

УДК 631.52

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.45-50

Изучение устойчивости перспективной линии ярового ячменя Л1505 к абиотическим стрессорам в условиях Ленинградской области

А.М. Бондарева, Т.Н. Радюкевич, А.И. Карташева, Н.И. Любек

ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», Ленинградская область, Российская Федерация

Создание высокоурожайных, пластичных сортов ярового ячменя позволит повысить эффективность производства зерна в условиях низкого плодородия дерново-подзолистых почв Ленинградской области. Цель работы: 1) определить действие погодных условий на продолжительность вегетационного периода, высоту растений урожайность перспективной линии ячменя Л1505 в сравнении со стандартами сортами Суздалец и Ленинградский; 2) выявить фактор погоды, определяющий урожайность. Представлены результаты исследований с 2008 по 2017 гг. Изучалась устойчивость к погодным факторам: температуре воздуха, сумме эффективных температур, сумме осадков. Сорт Ленинградский более требователен к тепловому режиму. Урожайность и продолжительность вегетационного периода у всех сортов имели обратную корреляционную связь с температурой воздуха. Величина урожая Л1505 была выше, чем у стандартов во все годы исследований. Наибольший урожай – 5,2 т/га был получен в 2015 году в условиях, близких к среднемноголетним. Наименьший – 3,0 т/га получили в 2011 году при $t_{cp}^{\circ}C$ воздуха выше нормы на 2,1° и пониженном обеспечении влаги. Коэффициенты корреляции между урожайностью и температурой воздуха составили: $r = -0,48$ (Ленинградский), $r = -0,37$ (Суздалец), $r = -0,26$ (Л1505). Факторный дисперсионный анализ показал, что основным показателем, определяющим урожайность, является обеспеченность теплом. Линия ячменя Л1505 более устойчива к высокой и низкой температурам воздуха, избытку влаги и ее недостатку.

Ключевые слова: яровой ячмень, селекция, сорт, продуктивность, скороспелость, устойчивость, температура воздуха, сумма осадков.

Яровой ячмень выращивается во всех зерносеющих областях России. Это универсальная культура и по широте распространения, и по использованию [1]. Для Северо-Западного региона РФ ячмень – важнейшая зернофуражная культура [2]. В отделе зерновых культур ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка» ведется селекционная работа по выведению сортов ярового ячменя кормового назначения. Создание урожайных сортов, пластичных, устойчивых к почвенной кислотности, болезням, неблагоприятным погодным факторам позволит повысить эффективность производства зерна в условиях низкого плодородия дерново-подзолистых почв Ленинградской области [3]. Важнейшая наша задача – создание скороспелых сортов ячменя для региона с коротким вегетационным периодом [3, 4]. С ростом потенциальной продуктивности, как правило, снижается устойчивость сортов к неблагоприятным условиям внешней среды [3, 5]. Для нашего региона характерны: весенняя засуха, пониженные температуры воздуха в начальный период вегетации и переувлажнение в период созревания. При пониженной теплообеспеченности доступность влаги для ярового ячменя, даже при ее достаточных количествах, в пахотном слое снижается. Засушливые условия вызывают сброс листьев, уменьшение числа генеративных по-

бегов, а главное, приводят к общему дефициту питания, нарушению физиолого-биохимических процессов в тканях растений и снижению продуктивности [3, 6]. В период созревания зерна осадки в июле и августе вызывают полегание ячменя, что наиболее опасно в фазу колошения [7]. При полегании увеличивается развитие фитопатогенов, снижается и общий урожай, и качество зерна [8]. Такие погодные условия диктуют необходимость создания сортов ярового ячменя, устойчивых к недостатку влаги, тепла в начальный период развития и к избыточному увлажнению в конце вегетации. Эти сорта обеспечат более полную реализацию потенциала культуры по урожайности и качеству продукции в условиях Северо-Западного региона [4, 9]. В настоящее время в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» готовится к передаче на государственное сортоиспытание новая перспективная линия многоурядного ячменя кормового назначения Л1505. Она отличается высокой потенциальной урожайностью (5 т/га и более), скороспелостью, устойчивостью к листовым пятнистостям. Растения имеют хороший стартовый рост, прочную, устойчивую к полеганию соломинку. Линия экологически пластична.

Цель исследований – определить устойчивость линии Л1505 к температуре воздуха и осадкам в сравнении со стандартными сорта-

ми; установить, какой из факторов погоды в большей степени влияет на продолжительность вегетационного периода, высоту растений и урожайность.

Материал и методы. Выведение сорта ячменя – длительный процесс. Испытание новой линии Л1505 проходило в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытаний в период с 2008 по 2017 годы в различных погодных условиях. За стандарт приняты сорта ячменя Суздалец и Ленинградский. Почва опытных участков – дерново-подзолистая среднесуглинистая: содержание гумуса 2,41-2,80% (по Тюрину в модификации ЦИНАО), содержание P_2O_5 – 140-185 мг/кг, K_2O – 135-150 мг/кг почвы (по Кирсанову), pH_{KCl} – 4,0-4,5.

В работе использовали полевые и лабораторные методы с последующим корреляционным и дисперсионным анализом [10]. Проработка материала развернута по полной схеме селекционного процесса [11], которая включала получение гибридов первого поколения (F_1), репродуцирование гибридной популяции в гибридном питомнике (F_2 - F_3), индивидуальный отбор элитных колосьев (F_6), испытание линий в питомниках СП-1, СП-2, КП, ПСИ и

КСИ. Проведены полевые фенологические наблюдения, учет болезней, учет урожая. Сделан полный структурный анализ растений. Для статистической обработки полученных данных использовали анализ факторов дисперсии главных компонентов [12]. Также был использован метод ранговой корреляции Спирмена (R_s) для определения степени влияния температуры воздуха, суммы эффективных температур свыше $5^\circ C$, суммы осадков на высоту, продолжительность вегетационного периода и урожайность ячменя. Это непараметрический метод, он не требует нормальности распределения и линейной зависимости, его можно применять как к количественным, так и к порядковым признакам при агробиологических исследованиях [12, 13, 14].

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены метеорологические показатели вегетационных периодов 2008-2017 гг. Данные температуры воздуха и количества осадков предоставлены метеорологической станцией д. Белогорка. Средняя температура воздуха (t_{cp} , $^\circ C$), сумма осадков (ΣH мм), сумма эффективных температур ($\Sigma t_{эф}$, $^\circ C$) рассчитаны за период с мая по август.

Таблица 1

Характеристика погодных условий с мая по август за период с 2008 по 2017 гг.

Годы	Средняя температура воздуха, $^\circ C$	Сумма осадков, мм	Сумма эффективных Температур, $^\circ C$
2008	13,6	350,0	1095,0
2009	13,9	307,1	1137,0
2010	16,7	326,3	1459,0
2011	15,8	271,2	1327,0
2012	14,4	237,9	1205,0
2013	16,3	284,5	1411,0
2014	15,4	325,0	1270,0
2015	14,0	242,1	1136,0
2016	15,4	358,2	1302,0
2017	12,9	319,9	984,0

Средние многолетние: температура воздуха – $13,7^\circ C$; $\Sigma H = 281$ мм; $\Sigma t_{эф} = 1179^\circ C$

Метеорологические показатели исследуемых лет были различны. По теплообеспеченности мы разделили их на две группы. Первая группа – 2008, 2009 и 2015 гг., где t_{cp} , $^\circ C$ воздуха была близка к среднемноголетней ($13,7^\circ C$) и составила соответственно по годам $13,6^\circ C$, $13,9^\circ C$, $14,0^\circ C$. Отклонение от нормы: $-0,1^\circ C$, $+0,2^\circ C$, $+0,3^\circ C$. Сумма эффективных температур была ниже климатической нормы

($1179^\circ C$). Отклонение по годам: $-84^\circ C$, $-42^\circ C$, $-43^\circ C$. В 2008 и 2009 гг. количество выпавших осадков было больше среднемноголетней (281 мм) на 69,0 и 26,1 мм соответственно. В 2015 году отклонение от нормы составило $-38,9$ мм. Для роста и развития растений важно не только общее количество осадков и тепла, но и их соотношение в различных фазах развития, особенно в период кущения и выхода в трубу-

ку. Все фазы развития растений проходили в условиях, близких к оптимальным, в результате урожай ячменя был выше, чем в другие годы. Максимальный урожай всех сортов получили в 2015 году при $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ воздуха и сумме осадков, близких к среднеемноголетним.

Вторая группа – 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016 гг. Температура воздуха отмечена выше климатической нормы в среднем на 2°C . Отклонения от нормы: $+0,7^{\circ}\text{C}$ (2012 г.), $+3^{\circ}\text{C}$ (2010 г.). Теплообеспеченность этих лет больше, чем в первой группе, особенно в период кушения ячменя, когда температура воздуха была выше среднеемноголетней на $3-4^{\circ}\text{C}$. Осадки выпадали неравномерно в течение вегетации: избыток в конце июня и августе, в июле дефицит влаги (62,4 мм). В 2016 г. развитие растений проходило в условиях сухого и жаркого мая. В июне, июле и августе – $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ и ΣH мм выше нормы. За лето выпало наибольшее количество осадков – 358,2 мм, больше среднеемноголетней на 77,2 мм, что вызвало сильное полегание ячменя и снижение урожая сорта Ленинградский. Погодные условия 2017 года отличались низкой температурой воздуха и большим количеством осадков: $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C} = 12,9$, $\Sigma t_{\text{эф.}}^{\circ}\text{C}$ составила 984°C ниже нормы на 195°C , ΣH мм превысила среднюю многолетнюю на 77,2 мм.

Данные питомников предварительного и конкурсного сортоиспытания представлены в таблице 2. В среднем за 10 лет урожайность сорта Суздалец составила 3,4 т/га, Ленинградский – 3,3 т/га, Л1505 – 3,9 т/га. Наибольший урожай ячменя получен в 2015 г. при средней температуре воздуха 14°C , сумме эффективных температур 1136°C . Урожайность снижалась при средней температуре воздуха выше 14°C . Минимальный урожай получен в 2011 г. при $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C} = 15,8$ и недостатке влаги. В этот год недостаток влаги наблюдался в мае, июне, августе, обильные осадки выпали в третьей декаде июля – 59,2 мм, что близко к месячной норме. Ячмень относится к одному из наиболее засухоустойчивых хлебных злаков, но он наиболее чувствителен к недостатку влаги в период образования репродуктивных органов во время нахождения колоса в трубке, и особенно губителен для пыльцы ячменя. Такие условия сложились в 2011 г., в котором урожайность получена ниже, чем в другие годы: сорта Суздалец – 2,1 т/га, Ленинградский – 1,8 т/га, Л1505 – 3,0 т/га. Сорт Ленинградский – скороспелый и недостаток влаги негативно сказывался на его урожайности в большей степени, чем у сортов с более длительным вегетационным периодом.

Таблица 2

Характеристика сортов ярового ячменя (2008-2017 гг.)

Сорт, гибрид	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Урожайность, т/га										
Суздалец (nutans), st.	4,0	4,3	3,2	2,1	2,2	3,8	3,1	4,4	3,4	3,5
Ленинградский (pallidum), st.	4,5	3,7	3,0	1,8	3,2	3,5	2,7	5,0	2,9	3,0
Л1505 (pallidum)	4,9	4,3	3,4	3,0	3,1	4,1	4,3	5,2	3,9	3,3
Вегетационный период, дни										
Суздалец (nutans), st.	86	91	75	76	80	77	79	81	81	94
Ленинградский (pallidum), st.	80	77	67	65	71	63	70	67	61	81
Л1505 (pallidum)	80	84	69	66	73	67	75	71	68	82
Высота растения, см										
Суздалец (nutans), st.	70	87	81	70	73	75	87	87	69	80
Ленинградский (pallidum), st.	90	98	94	84	87	93	99	96	74	102
Л1505 (pallidum)	76	94	90	75	82	85	100	93	78	80

Перспективная линия Л1505 все 10 лет исследований была наиболее продуктивной. Проведенный дисперсионный анализ показал наличие достоверной разницы между продуктивностью сорта Суздалец и Л1505 ($F_{\text{табл.}} = 2,24 < F_{\text{факт.}} = 5,35$, при $p_{0,1} = 0,15$), между сортами Ленинградский и Л1505 ($F_{\text{табл.}} = 2,50 < F_{\text{факт.}} = 5,35$ при $p_{0,1} = 0,13$). По урожайности между сортами Суздалец и Ленинградский достоверных различий нет.

Факторный дисперсионный анализ показал, что обеспеченность теплом – определяющий фактор урожайности. Температурный режим объясняет 64% от суммы всех показателей влияющей дисперсии на формирование урожайности всех сортов. При этом ΣH мм не влияла на урожайность, так как рост и развитие растений проходили в условиях избыточного увлажнения, за исключением 2011 года.

Продолжительность вегетационного периода ячменя по годам менялась в зависимости от погодных условий. В среднем за 10 лет она составила у сорта Суздалец 82 дня, сорта Ленинградский – 70 дней, Л1505 – 73 дня. Вегетационный период перспективной Л1505 был на уровне стандарта сорта Ленинградский и разница между сортами недостоверна. Оба сорта более скороспелые, чем сорт Суздалец, что очень важно для регионов с коротким периодом вегетации.

Высота растений – один из признаков устойчивости к полеганию, которая изменялась по годам. В среднем за 10 лет исследований у сорта Суздалец она составила 78 см, сорта Ленинградский – 92 см, Л1505 – 85 см. Разница по высоте растений сортов Суздалец и Ленинградский достоверна ($F_{\text{факт.}} = 15,29 > F_{\text{табл.}} = 3,11$, при $p < 0,1 = 0,001$), между сортами Суздалец и Л1505 также достоверна ($F_{\text{факт.}} = 5,35 > F_{\text{табл.}} = 4,26$, при $p < 0,1 = 0,054$). Л1505 имеет более короткую соломинку, чем сорт Ленинградский, разница достоверна ($F_{\text{факт.}} = 5,35 > F_{\text{табл.}} = 4,26$, при $p < 0,1 = 0,054$).

В таблице 3 представлены результаты расчета парных корреляций продуктивности, продолжительности вегетационного периода, высоты растений сортов ячменя с $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$, $\Sigma t_{\text{эф.}}^{\circ}\text{C}$, ΣH мм. У сорта Суздалец установлена средняя отрицательная корреляция урожайности с $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,37$). Вегетационный период имел высокую отрицательную корреляцию с $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,88$), с $\Sigma t_{\text{эф.}}^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,78$). У сорта Ленинградский установлена средняя обратная корреляция урожайности с $t^{\circ}\text{C}$, и она более значима ($r = -0,48$), чем у других сортов. Вегетационный период имел обратную высокую взаимосвязь с $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ воздуха ($r = -0,80$), с $\Sigma t_{\text{эф.}}^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,73$). У скороспелого сорта Ленинградский выявлена средняя обратная связь высоты растений с $t^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,34$).

Таблица 3

Коэффициенты парных корреляций урожайности, продолжительности вегетационного периода, высоты растений с климатическими факторами

Сорт, показатель	Фактор		
	$t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ воздуха	ΣH мм	$\Sigma t_{\text{эф.}}^{\circ}\text{C}$
Суздалец, урожайность	-0,37	0,25	-0,15
Ленинградский, урожайность	-0,48	-0,11	-0,23
Л1505, урожайность	-0,26	0,13	-0,1
Суздалец, вегетационный период	-0,88	0,26	-0,78
Ленинградский, вегетационный период	-0,80	0,20	-0,73
Л1505, вегетационный период	-0,81	0,27	-0,68
Суздалец, высота	-0,17	-0,16	-0,06
Ленинградский, высота	-0,34	-0,12	-0,27
Л1505, высота	0,12	-0,12	0,25

Примечание: при $p = 0,1$ достоверность коэффициентов парной корреляции наблюдается при $R = 0,30$

Урожайность перспективной Л1505 в меньшей степени зависела от погодных факторов. Продолжительность вегетационного

периода Л1505, как и у остальных сортов, имела обратную высокую корреляцию с $t_{\text{ср.}}^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,81$) и $\Sigma t_{\text{эф.}}^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,68$).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Урожайность Л1505 достоверно выше, чем у стандартов за все годы исследований.

2. Перспективная линия 1505 наиболее устойчива к абиотическим стрессорам вегетационного периода. Выявлена ее большая устойчивость как к высокой, так и низкой температуре воздуха, как к избытку влаги, так и к ее недостатку.

3. Для всех сортов тепловой режим был определяющим фактором урожайности, особенно для сорта Ленинградский.

4. У сорта Суздалец продолжительность вегетационного периода влияла на его урожайность. Он более требователен к условиям увлажнения.

5. Перспективная линия Л1505 будет рекомендована на государственное сортоиспытание и использована в качестве ценного источника устойчивости к абиострессорам в дальнейшей селекционной работе.

Список литературы

1. Архипов М.В., Данилова Т.А., Сеницына С.М. Состояние и перспективы развития зерновой отрасли в Северо-Западном Федеральном округе РФ // Материалы заседаний Президиума и научного координационного совета по земледелию и растениеводству Северо-Западного регионального научного центра. СПб-Пушкин, 2014. С. 4-15.
2. Москвалев М.В., Щербинин А.В., Судоргина И.Р. Потенциал аграрного сектора как условие стратегического развития и обеспечения продовольственной безопасности региона // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2014. №2(62). С. 165-169.
3. Иванов М.В. Устойчивость ярового ячменя к неблагоприятным факторам среды. Луга, 2004. С. 134.
4. Батакова О.Б., Корелина В.А., Иванова Н.В., Анисимова А.В. Испытание новых скороспелых линий ячменя в условиях Северного региона РФ. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 177. Вып. 2. СПб., 2016. С. 34-44.
5. Трофимовская А.Я., Лукьянова М.В. Проблемы селекции ячменя // Бюллетень ВИР. 1986. Вып.44-45. Р. 56-57.
6. KontiG.K. HolkarA.S. Selectioninducesforyieldcomponentsinbarley (HordeumvulgareG.) Agr.Sc. Dig 1985.Vol. 2. № 1. С. 21-23.
7. Федосеев А.П. Агротехника и погода. Л.: Гидрометеиздат, 1979. С. 5-96.
8. Анисимова А.В. Характеристика образцов ячменя по устойчивости к вредным организмам и селекционно-ценным признакам в условиях Северо-Запада России // Вестник защиты растений. 2016. № 1(87). С. 49-53.
9. Иванова Н.В., Анисимова А.В. Источники хозяйственно-ценных признаков ярового ячменя для создания сортов нового поколения, адаптированных к условиям Северо-Западного региона РФ. Белогорка, 2013. С. 16.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. С. 351.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.1. М., 1985. С. 270.
12. Karel D. Vohnout.2003. Mathematical modeling for system analysis in agricultural research.ELSEVIER SCIENCE B.V. SaraBurgerhart-straat 25P.O. Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands. 452 p.
13. Floresa F., Moreno M.T., Cubero J.I. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. Field Crops Research. Vol. 56, Iss. 3, April 1998, P. 271-286. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00095-6).
14. Alfian Futuhul Hadi, Halimatus Sa'diyah. On The Development of Statistical Modeling in Plant Breeding: An Approach of Row-Column Interaction Models (RCIM) For Generalized AMMI Models with Deviance Analysis. Agriculture and Agricultural Science Procedia 9 (2016) 134-145. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.108

Сведения об авторах:

Бондарева Любовь Максимовна, старший научный сотрудник,
Радюкевич Татьяна Николаевна, старший научный сотрудник,
Картасева Людмила Ивановна, научный сотрудник,
Любек Надежда Ивановна, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»,
ул. Институтская, д.1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Российская Федерация,
188338, e-mail: lenniish@mail.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 66, no. 5, pp. 45-50.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.45-50

Study of spring barley perspective strain L1505 resistance to abiotic stressors in the conditions of the Leningrad region

L.M. Bondareva, T.N. Radyukevich, L.I. Kartasheva, N.I. Lyubeck

Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka", Leningrad region, Russian Federation

The development of productive, flexible varieties of spring barley will increase the efficiency of grain production in conditions of low fertility of sod-podzolic soils of the Leningrad region. The purpose of the work: 1) to determine the

effect of meteorological factors on productivity, vegetation period, plant height of the perspective strain of barley L1505 in comparison with standard Suzdalets and Leningradsky varieties; 2) to reveal the weather factor determining the yield. The results of 2008-2017 studies are presented. The resistance to weather factors such as air temperature, the sum of effective temperatures, total precipitation, was studied. The Leningradsky variety requires more heat. The productivity, the duration of the vegetation period of all varieties have an inverse correlation with the air temperature. L1505 had higher productivity than the standards for all years of research. The greatest yield of 5.2 tons / ha was received in 2015 in conditions close to the average for many years. The smallest yield of 3.0 t / ha was obtained in 2011 with the average temperature of air 2.10 °C above the norm and with moisture deficit. The Leningradsky variety yield-to-air ratio has a correlation coefficient $r = -0.48$, the Suzdalets variety $r = -0.37$, L1505 $r = -0.26$. The factor dispersion analysis showed that the main indicator is the heat supply. L1505 is more resistant to high and low air temperature, excess moisture and its deficiency.

Key words: spring barley, selection, variety, productivity, early maturity, resistance, air temperature, total precipitation

References

1. Arkhipov M.V., Danilova T.A., Sinitsyna S.M. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya zernovoy otrasli v Severo-Zapadnom Federal'nom okruge RF*. [Status and prospects of development of the grain industry in the North-Western Federal district of Russia]. *Materialy zasedaniy Prezidiuma i nauchnogo koordinatsionnogo soveta po zemledeliyu i rastenievodstvu Severo-Zapadnogo regional'nogo nauchnogo tsentra*. [Proceedings of the meetings of the Presidium and of the scientific coordination Council for agriculture and horticulture of the North-Western regional scientific center]. Saint-Petersburg-Pushkin, 2014. pp. 4-15.
2. Moskvalev M.V., Shcherbinin A.V., Sudorgina I.R. *Potentsial agrarnogo sektora kak uslovie strategicheskogo razvitiya i obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti regiona*. [Potential of agrarian sector as a condition for the strategic development and ensuring food security in the region]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii*. 2014. no. 2(62). pp. 165-169.
3. Ivanov M.V. *Ustoychivost' yarovogo yachmenya k neblagopriyatnym faktoram sredy*. [Resistance of spring barley to adverse environmental factors]. Luga, 2004. p. 134.
4. Batakova O.B., Korelina V.A., Ivanova N.V., Anisimova A.V. *Is-pytanie novykh skorospekykh liniy yachmenya v usloviyakh Severnogo regiona RF*. [A test of a new early maturing lines of barley in the Northern region of the Russian Federation]. *Trudy po prikladnoy botanike, genike i seleksii*. Vol.177. Iss. 2. Saint-Petersburg, 2016. pp. 34-44.
5. Trofimovskaya A.Ya., Luk'yanova M.V. *Problemy seleksii yachmenya*. [The problems of barley selection]. *Byulleten' VIR*. 1986. Iss. 44-45. pp. 56-57.
6. KontiG.K., Holkar A.S. *Selectioninducesforyieldcomponentsinbarley (HordeumvulgareG.) Agr.Sc. Dig 1985.Vol. 2. no. 1. pp. 21-23.*
7. Fedoseev A.P. *Agrotekhnik i pogoda*. [Agrotechnics and weather]. Leningrad: *Gidrometeoizdat*, 1979. pp. 5-96.
8. Anisimova A.V. *Kharakteristika obraztsov yachmenya po ustoychivosti k vrednym organizmam i selektsionno-tsennym priznakam v usloviyakh Severo-Zapada Rossii*. [Characteristics of barley samples on resistance to harmful organisms and breeding valuable traits in the North-West of Russia]. *Vestnik zashchity rasteniy*. no. 1(87). Saint-Petersburg-Pushkin, 2016. pp. 49-53.
9. Ivanova N.V., Anisimova A.V. *Istochniki khozyaystvenno-tsennykh priznakov yarovogo yachmenya dlya sozdaniya sortov novogo pokoleniya, adaptirovannykh k usloviyam Severo-Zapadnogo regiona RF*. [Sources of economically valuable traits of spring barley to create new generation varieties adapted to the conditions of the North-Western region of the Russian Federation]. Belogorka, 2013. p.16.
10. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov isledovaniy)*. [Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)]. Moscow: *Agropromizdat*, 1985. 351 p.
11. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Iss.1. Moscow, 1985. 270 p.
12. Karel D. Vohnout. 2003. Mathematical modeling for system analysis in agricultural research. ELSEVIER SCIENCE B.V. SaraBurgerhartstraat 25P.O. Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands. 452 p.
13. Floresa F., Moreno M.T., Cubero J.I. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. *Field Crops Research*. Vol. 56, Iss. 3, April 1998, Pp. 271-286. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00095-6).
14. Alfian Futuhul Hadi, Halimatus Sa'diyah. On The Development of Statistical Modeling in Plant Breeding: An Approach of Row-Column Interaction Models (RCIM) For Generalized AMMI Models with Deviance Analysis. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9 (2016) 134-145 DOI:10.1016/j.aaspro.2016.02.108

Information about the authors:

L.M. Bondareva, senior researcher,
T.N. Radyukevich, senior researcher,
L.I. Kartasheva, researcher,
N.I. Lyubek, senior researcher

Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka", st. Institutsкая, 1, Belogorka village, Gatchinsky district, Leningrad region, Russian Federation, 188338, e-mail: lenniish@mail.ru