

**ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СОЛЕВОМУ И ВОДНЫМ СТРЕССАМ
НА ФОНАХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ**

Л.М. Ерошенко*, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова
ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка, Сколково, Россия
*Эл. почта: eroshenko.lm@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Представлены результаты экспериментальной лабораторной оценки устойчивости к воздействию осмотического, анаэробного и солевого стрессов у 10 сортов ярового ячменя, выращенных в условиях 2020-2021 гг. на двух фонах азотного питания - N100 и N150. Выявлены разные уровни депрессии ростовых процессов в зависимости от стресс-факторов, погодных условий, фонов питания и генетических особенностей изучаемых форм. Отмечено значительное увеличение вредоносного воздействия стрессов в неблагоприятных условиях выращивания (2021 г.), выражающегося в угнетении растений и снижении устойчивости на всех стрессовых фонах. Установлено, что наиболее вредоносное влияние на растения ячменя оказывает анаэробный стресс. Среди сортов с устойчивостью, превышающей средние значения, независимо от погодных условий и технологий выращивания, на фоне обезвоживания выделились Московский 86, Надежный и Яромир, на фоне засоления – Надежный и Владимир, затопления - Московский 8 и Яромир. Другие сорта показали разный уровень противостояния стресс-факторам в зависимости обеспеченности азотом и погодных условий: у одних депрессивное влияние стресс-факторов усиливалось на фоне повышенного азотного питания, на других уменьшалось. На основе объединенного показателя индекса устойчивости отобраны наиболее перспективные сорта – Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир и Эльф – у которых сортовые значения превосходили среднее (3,73) на 0,12-0,80 ед. Результаты корреляционного анализа выявили сильную связь между урожайностью сортов в полевых опытах и суммарными индексами устойчивости, определенными на разных фонах азотного питания $r = (0,679-0,759)$.

Ключевые слова: ячмень, сорт, стресс-факторы, обезвоживание, засоление, затопление, устойчивость.

EVALUATION OF SPRING BARLEY VARIETIES FOR RESISTANCE TO SALT AND WATER STRESS UPON DIFFERENT NITROGEN NUTRITION LEVELS

L.M. Eroshenko, L.A. Marchenkova, O.V. Pavlova, R.F. Chavdar, T.G. Orlova
Federal Research Center «Nemchinovka», Skolkovo, Russia
E-mail: eroshenko.lm@yandex.ru

This report presents experimental laboratory data related to estimating the impact of osmotic, anaerobic and saline stresses on 10 different spring barley varieties grown in 2020-2021 in two different nitrogen nutrition conditions – N₁₀₀ and N₁₅₀. Different levels of the negative impact on growth processes of the varieties depending on stress-factors, weather conditions, nutrition and genetical background of observed kinds were revealed. A significant increase of stress in unfavorable conditions (in 2021) is manifested as plants' suppression and decrease in stability upon all stressful backgrounds. The most adverse effect on barley is produced by the anaerobic stress. Among all barley varieties with higher-than-average stress resistance irrespective of weather and cultivation technologies the following were distinguished: Moskovsky 86, Nadyozhniy and Yaromir were best upon draught, and Nadyozhniy, Vladimir" were the best upon excess salinization, and Moskovsky 86 and Yaromir, upon in overflood. Other varieties showed ambiguous results in stress resistance tests depending on nitrogen nutrition and weather conditions. Based on the integral resistance index, the best-performing barley varieties were Moskovsky 86, Nadyozhniy, Vladimir and Elf, whose index surpass the average 3,73 units by 0,12-0,8 units. A strong correlation (r ranging from 0,679 to 0,759) was found between barley crops field yields and resistance indexes defined in different nitrogen nutrition conditions.

Keywords: barley, kind, stress-factors, dehydration, oversalinization, overflood, resistance.

Введение

Наблюдаемые в последние годы изменения климата в сторону повышения континентальности приводят к увеличению продолжительности и частоты абиотических факторов. Это обуславливает необходимость постоянного поиска новых сортов и гибридов, способных максимально эффективно использовать биоклиматический ресурс конкретного региона, проявлять устойчивость к стрессовым факторам среды и обеспечивать достаточно высокую реализацию генетического потенциала продуктивности [1].

Эффективным методом, обеспечивающим ускорение селекционного процесса по отбору высоко адаптивных генотипов, устойчивых к абиотическим факторам среды, является лабораторная экспресс-диагностика, позволяющая в короткие сроки с использованием провокационных фонов оценить сорта по устойчивости к стрессовым факторам (засуха, засоление и гипоксия).

Для достижения более стабильной устойчивости большое внимание уделяется агротехническим приемам, дающим возможность высоко адаптивным сортам максимально реализовываться в широких диапазонах среды с различными стрессовыми факторами. Изучению реакции сортов на повышение обеспеченности азотным питанием в этом плане придается особое значение [2, 3].

Известно, что в урожае интегрированы генотипические и функциональные свойства культуры, проявление которых зависит от погодных и почвенных условий, а также применяемых агротехнических технологий. Генетически обусловленные различия по элементам продуктивности и отзывчивости на азотные удобрения, выявленные в лабораторных условиях и подтвержденные в вегетационных и полевых опытах, убедительно свидетельствуют о целесообразности применения указанных методов [4-6].

Цель настоящего исследования – изучить особенности реакции сортов ячменя, выращенных в разных погодных условиях и фонах азотного питания, на воздействие осмотического, анаэробного и солевого стрессов для выявления адаптивной способности сортов по отношению к неблагоприятным факторам среды.

Материал и методы исследования

Исследования проведены на семенах сортов ярового ячменя Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир, Рафаэль, Эльф, Прометей, Нур, Раушан и Златояр, выращенных в условиях 2020-2021 гг. на двух фонах азотного питания - N_{100} и N_{150} .

Погодные условия за указанный период имели ряд особенностей. Вегетационный период 2020 года характеризовался умеренным температурным режимом и обилием осадков. Сумма осадков составила 388,3 мм (2 нормы), а температура была на уровне 16,7°C, в пределах климатической нормы. Вегетационный период характеризовался как избыточно-влажный (ГТК=2,7). Метеорологические условия 2021 года отличались высокой температурой воздуха в течение всего вегетационного периода и недобором осадков. Средняя температура воздуха составила 20,1°C, что на 3,7°C выше нормы, а осадков выпало 137,0 мм (68,7% нормы). Согласно классификации ГТК вегетационный период характеризовался как относительно сухой (ГТК=1,0).

Изучение стрессоустойчивости сортов осуществляли в лабораторных условиях с применением рулонно-бумажной культуры на пятидневных проростках в контрольных (дистиллированная вода) и стрессовых условиях на фонах обезвоживания семян сахарозой в концентрации 18 атм. [7], засоления хлоридом натрия [8] и длительного затопления в воде [9].

В качестве диагностического признака использовали интенсивность роста проростков. Устойчивость к осмотическому и анаэробному стрессам определяли по депрессии прорастаемости семян, к солевому - по изменению длины ростков. При определении стрессоустойчивости использовали соотношение процента показателей опытных вариантов к контрольным.

Для комплексной оценки (определения адаптивности) применяли группировку сортов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к каждому стрессовому фактору ($I_1 + I_2 + I_3$), приведенных к единице.

В полевых исследованиях на деляночных посевах площадью 12 м², повторность 4-х кратная учитывалась урожайность сортов ячменя. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на гектар.

Статистическую обработку полученных результатов проводили на персональном компьютере с помощью программ Excel 2003.

Результаты и обсуждение

Выявлены различия по влиянию обезвоживания, засоления и затопления на ростовые процессы ячменя. Разница по средним показателям устойчивости сортов на стрессы, выявленная на вариантах азотного питания в условиях 2020 года, практически отсутствовала, но наблюдались сортовые различия не только по степени устойчивости к стрессовым факторам, но и по реакции на изменения условий питания. Наибольший процент проросших семян относительно контроля на растворе сахарозы на фоне азотного питания N_{100} отмечен у сорта Московский 86 (93%), а на фоне N_{150} - у сортов Надежный, Рафаэль и Нур (68-86%).

Наибольшую адаптационную способность к воздействию солевого стресса на вариантах опыта при показателях устойчивости к натрий-хлоридному засолению от 81 до 87% показали сорта Владимир и Рафаэль, наименьшую – Златояр и Раушан (53-57%). Невысокая степень выраженности реакции на этот стресс-фактор выявлена также у сортов Надежный, Эльф, Прометей и Московский 86.

Сорта Московский 86, Надежный и Яромир на фонах азотного питания отличались высокой стресс-толерантностью к затоплению, превышая среднесортные значения устойчивости на 8,0-29,1%. В то же время полученные результаты свидетельствуют о негативном воздействии гипоксии

Табл. 1.

Устойчивость и адаптивность сортов ярового ячменя на различных уровнях азотного питания, 2020-2021 гг.

Сорта	Устойчивость к стрессам, (%)						Индекс устойчивости $I_1 + I_2 + I_3$	Сумма индексов	Урожайность, т/га			Коэффициент адаптивности, К.А.			
	обезвоживание		засоление		затопление				N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	
	Фон азотного питания						Фон азотного питания								
	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$			
	2020 год						2020 год								
Московский 86	93	86	66	63	84	61	2,43	2,10	4,53	5,72	5,86	5,79	1,06	0,96	1,01
Яромир	71	95	68	72	65	69	2,04	2,36	4,40	4,82	5,70	5,26	0,90	0,93	0,92
Надежный	70	69	79	78	74	62	2,23	2,09	4,32	6,20	7,35	6,78	1,15	1,20	1,18
Владимир	64	55	81	85	70	58	2,15	1,98	4,13	5,48	5,61	5,54	1,02	0,92	0,96
Рафаэль	61	68	81	87	46	59	1,88	2,14	4,02	6,43	6,83	6,63	1,20	1,12	115,5
Эльф	58	61	77	86	46	57	1,81	2,04	3,85	5,06	5,20	5,13	0,94	0,85	0,89
Прометей	52	21	79	81	46	60	1,77	1,62	3,39	5,28	6,14	5,71	0,98	1,01	99,5
Нур	55	69	79	78	30	28	1,63	1,74	3,37	5,72	6,26	5,99	1,06	1,03	1,04
Раушан	60	44	54	57	57	47	1,71	1,48	3,19	4,27	5,95	5,11	0,80	0,98	0,89
Златояр	19	27	53	53	31	29	1,03	1,09	2,12	4,75	6,14	5,44	0,88	1,01	94,8
среднее	60,3	59,5	71,7	74,2	54,9	53,0	1,87	1,86	3,73	5,37	6,10	5,74	1,00	1,00	1,00
	2021 год						2021 год								
Московский 86	51	53	53	51	52	36	1,54	1,40	2,94	3,97	4,37	4,17	1,13	1,06	1,09
Яромир	40	44	54	52	44	40	1,36	1,36	2,72	3,27	3,68	3,48	0,93	0,90	0,90
Надежный	47	62	62	49	28	28	1,37	1,30	2,67	3,52	4,24	3,88	1,00	1,03	1,01
Владимир	53	48	58	47	23	44	1,34	1,38	2,72	3,29	4,01	3,65	0,94	0,98	0,95
Рафаэль	35	58	49	53	27	45	1,11	1,56	2,67	4,28	4,71	4,50	1,22	1,15	1,17
Эльф	54	57	42	46	15	25	1,11	1,28	2,39	3,42	4,30	3,86	0,98	1,05	1,01
Нур	32	40	43	49	31	24	1,06	1,13	2,19	3,52	4,04	3,78	1,00	0,98	0,98
Раушан	32	32	55	42	40	24	1,27	1,00	2,27	3,99	4,46	4,25	1,13	1,08	1,11
Прометей	25	27	55	44	15	21	0,95	0,92	1,87	3,34	3,45	3,40	0,95	0,84	0,88
Златояр	28	36	54	40	59	44	1,41	1,25	2,66	2,92	3,82	3,37	0,83	0,93	0,88
Среднее	39,7	45,7	52,5	47,3	33,4	34,0	1,25	1,26	2,61	3,52	4,11	3,84	1,00	1,00	1,00
Среднее за 2 г.	50,0	52,6	62,1	60,6	44,6	34,0	1,54	1,56	3,10						
CV, %	36,6	37,1	21,1	27,0	45,6	45,8	27,7	27,4	26,4						

на рост проростков ячменя сортов Златояр и Нур. Повышенная норма внесения азотного удобрения на 11,0-15,0% положительно повлияла на устойчивость к переувлажнению у сортов Рафаэль, Эльф и Прометей и на 12,0-23,0% негативно – у сортов Московский 86, Надежный и Владимир.

Полученные данные по оценке сортов в неблагоприятных условиях 2021 года установили более сильное (на 13,8-26,9%) токсическое действие стрессовых факторов на рост корней и побегов при проращивании семян на провокационных фонах (табл. 1). Реакция проростков ячменя на повышенное осмотическое давление гипертонических растворов дала возможность, превысив среднесортные показатели на 16,0-35,7%, выявить на вариантах опыта повышенную устойчивость к засухе и засолению у сортов Московский 86 и Надежный. Стрессовая нагрузка гипоксии на 6,0-19,0% была сильнее обезвоживания и засоления. Более высокая способность противостоять действию этого фактора проявилась у сорта Московский 86 при показателе устойчивости от 36 до 52%.

Существенные различия наблюдались по норме реакции сортов на стресс-факторы в зависимости от уровня азотного питания. Исследования показали, что практически все сорта продемонстрировали способность ослаблять ущерб от засушливого стресса за счет повышения уровня азотного питания. Наибольшая устойчивость к дефициту влаги на этом фоне отмечена у сортов Надежный и Рафаэль (58,0-62,0%). В тоже время усиление азотного питания оказалось малоэффективным приемом повышения адаптивных свойств сортов к засолению. У сортов Рафаэль, Эльф и Нур показатель солеустойчивости повысился лишь на 4-6%, а у сортов Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир, Раушан, Прометей и Златояр он понизился на 2-14%. Повышенная доза минерального азота на 6,0-21,0% способствовала усилению стрессоустойчивости к гипоксии только у сортов Владимир, Рафаэль, Эльф и Прометей.

В среднем за два года изучения значения признака устойчивости на вариантах обезвоживания составляли 50,4 и 52,6%, а параметров устойчивости к засолению и гипоксии соответственно 62,1 и 69,6%, 44,6 и 34,0%. Высокая и значительная степень изменчивости признаков устойчивости сортов к обезвоживанию ($CV= 36,6-37,1\%$), засолению ($CV= 21,1-27,0\%$) и к гипоксии (45,6-45,8%), повышает вероятность отбора селекционно-ценных форм по этим признакам.

На основе объединенного показателя индекса устойчивости выявлены сортовые различия по комплексной устойчивости к стрессовым факторам. Максимальное превышение среднесортного значения параметра от 23,3% в 2021 году до 29,9% в 2020 году при дозе вносимого азота N_{100} установлено у сорта Московский 86. На этом фоне в годы изучения выделились также сорта Яромир, Владимир и Надежный. При повышенном уровне обеспеченности азотом в 2020 году лидирующие места по степени адаптивного превосходства заняли сорта Рафаэль и Яромир (14,4-26,2%), а в 2021 году Московский 86 и Рафаэль (11,1-23,3%). В результате были отобраны наиболее перспективные сорта Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир и Рафаэль, обладающие самыми высокими значениями индекса устойчивости «И» на двух фонах азотного питания.

Сорта, способные при стрессовой нагрузке в лабораторных условиях формировать более мощную первичную корневую систему и длину ростков, как правило, в дальнейшем проявляют высокую устойчивость к абиотическим факторам.

В ходе проведения в 2020-2021 гг. исследований по оптимизации уровня азотного питания была выявлена высокая степень зависимости урожайности ячменя от влагообеспеченности. Наиболее благоприятным оказался 2020 год, когда в варианте при внесении 100 кг N урожайность сформировалась в среднем на уровне 5,37 т/га, а при внесении 150 кг N она увеличилась до 6,10 т/га. В засушливом 2021 году реальная продуктивность зерна в вариантах опыта соответственно оказалась на уровне 3,61 и 4,11 т/га.

Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию урожайности использовали понятие «среднесортная урожайность» [10]. Реакцию отдельного сорта на сложившиеся конкретные условия определяли при соотношении его урожайности со среднесортной. По относительной величине этого показателя (коэффициент адаптивности К.А) судили об адаптивности сорта.

В 2020 году урожайность зерна у сорта Надежный при внесении 100 кг азота составила 6,20 т/га, что на 15,4 % выше среднесортной, а при увеличении дозы она увеличилась до 7,35 т/га, превысив среднесортную уровень на 20,5% (табл. 2). В тех же условиях коэффициент адаптивности у сорта Эльф имел низкие значения ($K=0,95-0,85$). При средней урожайности 5,13 т/га он проявил слабую реакцию на повышение азотного питания, выразившуюся незначительным ростом зерновой продуктивности. На фоне недостаточного увлажнения вегетационного периода 2021 года в вариантах опыта урожайность выше среднесортной сформировали сорта Московский 86, Рафаэль и Раушан. Уровень продуктивности сорта Надежный был также высок и составлял от 100,0 до 103,0% от среднесортной урожайности. Сорт Златояр сформировал урожайность на 0,29-0,69 т/га меньше среднесортной, а по сравнению с предыдущим годом его продуктивность была ниже на 37,8-38,5%. Пониженная продуктивность и невысокие значения коэффициентов адаптивности ($K=0,83-0,93$) говорят о более сильной реакции его на неблагоприятные условия.

Результаты корреляционного анализа, представленные в таблице 3, подтверждают очень сильную зависимость между показателями зерновой продуктивности и суммарными индексами устойчивости, выявленными на разных фонах азотного питания. Особенно высокими оказались положительные генотипические взаимосвязи между индексами устойчивости и показателями урожайности, определенными на пониженном фоне азотного питания ($r=0,750-0,759$). Отмечено, что при повышении уровня азотного питания положительная зависимость между этими параметрами немного снижалась, но оставалась высокой ($r=0,679-0,683$). Степень взаимосвязи между средней урожайностью и индексами устойчивости характеризовалась также высокими значениями корреляции ($r=0,724-0,731$).

Табл. 2.

Коэффициенты парных корреляций между показателями комплексной устойчивости сортов к стрессовым факторам и урожайностью сортов на разных уровнях азотного питания, 2020-2021 гг.

Критерий адаптивности	Индекс устойчивости ($I_1+I_2+I_3$)		Сумма индексов
	N_{100}	N_{150}	
Средняя урожайность, т/га	0,734	0,728	0,731
Урожайность, т/га, фон N_{100}	0,754	0,750	0,759
Урожайность, т/га, фон N_{150}	0,679	0,683	0,679

Заключение

Изучение реакции ячменя на обезвоживание, засоление и недостаток кислорода при переувлажнении в настоящее время является актуальной проблемой физиологии растений, экологии и практики сельского хозяйства. Анализ интенсивности ростовых процессов 10 сортов ячменя в лабораторных условиях позволил определить как менее, так и более чувствительные формы к воздействию осмотического, анаэробного и солевого стрессов. В процессе исследования на фоне искусственно моделируемых стрессов выявлена специфика устойчивости сортов ячменя, выращенных на разных уровнях азотного питания. Установленные особенности ответной реакции растений при оценке сортов ячменя на действие стрессовых факторов на вариантах азотного питания могут послужить основой для разработки направленной селекционной работы на повышение адаптивности.

Литература

1. Солнечный ПН, Козаченко МР, Васьюк НИ, Наумов АГ, Важенина ОЕ, Солнечная ОВ. Продуктивность сортов ячменя ярового в экологическом сортоиспытании. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;4(12):96-9.

-
2. Чекалин СГ, Оськина АА, Сайфуллина Ш, Кравченко АС. Оценка влияния различных типов засух на продуктивность возделываемых культур. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020;1:19-24.
 3. Дианова ТБ, Серегина ИИ. Влияние уровня обеспеченности азотом и микроэлементами на продуктивность яровой пшеницы при водном стрессе. Бюллетень ВИУА. 1997;(110):21-31.
 4. Быковская ИА, Осипова ЛВ, Верниченко ИВ. Продуктивный потенциал сортов ячменя в зависимости от обеспеченности азотным питанием в условиях засухи. Агробиохимический вестник. 2014;(1):3537.
 5. Кокина АП, Щенникова ИН, Зайцева ИЮ. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;66(5):40-3.
 6. Ерошенко ЛМ, Марченкова ЛА, Павлова ОВ, Чавдарь РФ, Орлова ТГ, Дедушев ИА. Сортовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания. Аграрная Россия. 2022;(1):8-12.
 7. Кожушко НН. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л.; 1998. С. 10-34.
 8. Семушкина ЛА, Хазова ГВ, Удовенко ГВ. Применение анализа изменения ростовых процессов для диагностики солеустойчивости растений. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Л.: Колос; 1976.
 9. Белецкая ЕК, Остаплиук ЕД. Оценка устойчивости озимых культур к вымоканию и ледяной корке. В кн.: Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л.; 1988. С. 182-6.
 10. Животков ЛА, Морозова ЯА, Секатуева ЛИ. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.

References

1. Solnechniy PN, Kozachenko MR, Vasko NI, Naumov AG, Vazhenina OYe, Solnechnaya OV. [Productivity of spring barley varieties upon ecological testing. Zernobobovye i Krupianye Rulturny. 2017;4(12):96-9. (In Russ.)
2. Chekalin SG, Oskina AA, Saifullina Sh, Kravchenko AS. [Assessment of the impact of various types of droughts on the productivity of cultivated crop]. Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2020;1:19-24. (In Russ.)
3. Dianova TB, Seregina II. [Influence of nitrogen nutrition and trace elements supply on the productivity of spring wheat under water stress]. BiulletenVIUA 1997;(110):21-31. (In Russ.)
4. Bykovskaya IA, Osipova LV, Vernichenko IV. [Productive potential of barley varieties depending on the availability of nitrogen nutrition in drought conditions]. Agrokhimicheskiy Vestnik. 2014;(1):35-7. (In Russ.)
5. Kokina AP, Schennikova IN, Zaytseva IYu. [Evaluation of collection samples of barley for resistance to osmotic stress]. Agrarnaya Nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2018;66(5):40-43. (In Russ.)
6. Yeroshenko LM, Marchenkova LA, Pavlova OV, Chavdar RF, Orlova TG, Dedushev IA. [Variety dependent characteristics of spring barley plants for resistance to abiotic stress factors at different levels of nitrogen nutrition]. Agrarnaya Rossiya. 2022;(1):8-12. (In Russ.)
6. Kozhushko NN. [Assessment of drought resistance of field crops]. In: Diagnostika Ustoychivosti Rasteniy k Stressovym Vozdeystviyam [Diagnostics of Plant Resistance to Stresses] Leningrad; 1998. P. 10-34. (In Russ.)
8. Semushkina LA, Khazova GV, Udovenko GV. [Application of analysis of changes in growth processes for the diagnosis of salt resistance of plants]. In: Methods for Assessing Plant Resistance to Adverse Environmental Factors. Leningrad: Kolos; 1976. P. 85. (In Russ.)
9. Beletskaya YeK, Ostapliuk YeD. [Assessment of the resistance of winter crops to soaking and ice crust]. In: Diagnostika Ustoychivosti Rasteniy r Stressovym Vozdeystviyam [Diagnostics of Plants Resistance to Stresses]. Leningrad; 1988. P. 182-6. (In Russ.)
10. Zhitovkov LA, Morozova YaA, Sekatuyeva LI. [Methodology for revealing the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield]. Seleksiya i Semenovodstvo. 1994;(2):3-6. (In Russ.)

«»