственно ценных признаков культурных растений является способность использовать влагу в условиях ее дефицита, особенно на первых этапах роста и развития [1, с. 90]. Под определением «засухоустойчивость» понимают способность растений противостоять неблагоприятным условиям вегетации, не снижая при этом урожай, поэтому, чем меньше снижение урожая, тем выше засухоустойчивость [2, с. 39].

Озимая рожь считается сравнительно засухоустойчивой культурой, эффективно использующей воду благодаря хорошо развитой корневой системе. Однако не-

достаток влаги в каждый из критических периодов водопотребления (фаза всходов, осеннего кушения, период от выхода в трубку до колошения, налив зерна) приводит к замедлению процессов морфогенеза и снижению урожая, в том числе за счет уменьшения длины колоса, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен. Кроме того, засушливая погода в фазу всходов и осеннего кушения снижает готовность посевов к перезимовке [1, с. 90]. В исследованиях В.В. Чайкина, А.А. Торопа, А.И. Рылькова засушливые условия в осенний период, а также в июне и июле вызывали снижение урожайности озимой

ржи более чем в 2 раза. Ими отмечено негативное влияние на урожайность сочетания таких факторов, как поражение снежной плесенью и действие осенней и (или) весенней засухи [3, с. 35].

В зоне достаточного увлажнения отрицательное влияние засухи на сельскохозяйственные культуры проявляется быстрее, чем в засушливых регионах [4, с. 10].

Экологические условия Кировской области соответствуют требованиям возделывания озимой ржи и позволяют вести устойчивое производство зерна этой культуры [5, с. 30]. Засуха считается нехарактерным метеорологическим явлением и не относится к числу факторов, значительно лимитирующих урожайность этой культуры, как, например, условия перезимовки. Однако отмечается неустойчивый характер выпадения осадков в течение вегетации озимых, при этом периоды достаточного или избыточного увлажнения сменяются дефицитом влаги. Довольно часто засушливые условия отмечаются в конце мая – июне, а также в июле, когда идет налив зерна [6, с. 248]. Реже засушливая погода отмечается в фазу всходов и осеннего кушения, когда достаточная влагообеспеченность нужна для подготовки растений к перезимовке. В ранее проведенных нами исследованиях (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2010–2017 гг.) отмечена тесная связь между урожайностью озимой ржи и суммой осадков за май, а также за период «май – июль» (коэффициент корреляции составил 0,70 и 0,73 соответственно).

В годы с дефицитом влаги в критические периоды водопотребления урожайность озимой ржи заметно снижается, что определяет актуальность проведенных исследований по оценке относительной засухоустойчивости возделываемых сортов.

К косвенным методам оценки относительной засухоустойчивости относится метод определения прорастания семян в растворе с повышенным осмотическим давлением, имитирующим недостаток воды (например, раствор сахарозы). Сорта, способные прорасти в условиях осмотического стресса и формирующие

мощную первичную корневую систему, в дальнейшем могут быть более засухоустойчивыми в естественных полевых условиях [7, с. 10]. Данный метод позволяет выделить перспективный материал с устойчивостью к засухе на ранних этапах органогенеза, что важно при селекции сортов озимых культур, устойчивых к осенней засухе [7, с. 14–15]. Концентрация раствора-осмотика должна быть такой, чтобы различия в устойчивости оцениваемых объектов имели наибольшую амплитуду [8, с. 58]. Правильно подобранная концентрация позволит получить более точное представление об относительной засухоустойчивости сортов. В методическом руководстве [7, с. 10–24] отсутствует информация о концентрации раствора сахарозы для оценки прорастания семян озимой ржи. В исследованиях А.А. Белозеровой и Н.А. Боме [1, с. 90] оценка сортов озимой ржи проводится на концентрации раствора сахарозы 10 %.

Цель исследования: изучить влияние разных концентраций раствора сахарозы на прорастание семян озимой ржи; оценить относительную засухоустойчивость сортов и перспективных популяций озимой ржи в условиях осмотического стресса.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи в Федеральном аграрном научном центре (ФАНЦ) Северо-Востока (г. Киров) в 2018 г. Работа проводилась в два этапа: на первом этапе изучено влияние различных концентраций раствора-осмотика на прорастание семян и экспериментально установлена концентрация, при которой наблюдается наилучшая дифференциация образцов озимой ржи по степени прорастания семян; на втором этапе проведена косвенная оценка образцов по засухоустойчивости описанным ниже способом на установленной концентрации раствора сахарозы.

Опыт по установлению концентрации раствора проведен на трех районированных в Кировской области сортах озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока, различающихся между собой по морфотипу – Фаленская 4, Графиня и Кировская 89. Для косвенной оценки засухоустойчивости использовали 23 образца озимой ржи, среди которых 9 районированных сортов и 14 перспективных популяций (табл. 1).

Таблица 1

Сорта и перспективные популяции озимой ржи для оценки относительной засухоустойчивости

Районированные сорта	Перспективные популяции
Вятка 2, Крона, Фаленская 4, Кировская 89, Дымка, Снежана, Рушник, Флора, Графиня	Кипрез, Румба, Роса, Ниоба, Леда, Садко, Перепел, Снежана С30/07, Фаленская универсальная, Графиня ОП-15, Графиня ОП-14, Кипрез КУ-16, Кипрез КУ-15, Фаленская универсальная ОП-14

Для лабораторной оценки прорастания семян использовали методику Н.Н. Кожушко [6]. Опыт заложен в трехкратной повторности. Объем выборки – 30 семян каждого сорта. Проращивание семян проводили в чашках Петри на фильтровальной бумаге. В опытных вариантах в чашки добавляли растворы сахарозы с концентрацией 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6%, которые создавали осмотическое давление: 3, 6, 9, 12 и 18 атмосфер (атм) соответственно. В контрольном варианте семена проращивали с добавлением дистиллированной воды. На седьмые сутки определяли прорастание семян (P , %). Для этого в опытном и контрольном вариантах подсчитывали количество семян, давших корешок минимальной длины, затем среднее количество проросших семян в растворе сахарозы (a) выражали в процентах от числа семян, проросших в контроле (b), то есть $P = (a/b) \times 100\%$. Чем выше процент прорастания семян в растворе сахарозы, тем более засухоустойчив образец.

Степень снижения (депрессию) ростовых процессов (Z , %) определяли по убыли сухой массы проростков (корней и ростков) в опыте (y) по сравнению с аналогичным показателем в контрольном варианте (x), то есть $Z = 100 - \frac{y}{x} \times 100\%$. Более засухоустойчивые образцы отличаются меньшей депрессией ростовых процессов при повышенном осмотическом давлении, что проявляется в меньшем снижении накопления проростками биомассы.

Для дифференциации по степени засухоустойчивости для каждого образца определили доверительный интервал значения признака прорастания семян,

затем вычислили величину группового интервала и по нижнему пределу доверительного интервала разделили образцы на 5 групп.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа с использованием MS Excel, пакета программ AGROS 2.07, а также методом обработки данных при альтернативной изменчивости [6, с. 13–14].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате изучения прорастания семян сортов Фаленская 4, Графиня и Кировская 89 при разных условиях водного дефицита (различная концентрация раствора сахарозы) установлено, что в зависимости от условий и генотипа прорастание варьировало от 27,1 до 93,3%. Дисперсионный анализ выявил наличие статистически значимых различий в степени прорастания семян по фактору «сорт» и «концентрация раствора сахарозы» (табл. 2).

Концентрация раствора сахарозы в большей мере ($h_x^2 = 0,75$) влияла на процент прорастания семян, чем фактор «сорт» и взаимодействие факторов ($h_x^2 = 0,04$ и $0,08$ соответственно). У всех образцов отмечено снижение процента прорастания семян при увеличении концентрации раствора и повышении осмотического давления (рисунок).

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показателя «прорастание семян» озимой ржи

Источник варьирования	Число степеней свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}	Сила влияния фактора (h_x^2)
Общее	44	—	—	—	—
Блоки	2	122,6	1,4	—	—
Варианты	14	1313,5	14,8	2,1	—
Фактор А – концентрация раствора сахарозы	4	3971,5	44,8	2,7	0,75
Фактор В – сорт	2	402,6	4,5	3,3	0,04
Взаимодействие АВ	8	212,2	2,4	2,3	0,08
Остаточное	28	88,7	—	—	0,12

Прорастание семян озимой ржи при разном уровне осмотического давления

Сорт Кировская 89 отличался наибольшей степенью прорастания семян – 76,7% (среднее значение по всем концентрациям) и менее резким снижением показателя при повышении осмотического давления относительно сортов Фаленская 4 и Графиня, средний показатель прорастания которых составил 67%.

Варьирование признака «прорастание семян» у изучаемых образцов при разных концентрациях сахарозы представлено в табл. 3.

Среди изучаемых концентраций наибольшее варьирование показателя «прорастание семян» выявлено при концентрации раствора сахарозы 10,5%, создающей осмотическое давление 12 атм. В этих условиях отмечен наиболее широкий размах вариации признака ($R = 23,1\%$) и максимальный показатель стандартного отклонения ($s_x = 12,6\%$). Данная закономерность прослеживалась у всех изучаемых образцов: Фаленская 4 ($R = 20,7\%$; $s_x = 10,5\%$), Кировская 89 ($R = 26,7\%$; $s_x = 13,4\%$), Графиня ($R = 34,9\%$; $s_x = 17,7\%$). Показатель «прорастание семян» при концентрации 10,5% (12 атм) имел статистически значимые различия (с вероятностью $P > 0,95$) по сравнению с вариантами 3, 6 и 18 атм. Разница в прорастании между вариантами 9 и 12 атмосфер статистически несуществен-

на, но в варианте с осмотическим давлением 12 атм размах изменчивости и стандартное отклонение выше, что говорит о большем варьировании признака. Следовательно, для лабораторного определения относительной засухоустойчивости семян озимой ржи необходимо использовать концентрацию раствора сахарозы 10,5% (12 атм).

На втором этапе была проведена оценка относительной засухоустойчивости 23 сортов и перспективных популяций методом прорастания семян на растворе сахарозы с концентрацией 10,5% (12 атм). В качестве критериев оценки использовали процент прорастания семян ($P, \%$) и степень снижения (депрессия) накопления проростками сухой биомассы ($Z, \%$). Показатель Z характеризует уровень ростовых процессов при повышении осмотического давления. По проценту прорастания семян образцы распределены по пяти группам (табл. 4).

К группе высокоустойчивых и с устойчивостью выше средней отнесены 11 образцов: Крона, Кировская 89, Фаленская 4, Графиня ОП-15, Кипрез, Садко, Снежана СЗ0/07, Перепел, Ниоба, Графиня, Рушник. Слабой устойчивостью к осмотическому стрессу характеризовались образцы Флора, Графиня ОП-14, Кипрез КУ-16. Минимальным показателем характеризовался образец Кипрез КУ-15.

Таблица 3

Показатели варьирования признака «прорастание семян, %» озимой ржи

Раствор сахарозы (фактор А)		Образец сорта (фактор В)									Среднее по опыту		
		Фаленская 4			Кировская 89			Графиня					
%	атм	$\bar{x}$	R	s_x	$\bar{x}$	R	s_x	$\bar{x}$	R	s_x	$\bar{x}$	R	s_x
1,4	3	90,8	13,8	8	93,3	16,7	8,8	92,1	16,7	8,4	92,1	2,5	1,3
4,4	6	74,7	10,3	5,3	86,6	13,1	6,6	78,4	9	4,7	79,9	11,9	6,1
7,4	9	83,9	10,4	5,3	81,9	23,4	12,8	64,3	11,4	6,2	76,7	19,6	10,8
10,5	12	54	20,7	10,5	74,2	26,7	13,4	77,1	34,9	17,7	68,4	23,1	12,6
16,6	18	34,5	6,9	3,5	47,3	25,3	12,9	27,1	12,9	6,9	36,3	20,2	10,2
НСР ₀₅ по фактору А = 9,1; по фактору В = 7													

Примечание: $\bar{x}$ – среднее значение признака, R – разница между максимальным и минимальным значением признака, s_x – стандартное отклонение.

Таблица 4

Распределение образцов озимой ржи по относительной засухоустойчивости

Номер группы по степени устойчивости к засухе	Интервал значений признака «прорастание семян», %	Количество сортов в группе	
		шт.	%
1 – неустойчивые	0 – 13,9	1	4,3
2 – слабая	14,0 – 27,8	3	13,0
3 – средняя	27,9 – 41,7	8	34,8
4 – выше средней	41,8 – 55,6	3	13,0
5 – высокая	55,7 и более	8	34,8

Оценка депрессии накопления сухой биомассы (Z) в пределах каждой группы устойчивости, проведенная с помощью t -критерия Стьюдента, показала, что большинство образцов не имеет статистически значимых различий по этому показателю ($t_{\text{факт.}} < t_{\text{теор.}}$ при числе степеней свободы $k = 4$ и уровне значимости $\alpha = 5\%$). В 5-й группе выделены образцы Кипрез и Перепел, у которых низкая депрессия накопления биомассы ($Z = 5,2$ и $15,6\%$ соответственно) статистически доказана ($t_{\text{факт.}} 3,8$ и $t_{\text{факт.}} 3,2$ против $t_{\text{теор.}} 2,8$). Также можно отметить сорта Крона, Графиня ОП-15 и Садко, у которых невысокий показатель депрессии ($15,6$; $24,4$; $29,6\%$ соответственно) относительно других образцов в группе.

Закключение

Лабораторный метод проращивания семян озимой ржи на растворе сахарозы позволяет дать косвенную оценку образцов по засухоустойчивости. При увеличении концентрации раствора и повышении осмотического давления отмечено снижение процента прорастания семян у всех изучаемых образцов. Экспериментальным путем установлено, что при концентрации раствора сахарозы $10,5\%$, создающей осмотическое давление 12 атм, получен наиболее широкий размах вариации признака «прорастание семян» ($R = 23,1\%$) и максимальный показатель стандартного отклонения ($s_x = 12,6\%$).

Анализ сортов, проведенный в соответствии с отработанной методикой, позволил распределить сорта озимой ржи по группам. Наибольшей относительной засухоустойчивостью характеризуются сорта Крона, Кировская 89, Фаленская 4, Графиня ОП-15,

Кипрез, Садко, Снежана С30/07, Перепел, Ниоба, Графиня, Рушник. В группе высокоустойчивых к осмотическому стрессу выделены образцы Кипрез, Перепел, Крона, Графиня ОП-15, Садко с низким показателем депрессии ($5,2$; $15,6$; $15,6$; $24,4$; $29,6\%$ соответственно). Выделенные образцы можно считать перспективными для дальнейшего изучения засухоустойчивости в естественных полевых условиях.

Список литературы

1. Белозерова А.А., Боме Н.А. Оценка адаптивности генотипов озимой пшеницы и ржи по норме реакции и в условиях стресса // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2004. № 3. С. 89–95.
2. ИONOBA E.B. Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2011. № 2 (14). С. 37–41.
3. Чайкин В.В., Тороп А.А., Рыльков А.И. Зимо- и засухоустойчивость озимой ржи в условиях Центрально-Черноземного региона // Земледелие. 2017. № 2. С. 32–36.
4. Софронов А.П., Пленкина Г.А., Фирсова С.В. Засухоустойчивость легины обыкновенной в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 1 (44). С. 9–13.
5. Сысуев В.А., Кедрова Л.И., Рубцова Н.Е., Русаков Р.В., Устюжанин И.А., Уткина Е.И. Концептуальные направления развития научно-инновационного проекта «Рожь России» // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 11. С. 28–31.
6. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Парфенова Е.С., Шамова М.Г. Оценка хозяйственно ценных признаков сортов озимой ржи в условиях Кировской области: матер. Межд. науч.-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. С. 245–248.
7. Кожушко Н.Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Л.: ВИР, 1988. С. 10–24.
8. Лисицын Е.М. Эдафическая устойчивость растений и методы ее оценки: матер. Межд. науч.-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2014. С. 52–59.