

- Pink D., Bailey L., McClement S., Hand P., Mathas E., Buchanan-Wollaston V., Astley D., King G., Teakle G. Double haploids, markers and QTL analysis in vegetable brassicas // *Euphytica*, 2008, vol. 164, no. 2, pp. 509–514. DOI: 10.1007/s10681-008-9742-1
- Rout G.R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism // *Reviews in Agricultural Science*, 2015, vol. 3, pp. 1–24. DOI: 10.7831/ras.3.1
- Tsonev T., Cebola Lidon F.J. Zinc in plants-an overview // *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 2012, vol. 24, no. 4, pp. 322–333.
- Ullah N., Khan J., Khan M.W. et al. Genetic variability for biochemical traits among advanced lines of *Brassica* // *Pure and Applied Biology (PAB)*, 2017, vol. 6, no. 1, pp. 1–8. DOI: 10.19045/bspab.2016.50156

УДК 633/635:631.52

DOI: 10.25695/AGRPH.2021.02.07

## РЕАКЦИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ТОКСИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИСКУССТВЕННО СОЗДАВАЕМЫХ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВ

Л. А. Марченкова, И. Ф. Лапочкина, О. В. Павлова, Н. Р. Гайнуллин, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова

ФБГНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»  
143026, Московская обл., Одинцовский р-н, рп. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6  
E-mail: silyanova69@mail.ru

Поступила в редакцию 26 апреля 2021 г., принята к печати 24 мая 2021 г.

В статье дана оценка адаптивных свойств селекционных линий яровой и озимой мягкой пшеницы, полученных с использованием доноров устойчивости к стеблевой ржавчине с чужеродным генетическим материалом *T. migushovae*, *Ae. triuncialis*, *T. kiharae* *Ae. speltoides*, *S. cereale* (GT 96/90), (119/4-06rw), (113/00i-4), носителями эффективных генов устойчивости к данному заболеванию. Работа проведена в лабораторных условиях в фазу проростков на фоне искусственно моделируемых абиотических стрессов – хлоридного (обработка семян хлоридом натрия (NaCl)) и анаэробного (созданного путем длительного затопления семян в воде). Выявлено высокое токсическое воздействие стрессоров на обе культуры, которое проявилось в сильной депрессии ростовых процессов. Установлена более высокая вредоносность анаэробного стресса и наибольшая уязвимость к токсичности яровой пшеницы. Определены реакция образцов на каждый из стресс-факторов и суммарный эффект от их воздействия, выявленный на основе индекса «И». Самой высокой способностью противостоять токсическому воздействию стрессоров характеризовались линии яровой пшеницы 37-16i, 33-16i, 32-16i и линии озимой пшеницы 37-19w, 9-19w, 32-19w. Они представляют интерес для селекции как источники генов высокой адаптивности к абиотическим стрессам, а также как доноры групповой устойчивости к болезням. Наличие комплекса хозяйственно полезных признаков, по которым они не уступают стандартным сортам, а также эффективных генов устойчивости к стеблевой ржавчине делает их привлекательными донорами для улучшения качества мягкой пшеницы.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, яровая пшеница, абиотический стресс, адаптивность, устойчивость к болезням.

## RESPONSE OF BREEDING LINES OF SPRING AND WINTER WHEAT TO TOXIC EFFECTS OF ARTIFICIALLY CREATED ABIOTIC STRESS

L. A. Marchenkova, I. F. Lapochkina, O. V. Pavlova, N. R. Gaynullin, R. F. Chavdar, T. G. Orlova

Federal Research Center «Nemchinovka»  
6, Agrokhimikov St., Novoivanovskoye, Odintsovskiy district, Moscow region, 14302  
E-mail: silyanova69@mail.ru

The paper provides an assessment of the adaptive properties of breeding lines of spring and winter soft wheat obtained using stem rust resistance donors with alien genetic material *T. migushovae*, *Ae. triuncialis*, *T. kiharae* *Ae. speltoides*, *S. cereale* (GT 96/90), (119/4-06rw), (113/00i-4), which are the carriers of effective resistance genes to this disease. The research was carried out under laboratory conditions in the seedling phase against the background of artificially simulated abiotic stresses – chloride (treatment of seeds with sodium chloride (NaCl)) and anaerobic (created by prolonged flooding of seeds in water). The revealed high toxic effect of stressors on both cultures manifested itself in a strong depression of growth processes. A higher harmfulness of anaerobic stress and the greatest vulnerability to toxicity of spring wheat were found. The reaction of the samples to each of the stress factors and the total effect of their impact,

identified on the basis of the «I» index, were determined. The lines of spring wheat 37-16i, 33-16i, 32-16i and winter wheat lines 37-19w, 9-19w, 32-19w were characterized by the highest ability to resist the toxic effects of stressors. They are of interest for selection as sources of genes of high adaptability to abiotic stresses, as well as donors of group resistance to diseases. The presence of a complex of economically useful features, in which they are not inferior to standard varieties, as well as effective genes of resistance to stem rust, makes them attractive donors for improving the quality of soft wheat.

**Key words:** winter wheat, spring wheat, abiotic stress, adaptability, disease resistance.

## ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата и нестабильность метеорологической обстановки, наблюдающиеся в последнее время, обуславливают необходимость использования сортов с высокими адаптивными свойствами, способных противостоять неблагоприятным факторам среды. Для центральных районов Нечерноземной зоны наиболее значимым стресс-фактором для озимых культур является переувлажнение растений в период дождей и таяния снега. Длительное затопление растений способствует ухудшению аэрации, оказывает негативное влияние на развитие корневой системы, приводит к снижению зимостойкости, изреженности посевов, заражению патогенной микрофлорой, а иногда и к их гибели (Романенко и др., 1996).

Во многих регионах страны существенное негативное воздействие на растения зерновых культур оказывают засуха (особенно в ранневесенний период) и засоление, которые приводят к подавлению активности ростовых процессов, депрессии проростков и ощутимым потерям сельскохозяйственной продукции (Удовенко, 1977). В научной литературе имеются сведения о связи засухи и солеустойчивости (Zhu, 2002), а также о том, что засуха может спровоцировать засоление почв (Bartels, Sunkar, 2005).

Анализ литературных данных свидетельствует об актуальности проблемы поиска и создания исходного материала для выведения сортов мягкой пшеницы, сочетающих продуктивность на уровне современных сортов с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам.

По данным ряда исследователей (Кошкин, 2010; Saure et al., 1994), проводящих тестирование сортообразцов зерновых культур из CIMMТ, подавляющее большинство изученных генотипов не были устойчивыми к абиотическим стрессам. Поэтому в качестве источников устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам большой интерес представляют чужеродные виды или формы с использованием интрогрессий участков геномов других видов злаков (Юдина и др., 2015).

Несмотря на важность указанной проблемы, механизмы адаптации к стресс-факторам до настоящего времени изучены недостаточно. Процесс создания сортов осложняется не только отсутствием доноров устойчивости, но и невозможностью проведения ежегодной оценки адаптации селекционного материала в полевых условиях из-за недостаточной степени проявления экстремальных факторов.

Одним из подходов, позволяющих в короткие сроки оценить селекционный материал по

устойчивости к стрессовым ситуациям, является лабораторная экспресс-диагностика на ранних этапах онтогенеза, которая весьма перспективна также потому, что растения в указанный период наиболее чувствительны к неблагоприятным условиям (Боме и др., 2006).

Адаптивные возможности растений на ранних этапах онтогенеза могут оцениваться по отношению как к отдельным стресс-факторам, так и к их комплексу. В литературе имеются сведения о сходной направленности адаптивных процессов при воздействии стрессов и сочетании в одном генотипе устойчивости к нескольким стресс-факторам (Шакирова, 2001)

Наиболее объективную оценку приспособительных особенностей организма можно получить при определении суммарного эффекта от воздействия нескольких стрессорных агентов.

Цель работы заключалась в изучении реакции линий яровой и озимой пшеницы, созданных с использованием доноров устойчивости к стеблевой ржавчине и имеющих в родословной чужеродный генетический материал, к искусственно моделируемому на ранних этапах онтогенеза солевому, кислотному и анаэробному стресс-факторам, а также в отборе высокоадаптивных форм для использования в селекции.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись созданные в лаборатории генетики и пребридинга ФИЦ «Немчиновка» 11 селекционных линий яровой и 13 линий озимой пшеницы, полученных в результате сложных ступенчатых и бекроссных скрещиваний между собой новых доноров устойчивости к стеблевой ржавчине (Лапочкина и др., 2016).

Родительские формы (доноры устойчивости) – GT 96/90 (Болгария) с генетическим материалом *T.migushovae*, линия 113/00i – 4 с – *Ae.triuncialis* и *T.kiharae*, линия 119/4-06rw с – *Ae.speltoides* и *S.cereale* и 145/97w – *Ae.speltoides* (далее в тексте и таблицах — соответственно линии 96, 113, 119 и 145), у которых идентифицированы гены в различных сочетаниях - *Sr2*, *Sr22*, *Sr24*, *Sr32*, *Sr36*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr47* (Баранова и др., 2015).

Созданные линии несут эффективные гены устойчивости к стеблевой ржавчине, в том числе к опасной расе Ug99. Они обладают групповой устойчивостью к стеблевой и бурой ржавчине, которая проявляется в Центральном, Северо-Кавказском и Западно-Сибирском регионах РФ в условиях эпифитотийного развития болезней (табл. 1), и характеризуются наличием хозяйственно ценных признаков (табл. 2).

Таблица 1. **Интенсивность поражения (%) и тип реакции на проникновение патогенов линий озимой пшеницы в условиях эпифитотийного развития бурой и стеблевой ржавчины**

Сорт, линии	Поражение ржавчиной, % / тип реакции			
	бурой		стеблевой	
	**	***	**	***
Московская 39 (ст.)	20/3	10/3	10/3	10/3
37-19w	0	5/2	0	5/1
32-19w	1/2	1/1	0	10/2
16-19w	5/2	1/1	0	10/1
9-19w	5/2	5/1	0	20/2
4-19w	1/1	5/1	0	20/2
20-19w	20/4	20/3	0	20/2
41-19w	0	5/1	0	0

**Примечание.** \*\* – Московская область; \*\*\* – Краснодарский край.

Таблица 2. **Развитие хозяйственно ценных признаков линий озимой мягкой пшеницы в Московской области (2020)**

Сорт, линии	Число дней до колошения	Высота растений, см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 семян, г	Сод-ие белка в зерне, %	Сод-ие клейковины в зерне, % (*)
Московская 39	254	121,7	1,6	45,2	18,7	40,2 (I)
37-19w	252	128,3	2,2	51,5	17,0	36,9 (II)
32-19w	247	108,3	1,6	50,2	19,9	56,8 (III)
16-19w	246	103,3	1,6	44,3	16,4	44,5 (II)
9-19w	249	121,7	1,6	41,0	14,5	33,9 (II)
4-19w	247	108,3	1,5	41,0	16,9	39,5 (I)
20-19w	252	135,0	2,2	46,7	16,2	34,5 (I)
41-19w	252	115,0	2,0	50,6	-	-

**Примечание.** \* – группа качества.

Стрессоустойчивость линий изучалась в лабораторных условиях на ранних этапах онтогенеза на фоне искусственных стрессов, создаваемых путем длительного затопления семян в воде (анаэробный стресс) и воздействия сильным токсикантом – хлоридом натрия (NaCl). Работа проводилась с применением рулонно-бумажной культуры. Исследования проведены в 2-кратной повторности по 100 семян в каждой.

Солеустойчивость определялась по следующей методике (Семушкина и др., 1976): семена предварительно замачивались в воде в течение 48 часов, после чего раскладывались на фильтровальной бумаге, смоченной до полной влагоемкости 1%-м раствором NaCl, и вместе с контрольным вариантом помещались в термостат на 6 суток при температуре 20–22°C.

Устойчивость к анаэробному стрессу изучалась следующим образом (Белецкая, Остапюк, 1988): сухие семена погружались на 3 суток в стаканчики с водой, слой которой не превышал 3–4 см, после чего раскладывались на фильтровальной бумаге, смоченной до полной влагоемкости, и вместе с

контрольным вариантом помещались в термостат на 6 суток при температуре 20–22°C.

Диагностическим признаком служила интенсивность ростовых процессов проростков. Солеустойчивость определялась по длине ростков, алюмоустойчивость – по длине зародышевых корешков (оценка проведена в соответствии с методикой), устойчивость к анаэробному стрессу – по депрессии прорастаемости семян. Для получения конечных результатов во всех опытах определялось соотношение процента показателей опытных вариантов к контрольным. Контрольным вариантом у яровой пшеницы являлись сорта Злата и Лада, у озимой пшеницы – сорт Московская 39.

Для комплексной оценки изучаемых показателей (определения адаптивности) проводилась группировка сортов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к каждому стрессовому фактору ( $I_1 + I_2 + I_3 \dots$ ), приведенных к единице (Марченкова и др., 2017).

Образцы с индексом устойчивости, превышающим средний показатель, отнесены к высокоадаптивным формам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На фоне стресс-факторов отмечена разная степень угнетения ростовых процессов в зависимости от действующего фактора и генетических особенностей изучаемых форм и культур.

Экстремальное воздействие анаэробного стресса привело к депрессии прорастания. Средняя прорастаемость семян линий яровой пшеницы не превышала 42% (с диапазоном 7–60%), озимой пшеницы – 61% (с диапазоном 16–83%). Избыточное переувлажнение обусловило большое количество

загнивших семян: у яровой пшеницы – 56% (от 17 до 92%), у озимой – 30% (от 15 до 59%), а количество погибших (загнивших) составило соответственно 58 и 39% (рис.).

Данные, представленные в табл. 3 и 4, показывают реакцию на стресс линий яровой и озимой пшеницы с лучшими показателями устойчивости как к отдельным стресс-факторам, так и к их суммарному воздействию, выявленному на основе индекса «И». Все они превышают средние показатели, полученные в опыте с образцами яровой и озимой пшеницы.

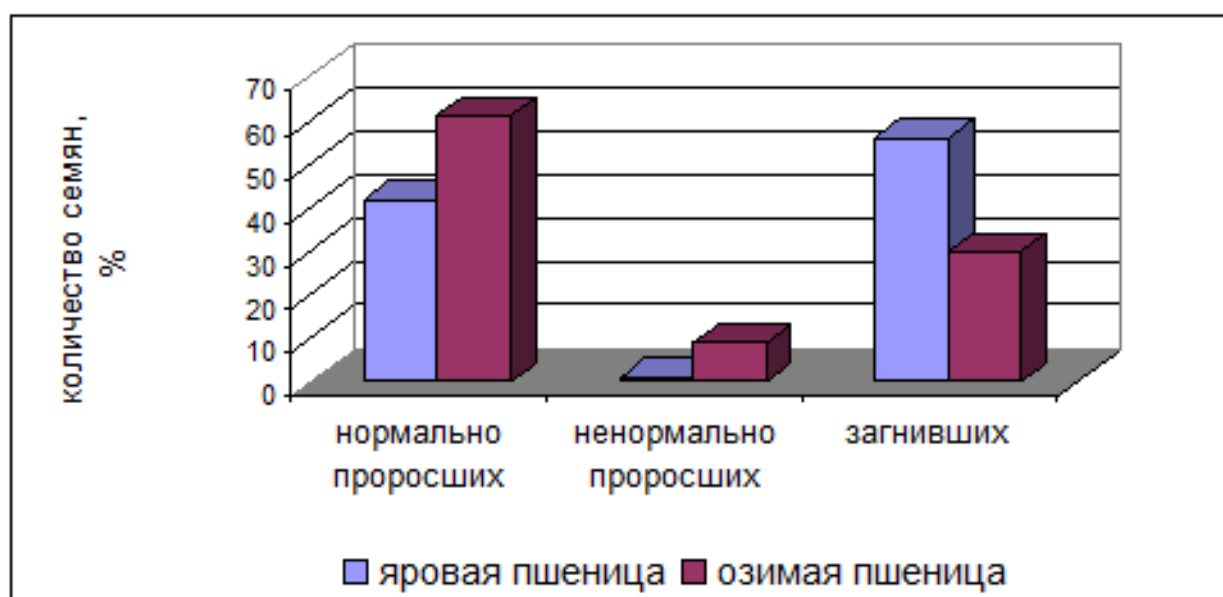


Рис. Показатели вредоносного воздействия анаэробного стресса на линии яровой и озимой пшеницы

Таблица 3. Высокоадаптивные к стресс-факторам селекционные линии мягкой яровой пшеницы

Линия, сорт	Происхождение	Устойчивость к стресс-факторам, %		Индекс устойчивости $I^1 + I^2$
		засолению $I^1$	затоплению $I^2$	
Лада	[Обрий х (Опал х Ленинградка)] х Московская 35	57,1	82,0	1,39
37-16i	(96 х 113) х 145	61,9	58,0	1,20
33-16i	(96 х 113) х 113 х 113	53,0	63,2	1,16
32-16i	(96 х 113) х 113	53,5	57,8	1,13
Злата (ст.)	Иволга х Прохоровка	60,4	47,0	1,07
3-16i	(96 х 113) х 113	53,8	50,5	1,02
9-16i	(96 х 113) х 113	42,3	56,5	1,0
57-16i	(96 х 119) х 113	49,0	42,6	0,92
<b>Среднее</b>		<b>54,2</b>	<b>55,5</b>	<b>1,1</b>
<b>CV, %</b>		12,8	10,5	7,3
<b>Среднее из 11 образцов</b>		<b>49,7</b>	<b>46,0</b>	<b>1,0</b>
<b>CV, %</b>		14,8	43,2	25,1

Таблица 4. Реакция на стресс-факторы лучших по устойчивости к хлоридному и анаэробному стрессам линий озимой пшеницы

Линия, сорт	Устойчивость к стресс-факторам, %		Индекс устойчивости И <sup>1</sup> + И <sup>2</sup>
	засолению И <sup>1</sup>	затоплению И <sup>2</sup>	
Московская 39 (ст.)	67,7	76,5	2,42
37-19 w	81,7	86,4	2,58
9-19 w	96,7	76,5	2,58
32-19 w	70,2	83,0	2,45
20-19 w	98,9	67,7	2,39
41-19 w	75,1	62,0	2,29
4-19 w	61,0	68,5	2,21
16-19 w	50,7	80,0	2,20
35-19 w	69,5	61,2	2,25
<b>Среднее</b>	<b>74,6</b>	<b>73,5</b>	<b>2,40</b>
<b>CV, %</b>	21,1	12,3	6,2
<b>Среднее из 13 образцов</b>	<b>69,0</b>	<b>63,5</b>	<b>2,20</b>
<b>CV, %</b>	21,1	29,6	11,0

Среди образцов яровой пшеницы на фоне сильнейшего стрессового воздействия гипоксии самую высокую способность противостоять избытку влаги продемонстрировали линии 33-16i, 37-16i, 32-16i и 9-16i (табл. 3). Сорт Лада отличался самой высокой устойчивостью к затоплению. Линия 33-16i обладала преимуществом по устойчивости к гипоксии перед другими линиями и стандартным сортом Злата.

Наименьшей степенью угнетения ростовых процессов в условиях хлоридного засоления характеризовалась линия 37-16i, которая достоверно превосходила по данному показателю сорта Злата и Лада. Высокие показатели устойчивости отмечены у образцов 32-16i, 33-16i и 3-16i.

На основе комплексной оценки адаптивности линий яровой пшеницы по суммарному эффекту от воздействия изучаемых стресс-факторов особенно выделились 37-16i, 33-16i и 32-16i.

Среди образцов озимой пшеницы также выделены генотипы с высоким уровнем устойчивости к хлоридному и анаэробному стрессам, превосходящие средние показатели по опыту (табл. 4).

Наименьшей степенью угнетения ростовых процессов на фоне стрессовых факторов и самым высоким уровнем адаптивности характеризовались линии 9-19w, 37-19w и 32-19w. Их показатели превышают или находятся на уровне стандартного сорта Московская 39, относящегося к числу высокоустойчивых к неблагоприятным факторам среды сортов. Дополнительным преимуществом изученных линий является их устойчивость к грибным болезням (бурой и стеблевой ржавчине, мучнистой росе), проявляющаяся в условиях Подмоскovie и Северного Кавказа (табл. 1).

Линии, представленные в табл. 1, могут быть использованы в качестве доноров устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине. Наименьшей степенью развития на них обоих видов ржавчины характеризуются линии 37-19w и 41-19w.

Селекционную ценность новых линий озимой пшеницы повышает наличие комплекса полезных хозяйственно-биологических свойств (табл. 2). По комплексу полезных признаков особенно выделяются линии 37-19w, 32-19w и 20-19w.

В процессе исследования выявлено, что дифференциация обеих культур по реакции на затопление выражена значительно сильнее, чем по реакции на засоление. Различия линий яровой пшеницы по устойчивости к анаэробному стрессу находились в пределах 8–63%, озимой – 17–86%, к хлоридному – соответственно 40–62% и 51–99%. Полученные данные свидетельствуют о том, что яровая пшеница более чувствительна к обоим стресс-факторам. Линии озимой пшеницы отличались более высокой степенью устойчивости к обоим стресс-факторам по сравнению с яровой. Так, на фоне анаэробного стресса выявлено 57 % устойчивых генотипов озимой пшеницы (превышающих средние по опыту показатели) и 54% – яровой, а на фоне засоления – 50 и 36% соответственно. Самыми высокими суммарными показателями устойчивости характеризовались линии яровой пшеницы 37-16i, 33-16i, 32-16i и линии озимой пшеницы 37-19w, 9-19w, 32-19w.

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что у многих изучаемых линий отмечается сходная направленность адаптивных процессов при воздействии стрессовых ситуаций. Выявлено сочетание в одном генотипе устойчивости к обоим абиотическим факторам.

Изученные селекционные линии яровой и озимой пшеницы, характеризующиеся не только высоким потенциалом адаптивности к абиотическим факторам среды, но и устойчивостью к болезням и другими хозяйственно ценными признаками, предлагаются для испытания и использования в качестве доноров устойчивости в регионах с

преобладанием неблагоприятных условий среды и высоким уровнем инфицирования болезнями.

### ВЫВОДЫ

Проведена оценка адаптивных свойств селекционных линий яровой и озимой пшеницы с чужеродным генетическим материалом на ранних этапах онтогенеза на фоне искусственно моделируемых стрессов – засоления хлоридом натрия (NaCl) и затопления в воде. Установлена высокая токсичность для обеих культур изучаемых стрессоров, особенно анаэробного, и наибольшая уязвимость к ним яровой пшеницы.

Среди образцов яровой пшеницы самую высокую способность противостоять избытку влаги продемонстрировали линии 33-16i, 37-16i, 32-16i и 9-

16i, хлоридному засолению – линия 37-16i. Среди генотипов озимой пшеницы наиболее высоким уровнем устойчивости к хлоридному и анаэробному стрессам характеризовались соответственно линии 9-19w, 37-19w, 20-19w и 37-19w, 32-19w и 16-19w.

На основе кумулятивного эффекта, полученного от суммарного воздействия стресс-факторов, выделены линии с наиболее высокой способностью противостоять токсическому воздействию стрессоров: линии яровой пшеницы 37-16i, 33-16i, 32-16i и линии озимой пшеницы 37-19w, 9-19w, 32-19w. Они характеризуются наличием комплекса хозяйственно ценных свойств и представляют большой интерес для селекции в качестве доноров групповой устойчивости к болезням и неблагоприятным условиям среды.

### Список литературы

- Баранова О.А., Лапочкина И.Ф., Анисимова А.В., Гайнуллин Н.Р., Иорданская И.В., Макарова И.Ю. Идентификация генов Sr у новых источников устойчивости мягкой пшеницы к расе стеблевой ржавчины UG99 с использованием молекулярных маркеров // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. № 19(3). С. 316–322.
- Белецкая Е.К., Остапчук Е.Д. Оценка устойчивости озимых культур к вымоканию и ледяной корке // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л., 1988. С. 182–186.
- Боме Н.А., Колоколова Н.Н., Белозерова А.А., Воронова Н.С., Боме А.Я., Иеронова В.В. Устойчивость сортов зерновых культур к стрессовым факторам // Успехи современного естествознания. 2006. № 4. С. 32–33.
- Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 2010. С. 214–215.
- Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Шаманин В.П., Волкова Г.В., Гайнуллин Н.Р., Анисимова А.В., Галингер Д.Н., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф. Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине (*Rhizoctonia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), в том числе и к расе Ug99, в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 3. С. 320–328.
- Марченкова Л.А., Давыдова Н.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Казаченко А.О., Грачева А.В., Широколава А.В. Оценка адаптивности сортов и линий яровой пшеницы на фоне искусственно моделируемых стрессов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5. С. 9–15.
- Романенко Г.А., Комов Н.В., Тютюнников А.И. Земельные ресурсы России, эффективность их использования. М.: Колос, 1996. 131 с.
- Семущкина Л.А., Хазова Г.В., Удовенко Г.В. Применение анализа изменения ростовых процессов для диагностики солеустойчивости растений // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Л.: Колос, 1976. С. 238–343.
- Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос, 1977. 216 с.
- Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
- Юдина Р.С., Леонова И.Н., Салина Е.А., Хлесткина Е.К. Изменение солеустойчивости мягкой пшеницы в результате интрогрессии генетического материала *Aegilops speltoides* и *Triticum timopheevi* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. № 19(2). С. 171–175.
- Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants // Crit. Rev. Plant Sci., 2005, no. 1, pp. 23–58.
- Sayre K., Gnkel M., Rajaram S., Ortiz-Monasterio I. Tolerance to water-logging losses in spring bread wheat: Effect of time of onset on expression // Annual Wheat Newsletter, 1994, v. 40, pp. 165–171.
- Zhu J.-K. Salt and drought stress signal transduction in plants // Annu. Rev. Plant Biol., 2002, no. 53, pp. 247–273.

### References

- Baranova O.A., Lapochkina I.F., Anisimova A.V., Gaynullin N.R., Iordanskaya I.V., Makarova I.Y. Identifikatsiya genov Sr u novykh istochnikov ustoychivosti myagkoy pshenitsy k rase stebel'noy rzhavchiny UG99 s ispol'zovaniyem molekulyarnykh markerov [Identification of Sr genes in new sources of soft wheat resistance to the stem rust race UG99 using molecular markers] // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2015, no. 19(3), pp. 316–322.
- Beletskaya E.K., Ostaplyuk E.D. Otsenka ustoychivosti ozimyykh kul'tur k vymokaniyu i ledyanoy korke [Assessment of the resistance of winter crops to wetting and ice crust] // *Diagnostika ustoychivosti rasteniy k stressovym vozdeystviyam. Metodicheskoye rukovodstvo*. Leningrad, 1988, pp. 182–186.
- Bome N.A., Kolokolova N.N., Belozero A.A., Voronova N.S., Bome A.J., Iyeronova V.V. Ustoychivost' sortov zernovykh kul'tur k stressovym faktoram [Resistance of grain crop varieties to stress factors] // *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, 2006, no. 4, pp. 32–33.

- Koshkin E.I. *Fiziologiya ustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Physiology of crop stability]. Moscow: Kolos, 2010, pp. 214–215.
- Lapochkina I.F., Baranova O.A., Shamanin V.P., Volkova G.V., Gaynullin N.R., Anisimiva A.V., Galinger D.N., Gladkova E.V., Vaganova O.F. Sozdaniye iskhodnogo materiala yarovoy myagkoy pshenitsy dlya seleksii na ustoychivost' k steblevoy rzhavchine (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici), v tom chisle i k rase Ug99, v Rossii [Creating the source material of spring soft wheat for breeding for resistance to stem rust (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici), including the Ug99 race, in Russia] // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2016, no. 3, pp. 320–328.
- Marchenkova L.A., Davydova N.V., Chavdar R.F., Orlova T.G., Kazachenko A.O., Gracheva A.V., Shirokolava A.V. Otsenka adaptivnosti sortov i liniy yarovoy pshenitsy na fone iskusstvenno modeliruyemykh stressov [Assessment of adaptability of spring wheat varieties and lines against the background of artificially simulated stresses] // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 5, pp. 9–15.
- Romanenko G.A., Komov H.V., Tutunnikov A.I. *Zemelnyye resursy Rossii i effektivnost' ikh ispol'zovaniya* [Land resources of Russia and the efficiency of their use]. Moscow: Kolos, 1996, 131 p.
- Semushkina L.A., Khazova G.V., Udovenko G.V. *Primeneniye analiza izmeneniya rostovykh protsessov dlya diagnostiki soleustoychivosti rasteniy. Metody otsenki ustoychivosti rasteniy k neblagopriyatnym faktoram sredy* [Application of the analysis of changes in growth processes for the diagnosis of salt resistance of plants. Methods for assessing plant resistance to adverse environmental factors]. Leningrad: Kolos, 1976, pp. 238–343.
- Udovenko G.V. *Soleustoychivost' kul'turnykh rasteniy* [Salt resistance of cultivated plants]. Leningrad: Kolos, 1977, 216 p.
- Shakirova F.M. *Nespetsificheskaya ustoychivost' rasteniy k stressovym faktoram i yeye regulatsiya* [Non-specific resistance of plants to stress factors and its regulation]. Ufa: Publishing house Gilem, 2001, 160 p.
- Yudina R.S., Leonova I.N., Salina E.A., Khlestkina E.K. Izmeneniye soleustoychivosti myagkoy pshenitsy v resultate introgressii geneticheskogo materiala *Aegilops speltoides* i *Triticum timopheevi* [Changes in salt resistance of soft wheat as a result of introgression of the genetic material of *Aegilops speltoides* and *Triticum timopheevi*] // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2015, no. 19(2), pp. 171–175.
- Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants // *Crit. Rev. Plant Sci.*, 2005, no. 1, pp. 23–58.
- Sayre K., Gnkel M., Rajaram S., Ortiz-Monasterio I. Tolerance to water-logging losses in spring bread wheat: Effect of time of onset on expression // *Annual Wheat Newsletter*, 1994, v. 40, pp. 165–171.
- Zhu J.-K. Salt and drought stress signal transduction in plants // *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2002, no. 53, pp. 247–273.

