

О.В. Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук

М.И. Костаньяни, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

РФ, 390502, Рязанская обл., с. Подвязье, ул. Парковая, 1

E-mail: podvyaze@bk.ru

УДК 633.11:631.524.85

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/25-28

СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

Представлены данные по определению засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы в лабораторных условиях с сопоставлением результатов полевых исследований, проведенных в 2018–2020 годах на полях Рязанского филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Диагностирование растений на фоне сахарозы выявило депрессию длины ростков и их количества. Оценка продуктивности селекционных номеров по засухоустойчивости, сопоставляемая с данными структурного анализа, показала, что все они относятся к среднепродуктивным кроме линии Л 68-18 (высокопродуктивная). Максимальная средняя урожайность (более 6,0 т/га) получена у линий: Л 39-17, Л 67-18, Л 28-16, Л 33-09, Л 51-09. Отобраны наиболее перспективные селекционные линии по урожайности, адаптивности и комплексу хозяйственно ценных признаков. Линия Л 33-09 имеет максимальные показатели по устойчивости к модулируемой лабораторной засухе, средней урожайности, генетической гибкости, индексу стабильности. Выделенные сорта и линии активно вовлекаются в гибридизацию для создания нового селекционного материала, адаптированного к условиям региона и дальнейшего проведения целенаправленного отбора по признакам засухоустойчивости и потенциальной продуктивности.

Ключевые слова: озимая пшеница, линия, сорт, засухоустойчивость, продуктивность.

O.V. Levakova, PhD in Agricultural sciences

M.I. Kosta'n'yants, Junior Researcher

Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the FSBSI “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”

RF, 390502, Ryazanskaya obl., s. Podvyazye, ul. Parkovaya, 1

E-mail: podvyaze@bk.ru

SCREENING OF WINTER SOFT WHEAT SAMPLES IN THE RYAZAN REGION CONDITIONS FOR DROUGHT RESISTANCE

Data on the determination of drought resistance in laboratory conditions are presented with a comparison of the results of field studies conducted in 2018–2020 in the fields of the Ryazan branch of the FSBI FNAC VIM. The diagnosis of plants against the background of sucrose revealed a depression in the length of sprouts and their number. The evaluation of the productivity of breeding numbers for drought resistance, compared with the data of the structural analysis of productivity, revealed that all the studied varieties and lines were medium-productive and only one line L 68-18 was highly productive. The maximum average yield (more than 6,0 t/ha) was obtained from promising lines: L 39-17, L 67-18, L 28-16, L 33-09, L 51-09. The assessment of yield, adaptability and a complex of economically valuable traits allowed us to select the most promising breeding lines. The line L 33-09 has been identified, which has the maximum indicators for resistance to modulated laboratory drought, high average yield, genetic flexibility, stability index and indicator of the level and stability of the variety. The selected varieties and lines are actively involved in hybridization to create a new breeding material adapted to the conditions of the region and further targeted selection based on drought resistance and potential productivity.

Keywords: winter wheat, line, variety, drought resistance, productivity.

Основа экологически чистого земледелия – создание сортов сельскохозяйственных культур адаптивных к воздействию негативных антропогенных факторов.

При изменении климата (увеличение зимних и летних температур, уменьшение количества атмосферных осадков) приобретает особое значение селекция озимой пшеницы, как одной из приоритетных культур в мировом земледелии, на засухоустойчивость. [2, 3]

Найдены молекулярные маркеры – QTLs, с которыми ассоциируется толерантность к засухе. [6] Установлены два типа локусов: конститутивные QTLs (constitutive QTLs), которые обнаруживаются в большинстве условий, и адаптивные (adaptive QTLs), выявляемые при определенных условиях и экспрессирующиеся в зависимости от степени влияния среднего фактора. На фоне дефицита воды один и тот же QTL в начале вегетации оказывается полезным для растения, в репродуктивный период – нейтраль-

ным или вредным, то есть эффект локуса зависит от засухи. [7]

Цель работы – скрининг засухоустойчивых новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области для выделения лучших генотипов по этому признаку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018–2020 годах в Институте семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве среднего уровня плодородия. В испытании участвовали пять сортов местной селекции (Ангелина, Виола, Даная, Фелиция, Галатея); пять новых сортов, находящихся на Госсортоиспытании (Анфиса, Ивита, Боярка, Вимица, Адарка) и восемь перспективных линий. Стандарт – сорт Ангелина.

Вегетационный период 2017–2018 годов характеризовался неблагоприятными условиями для развития культуры. За весну и лето осадков выпало 109 мм (53,1 % среднемноголетних значений). Июнь был теплым с критическим дефицитом влаги, ГТК – 0,17. В связи с засушливыми условиями года отмечали ускоренное прохождение фенофаз у растений.

Из-за неблагоприятных условий вегетации в 2018–2019 годах всходы были неудовлетворительные. В августе и сентябре – дефицит влаги. Общий процент полевой всхожести осенью – 33,6...71,6 %. В I-й и II-й декадах июня ГТК составил 0 и 0,14, соответственно, а среднемесячная температура воздуха в это время была на 3,2...6,0°С выше среднемноголетних значений. Фаза колошения растений проходила в экстремальных условиях.

Осенний период 2019–2020 годов характеризовался жесткой засухой, за сентябрь и октябрь осадков выпало 76,9 мм. Полевая всхожесть – 24,0...69,8 %. В I-й декаде июня – прохладная погода с интенсивным увлажнением (71 мм), что в 4,5 раза больше среднемноголетних значений, ГТК – 3,9. Обильные осадки спровоцировали раннее полегание растений. Летняя засуха проявилась в I-й и II-й декадах июля при ГТК – 0 и 0,14, соответственно и среднемесячной температуре воздуха на 5,5...8,5°С выше среднемноголетних значений. Фаза колошения проходила неравномерно.

Все летние месяцы наблюдений отличались повышенным температурным режимом во все фазы роста и развития озимой пшеницы по сравнению со средними многолетними данными. Явное повышение дневных температур воздуха в июне-июле, а также критически малое количество выпавших осадков или их отсутствие, способствовали разви-

тию засухи. Семена данных лет использовали для постановки лабораторного опыта.

Засухоустойчивость в лабораторных условиях определяли по методике Н.Н. Кожушко. [1] Критерий засухоустойчивости в полевых условиях – данные структуры урожая, выраженные индексом продуктивности растений. [5] С помощью методов математического анализа оценивали реакцию сортов на меняющиеся условия среды, изучали пластичность, как индикатор нежелательной восприимчивости генотипа к стрессам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для селекции озимой пшеницы на устойчивость к разным стресс-факторам необходимо наличие соответствующего исходного материала. [4]

Опыт лабораторных диагностических исследований выявил ощутимые генотипические различия исследуемых образцов. Среди испытываемых сортов и образцов озимой пшеницы в результате направленной селекционной работы неустойчивых к засухе не обнаружено. Большая часть сортов и линий (86,7 %) относилась к слабоустойчивой группе с вариацией всхожести – 21,0...40,0 %. Среднюю лабораторную устойчивость к моделируемой засухе имели находящийся на Госсортоиспытании сорт *Ивита* и линии: Л 33-16, Л 33-09, Л 51-09 – 45,0...47,5 % (табл. 1).

Рекогносцировка растений на фоне сахарозы выявила существенную (на 94,0 %) депрессию длины ростков и количества корешков (66,7...71,4 %). Длина корешков в стрессовых условиях – 2,1...11,6 мм, контроль – 46...127 мм. В контроле семена прорастали 3...7 корешками, при засухе – 1...2.

Результаты лабораторного опыта сравнили с данными полевых испытаний. Продуктивность ма-

Таблица 1.
Устойчивость сортов и линий озимой пшеницы к моделируемой в лабораторных условиях засухе, 2018–2020 годы

Сорт, линия	Контроль		14 атм.		Тип засухоустойчивости
	Всхожесть, %	Длина корешков, мм	Всхожесть, %	Длина корешков, мм	
<i>Ангелина</i> , стандарт	96,0	85	22,5	3,2	2
<i>Виола</i>	94,0	117	40,0	6,1	2
<i>Даная</i>	96,0	96	38,5	3,9	2
<i>Фелиция</i>	99,0	127	27,5	2,5	2
<i>Галатея</i>	97,0	89	20,0	1,8	2
<i>Анфиса</i>	97,0	61	30,0	2,1	2
<i>Боярка</i>	97,0	66	30,0	1,9	2
<i>Ивита</i>	100,0	109	45,0	11,3	3
<i>Вимица</i>	91,0	62	20,0	1,7	2
<i>Адарка</i>	95,0	46	25,0	3,2	2
Л 33-16	95,0	89	45,0	11,6	3
Л 39-17	98,0	82	35,0	10,5	2
Л 66-18	95,0	58	32,5	3,9	2
Л 67-18	93,0	105	37,5	6,8	2
Л 68-18	96,0	99	35,0	4,2	2
Л 71-18	96,0	106	32,5	9,2	2
Л 33-09	99,0	52	47,5	10,3	3
Л 51-09	97,0	90	47,5	10,5	3
Среднее	96,4	85,5	31,6	5,1	–
Коэффициент вариации CV, %	2,4	26,4	30,0	71,7	–

териала, сформировавшуюся под влиянием осенне-зимней и ранневесенней засухами, сопоставили с данными структурного анализа и рассчитанным индексом продуктивности растений, так как годы исследований были нестандартными по количеству выпавших осадков и температурному режиму.

Ценность находящихся в конкурсном сортоиспытании образцов, в первую очередь, определяется способностью формировать стабильно высокий урожай в широком диапазоне погодно-климатических условий. Продуктивность у представленных номеров за весь период исследований в большей степени зависела от гидротермических условий вегетационного периода ($r = +0,71$) и составила в 2018, 2019 и 2020 годах 5,27...8,37 т/га, 1,71...3,835 и 3,51...7,91 т/га соответственно.

В сложившихся метеоусловиях все сорта обладали наибольшей продуктивностью (X_i) относительно стандарта.

Максимальная средняя урожайность (более 6,0 т/га) — у перспективных линий: Л 39-17, Л 67-18, Л 28-16, Л 33-09, Л 51-09.

Водный стресс в репродуктивной стадии развития растений приводит к стерильности колосков пшеницы. Но в наших опытах экстремальные погодные условия не оказали сильного влияния на величину массы зерна с колоса. В среднем масса 1000 зерен у сортообразцов составила 44,6 г, что говорит о соответствии генотипа внешним условиям среды в период формирования зерна. Крупное зерно (более 50,0 г) — у линии Л 33-16.

Способность сорта проявлять устойчивость признака в изменяющихся условиях среды характеризует его стабильность. Один из показателей нормы реакции генотипа — коэффициент вариации (C_v). Сортовая

изменчивость массы 1000 зерен, длины колоса и числа зерен в колосе была незначительной — 4,8...6,9 %. Установлено, что амплитуда изменчивости по длине колоса за годы изучения составила 9,9 см и варьировала от 8,4 (стандарт) до 11,4 см (*Анфиса*). Среднее число зерен в колосе по образцам — 40,9 шт.

Адаптация растений к засухе заключается в поддержании структурной и функциональной целостности растительного организма, что обеспечивает рост и образование репродуктивных органов, учет которых приводится для расчета индекса продуктивности растений (ИПР). Все исследуемые сорта и линии среднепродуктивные (ИПР — 7,04...8,69) и только Л 68-18 высокопродуктивная (ИПР — 12,0). Образцов с низкой продуктивностью в питомнике конкурсного сортоиспытания не было.

Обнаружена высокая связь ИПР с весом зерна с колоса ($r = +0,78$) и числом зерен в колосе ($r = +0,84$). Многие сорта и линии приостанавливают рост во время ранневесенней засухи и возобновляют его сразу же после выпадения осадков, что позволяет им быстро компенсировать недостаток влаги и сохранить высокий уровень продуктивности.

Урожайными по показателю генетической гибкости ($(X_{opt} + X_{lim}) / 2$), отражающему среднюю урожайность сорта в контрастных условиях были 86,4 % исследуемых образцов (табл. 2). Максимальный показатель зафиксирован у сорта *Адарка* и Л 33-09 — 5,88 и 5,80 т/га соответственно. Стрессоустойчивость ($X_{lim} - X_{opt}$) показывает разницу урожайности, полученной в неблагоприятных и благоприятных условиях. Чем она меньше, тем выше устойчивость к стрессу. Наиболее засухоустойчивые сорта: *Даная*, *Галатя*, *Боярка*, *Ивита*, *Вимица* (-2,27...-2,45). Самый высокий индекс стабильности ($L=2$) у линии Л 33-09.

Таблица 2.

Характеристика сортообразцов озимой пшеницы по продуктивности, адаптивности и стабильности

Сорт, линия	Вес 1000 семян, г	Длина колоса, см	Число зерен, шт.	Вес зерна с колоса, г	ИПР	X_i	$X_{lim} - X_{opt}$	$(X_{opt} + X_{lim})/2$	L'	Пусси, %
<i>Ангелина</i> , стандарт	45,0	8,4	36,4	1,63	7,06	4,14	-4,05	4,49	0,8	100
<i>Виола</i>	46,6	10,5	40,4	1,83	7,04	4,55	-2,29	4,70	1,1	130,3
<i>Даная</i>	43,5	9,8	39,4	1,79	7,19	5,32	-3,66	5,27	1,5	241,1
<i>Фелиция</i>	42,5	10,2	42,2	1,80	7,45	5,14	-3,66	5,28	1,1	170,8
<i>Галатя</i>	47,1	10,6	39,2	1,95	7,21	5,16	-2,27	4,94	1,7	265,0
<i>Анфиса</i>	41,0	11,4	42,5	1,94	7,23	4,29	-3,31	3,95	0,9	116,6
<i>Боярка</i>	46,6	10,4	42,1	1,93	7,81	4,81	-2,53	4,68	1,8	261,0
<i>Ивита</i>	45,3	9,2	39,2	1,74	7,41	4,32	-2,27	4,27	1,6	208,0
<i>Вимица</i>	41,5	9,9	41,0	1,78	7,37	4,71	-2,45	4,54	1,5	213,3
<i>Адарка</i>	44,1	10,2	40,2	1,80	7,09	5,49	-3,59	5,88	1,1	182,2
Л 33-16	50,1	10,7	41,0	1,91	7,32	5,15	-4,94	5,62	1,0	155,0
Л 39-17	44,1	10,1	39,6	1,85	7,25	6,05	-4,21	5,40	1,5	274,2
Л 66-18	43,7	9,9	40,9	1,90	7,85	4,38	-3,90	4,68	0,9	119,0
Л 67-18	47,1	9,5	41,9	1,97	8,69	6,09	-3,50	5,56	1,8	331,2
Л 68-18	45,1	9,3	50,0	2,24	12,0	5,03	-5,18	4,39	0,8	121,6
Л 71-18	46,5	9,1	37,8	1,76	7,31	5,51	-3,79	5,08	1,4	232,9
Л 33-09	44,8	9,3	39,3	1,77	7,48	6,23	-3,57	5,80	2,0	376,0
Л 51-09	43,1	9,0	39,4	1,73	7,57	6,06	-4,16	5,56	1,6	292,9
Среднее	44,6	9,9	40,9	1,85	7,7	5,13	-3,52	5,0	1,3	210,6
Коэффициент вариации C_v , %	4,8	6,9	6,4	6,5	13,5	13,0	26,4	11,4	28,6	38,0
Коэффициент корреляции с ИПР, r	-	-	+0,84	+0,78	-	-	-	-	-	-

Способность генотипа к меньшему снижению средней урожайности при ухудшении условий возделывания определяет показатель уровня и стабильности сорта (Пусси), выраженный в процентах к стандарту. Баланс стабильности и продуктивности (Пусси = 130,3...376,0 %) выявил положительный тренд повышения селекционной ценности сортов и линий. По урожайности, адаптивности и комплексу хозяйственно ценных признаков отобрали наиболее перспективные линии. Образцы с высокой продуктивностью и широкой агроэкологической стабильностью могут быть использованы при создании новых сортов, отвечающих современным требованиям селекции.

Выводы. Дальнейшее повышение биологического и адаптационного потенциала сортов обусловлено улучшением основных признаков продуктивности за счет повышения устойчивости к комплексу абиотических и биотических факторов, в том числе засухе и повышенной температуре воздуха. Линия Л 33-09 имеет максимальные показатели по устойчивости к модулируемой лабораторной засухе, высокую среднюю урожайность, индекс стабильности и генетическую гибкость. Выделенные сорта и линии активно вовлекаются в гибридизацию для создания нового селекционного материала, адаптированного к условиям региона и дальнейшего проведения целенаправленного отбора по признакам засухоустойчивости и потенциальной продуктивности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кожушко, Н.Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур / Н.Н. Кожушко // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (Методическое руководство). – Л.: ВИР, 1988. – С. 10–24.
2. Кокина, Л.П. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу / Л.П. Кокина, И.Н. Шенникова, И.Ю. Зайцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 5. – С. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44.
3. Левакова, О.В. Анализ генетических источников ценных признаков сортов озимой мягкой пшеницы в целях создания исходного материала / О.В. Левакова, М.И. Банникова // Аграрная наука. – 2019. – № 7–8. – С. 38–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-38-4.
4. Левакова, О.В. Лабораторный скрининг засухоустойчивости сортов перспективных линий ярового ячменя и их стабильность урожая в полевых условиях Рязанской области / О.В. Левакова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 143–147. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11217.
5. Самофалова, Н.Е. Коммерческие сорта озимой твердой пшеницы и особенности их семеноводства / Н.Е. Самофалова, Н.П. Иличкина, М.А. Авраменко и др. // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 6. – С. 42–47.
6. Collins, N.C. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: Where do we stand? / N.C. Collins, F. Tardieu, R. Tuberosa // Plant Physiology. – 2008. – 147. – S. 469–486.
7. Kirigwi, F.M. Markers associated with a QTL for grain yield in wheat under drought / F.M. Kirigwi, M. Van Ginkel, G. Brown-Guedira et al. // Molecular Breeding. – 2007. – № 20. – S. 401–413.

LIST OF SOURCES

1. Kozhushko, N.N. Ocenka zasuhoustojchivosti polevykh kul'tur / N.N. Kozhushko // Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdeystviyam (Metodicheskoe rukovodstvo). – L.: VIR, 1988. – S. 10–24.
2. Kokina, L.P. Ocenka kollekcionnykh obrazcov yachmenya na ustojchivost' k osmoticheskomu stressu / L.P. Kokina, I.N. Shchennikova, I.Yu. Zajceva // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2018. – № 5. – S. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44.
3. Levakova, O.V. Analiz geneticheskikh istochnikov cennykh priznakov sortov ozimoy myagkoj pshenicy v celyah sozdaniya iskhodnogo materiala / O.V. Levakova, M.I. Bannikova // Agrarnaya nauka. – 2019. – № 7–8. – S. 38–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-38-4.
4. Levakova, O.V. Laboratornyj skringing zasuhoustojchivosti sortov perspektivnykh linij yarovogo yachmenya i ih stabil'nost' urozhaya v polevykh usloviyah Ryzanskoj oblasti / O.V. Levakova // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2020. – № 4 (36). – S. 143–147. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11217.
5. Samofalova, N.E. Kommercheskie sorta ozimoy tvrdoj pshenicy i osobennosti ih semenovodstva / N.E. Samofalova, N.P. Ilichkina, M.A. Avramenko i dr. // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2016. – № 6. – S. 42–47.
6. Collins, N.C. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: Where do we stand? / N.C. Collins, F. Tardieu, R. Tuberosa // Plant Physiology. – 2008. – 147. – S. 469–486.
7. Kirigwi, F.M. Markers associated with a QTL for grain yield in wheat under drought / F.M. Kirigwi, M. Van Ginkel, G. Brown-Guedira et al. // Molecular Breeding. – 2007. – № 20. – S. 401–413.