DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-178-184
УДК 631.559:633.11»321»:631.527(571.1)

ОЦЕНКА СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСУХЕ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

[1]**Н.А. Якунина,** кандидат сельскохозяйственных наук

[2]**Н.А. Поползухина**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

[1]**Ю.Ю. Паршуткин**, кандидат сельскохозяйственных наук

[1] *Омский аграрный научный центр, Омск, Россия*

[2] *Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия*

E-mail:yakunina@anc55.ru

***Ключевые слова*:** пшеница, сорт, селекционная линия, урожайность, индексы устойчивости к засухе

Реферат. *Экспериментальная часть работы проведена на базе отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2020-2022 гг. Селекционные линии яровой мягкой пшеницы были представлены тремя группами спелости: среднеранней – Г 6/17, Г 8/17, Г 10/17; среднеспелой – Г 7/17, Г 15/17, Г 16/17 и среднепоздней – Г 11/17, Г 14/17, Г 17/17. В качестве стандартов использовались сорта Памяти Азиева, Дуэт, Элемент 22. Для оценки образцов на засухоустойчивость использовали комплексную систему индексов, основанных на сравнении урожайности в стрессовых и благоприятных условиях. Произведены расчёты наиболее распространённых индексов: средней продуктивности (MP), индекса выносливости (TOL), индекса стабильности урожайности (YSI), индекса засухоустойчивости (DI), индекса толерантности к стрессу (STI). Рассчитан суммарный балл рангов по всем индексам. По результатам расчёта комплекса индексов засухоустойчивости были выделены 5 образцов с наибольшей суммой баллов: Г 6/17, Г 7/17, Г10/17, Г 11/17, Г 15/17, которые могут быть использованы в дальнейшем селекционном процессе. Расчёт коэффициентов корреляции позволил выявить высокую положительную связь между средней продуктивностью и индексом толерантности к стрессу (0,99), а также индексом стабильности урожайности (0,73); между индексом выносливости и индексом засухоустойчивости (0,89). Тесная положительная взаимосвязь была установлена также между индексом стабильности и индексом толерантности к стрессу (0,76), что говорит о достаточно высокой надёжности.*

ASSESSMENT OF SPRING BROAD WHEAT VARIETIES AND LINES FOR DROUGHT RESISTANCE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA USING DROUGHT RESISTANCE INDICES

[1]**N.A. Yakunina,** PhD in Agricultural Sciences

[2]**N.A. Pololzukhina,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor

[1]**YU.Yu. Parshutkin,** PhD in Agricultural Sciences

[1]*Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia*

[2]*Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia*

E-mail: yakunina@anc55.ru

***Keywords*:** *wheat, variety, breeding line, yield, drought resistance indices*

Abstract. *The experimental part of the work was carried out based on the seed production department of the Omsk Agrarian Research Center in 2020-2022. Breeding lines of spring soft wheat were represented by three ripeness groups: mid-early – G 6/17, G 8/17, G 10/17; mid-season - G 7/17, G 15/17, G 16/17 and mid-late - G 11/17, G 14/17, G 17/17. The varieties Pamyati Azieva, Duet, and Element 22 were standard. A complex system of indices was used to evaluate the samples for drought resistance, based on comparison of yields under stressful and favorable conditions. The most common indices were calculated: average productivity (MP), endurance index (TOL), yield stability index (YSI), drought resistance index (DI), and stress intolerance index (STI). The total rank score for all indices was calculated. Based on estimating a set of drought resistance indices, five samples with the highest number of points were identified: G 6/17, G 7/17, G10/17, G 11/17, and G 15/17, which can be used in further selection. The calculation of correlation coefficients revealed a high positive relationship between average productivity and the stress tolerance index (0.99), as well as the yield stability index (0.73), between the endurance*

index and the drought resistance index (0.89). A close positive relationship was also established between the stability and stress tolerance indexes (0.76), indicating a relatively high reliability.

Особенностью климата южной лесостепи Западной Сибири является континентальность – сравнительно небольшое количество осадков, непостоянство температурных показателей и значительное варьирование их по отношению к средним величинам, что играет немаловажную роль в формировании и развитии культурных растений. Частая смена холодных и тёплых воздушных масс обеспечивает резкие и быстрые изменения погоды, что приводит к неустойчивости климата. Экстремальные условия, связанные с температурой и влагообеспеченностью растений – это наиболее частая причина снижения продуктивности или резких её колебаний по годам. Одним из основных факторов внешней среды, влияющих на растение, является температура, поскольку существует тесная связь между продуктивностью растений и физиологическими ограничениями их приспособленности к температурному стрессу [1].

При недостатке влаги продолжительный период времени в сочетании с высокими температурами можно наблюдать такое явление, как засуха. Приспособленность растений к высоким температурам заложена генетически, определяя приспособленность растений к неблагоприятным условиям обитания, а также адаптацию к недостатку воды, и характеризуется как засухоустойчивость. Она выражается в способности растений переносить обезвоживание за счёт развития высокого водного потенциала тканей при функциональной сохранности клеточных структур, транспирации [2], а также за счёт адаптивных морфологических особенностей стеблей, листьев, генеративных органов, повышающих их выносливость, толерантность к действию долговременной засухи [3].

Для создания урожая растения потребляют большое количество питательных веществ. Потребность в элементах питания зависит от наследственных признаков растений, в свою очередь, увеличение продуктивности неразрывно связано с адаптивностью культурных растений, их устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды. Поэтому разработка эффективных путей повышения устойчивости к стрессам и получения высоких урожаев является одной из основных задач селекционеров [4, 5].

Для комплексной оценки растений на устойчивость к абиотическим факторам используют индексы засухоустойчивости [6]. Они основаны на сравнении урожайности в благоприятных и стрессовых условиях. Для оценки используются, как правило, несколько индексов устойчивости.

Цель исследования заключалась в оценке сортов и перспективных линий яровой мягкой пшеницы на устойчивость к засухе в условиях южной лесостепи Западной Сибири с помощью комплекса индексов засухоустойчивости.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть работы проведена на базе отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2020–2022 гг. Селекционные линии были представлены тремя группами спелости – среднеранней, среднеспелой и среднепоздней. В качестве стандартов использовались сорта Памяти Азиева, Дуэт, Элемент 22. Полевые опыты были заложены по предшественнику пар с нормой высева 5,0 млн всхожих зёрен на 1 га на делянках площадью 15 м^2 в четырехкратной повторности. Все наблюдения и учёты проведены по методике полевого опыта Б.А. Доспехова [7], для статистической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа с использованием прикладной программы Microsoft Exel. Проанализированы корреляционные связи индексов устойчивости между собой и с урожайностью зерна исследуемых селекционных линий.

Для определения засухоустойчивости использовали комплексную характеристику образцов по совокупности индексов: средней продуктивности (MP), индексу выносливости (TOL) [8], индексу стабильности урожайности (YSI) [9], индексу засухоустойчивости (DI) [10], индексу толерантности к стрессу (STI) [11]. Эта методика используется для ранжирования наборов сортов мягкой пшеницы [12, 6].

При использовании коэффициента ранговой корреляции по Спирмену [13, 14] условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента меньше 0,3 признаком слабой тесноты связи; более 0,3, но менее 0,7 – признаком умеренной тесноты связи, а 0,7 и более – признаком высокой тесноты связи.

Лучший образец имеет ранг 1 по урожайности, по всем индексам образцы ранжированы в порядке убывания значений, по индексу TOL – в порядке возрастания, так как лучший образец меньше всего снижает урожайность в засушливый год. Произведён расчёт суммарного балла по всем индексам засухоустойчивости.

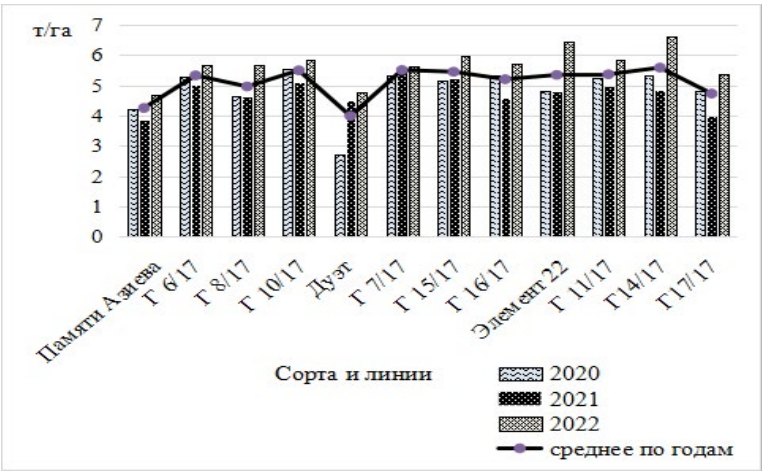
Гидротермические условия вегетационного периода 2020–2022 гг. были контрастными и в целом отражали особенности региона. Влагообеспеченность определяли по показателю ГТК [15]. В 2020 г. в июне, июле средняя температура была в пределах нормы, а в мае и августе превышала среднемноголетние данные на 1–2°С. Сумма осадков за май – август была ниже нормы и составила 169 мм, или 82% от среднемноголетних значений (206 мм). ГТК составил 0,77, что характеризовало этот год как умеренно засушливый. Следующий 2021 г., характеризовался засушливостью, за весенне-летний период выпало незначительное количество осадков (164 мм, или 79,6% к норме) на протяжении всего вегетационного периода, температура была выше нормы на 2–4°С. В 2021 г. гидротермический коэффициент был равен 0,58, что свидетельствовало о сильной засухе в период роста и развития растений. В 2022 г. показатель ГТК составил 1,02, в начале вегетации (май–июнь) наблюдалась засуха, а во второй половине июля сумма осадков достигла 121,2 мм, или 202% к норме. Основные осадки выпали в третьей декаде месяца – 96,6 мм, или 161% от среднемноголетних значений, а в августе отмечалось незначительное их количество.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексным показателем адаптивности сорта к условиям выращивания является его продуктивность [2, 16]. Продуктивность определяется генетической информацией, заложенной в растительной клетке, а также условиями среды, в которых растения произрастают. Урожайность растения является сложным признаком, имеющим полигенный контроль, формирование которого во многом зависит от метеорологических условий в течение вегетационного периода [17]. Создание сортов пшеницы с максимально высоким уровнем урожайности является конечной целью селекционного процесса [18].

Оценка сортообразцов по урожайности зерна показала, что в среднем по сортам в 2020 г. этот показатель составил 4,87 т/га (рисунок).

Наибольшим уровнем урожайности в среднеранней группе характеризовались Г6/17 (+1,09 т/га), Г10/17 (+1,36 т/га); в среднеспелой – Г15/17 (+2,43 т/га), Г16/17 (+ 2,6 т/га), Г7/17 (+ 2,61 т/га); в среднепоздней – Г11/17 (+0,44 т/га) и Г 14/17 (+0,49 т/га).



Урожайность сортов и линий яровой мягкой пшеницы (2020–2022 гг.)

Productivity of varieties and lines of spring soft wheat (2020–2022)

В 2021 г. средняя урожайность изучаемых линий яровой мягкой пшеницы составила 4,63 т/га, варьируя от 3,85 до 5,08 т/га. В группе среднеранних были выделены линии Г6/17 и Г10/17, превышающие сорт-стандарт Памяти Азиева на 1,16 и 1,23 т/га соответственно.

У среднеспелых линий своё преимущество показали Г 7/17(+1,06 т/га) и Г 15/17 (+0,74 т/га). Среднепоздние линии Г11/17 (+ 0,19) и Г 14/17 (+ 0,04) незначительно превысили сорт -стандарт по этому показателю.

Средняя урожайность сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы в 2022 г. составила 5,68 т/га. Наибольшие показатели были отмечены у линий среднеранней группы Г 10/17 (5,84 т/га), Г 6/17 (5,68 т/га), Г 8/17 (5,65 т/га), среднеспелых Г 7/17, Г 15/17 и Г 16/17, которые превысили Дуэт на 0,87; 1,2 и 0,96 т/га соответственно. В группе среднепоздних образцов урожайность не отличалась от стандарта. Именно она была принята за «урожайность в благоприятных условиях».

Проведённые исследования позволили установить, что наиболее благоприятные условия для формирования урожайности зерна яровой мягкой пшеницы были в 2022 г., когда в среднем по образцам урожайность составила 5,68 т/га. В качестве показателя «урожайность в условиях стресса» была принята урожайность за 2021 г., которая составила 4,75 т/га.

По урожайности зерна исследуемых сортов и селекционных линий были произведены расчёты 5 индексов засухоустойчивости (таблица).

По полученным результатам всем образцам был присвоен ранг. Наиболее высокими рангами по урожайности (MP) характеризовались линии Г 15/17, Г 10/17, Г 7/17, Г 6/17. Индекс выносливости (TOL) показывает, насколько снизилась урожайность в стрессовый год по сравнению с благоприятным. Наибольшая величина этого индекса была установлена для сортов Элемент 22, Дуэт, линий Г 7/17, Г 15/17, Г 10/17 и Г 6/17. Наибольшим индексом засухоустойчивости (DI) характеризовались селекционные линии Г 6/17, Г 7/17, Г 15/17, Г 10/17 и сорт Дуэт. По индексу толерантности к стрессу (STI) выделились следующие линии: Г 15/17, Г7/17, Г 10/17, Г 11/17, Г 14/17 и сорт Элемент 22. Высокий индекс стабильности урожайности (YSI) был отмечен для сортообразцов Г 7/17, Дуэт, Г 6/17, Г 15/17, Г 10/17 и Г 11/17.

Индексы засухоустойчивости и ранги (в баллах) сортов и перспективных линий яровой мягкой пшеницы
Drought resistance indices and rankings (in points) of varieties and promising lines of spring soft wheat

Сорт, образец	Урожайность			MP					Суммарный балл /ранг
	2020 г.	2021 г.	2022 г.		TOL	YSI	DI	STI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Памяти Азиева, стандарт	4,20 / 11	3,85 / 12	4,70 / 12	4,28 / 12	0,85 / 6	0,82 / 7	0,66 / 10	0,56 / 12	83 / 12
Г 6/17	5,29 / 5	5,01 / 4	5,68 / 7	5,35 / 7	0,67 / 3	0,88 / 3	0,93 / 3	0,88 / 7	39 / 4
Г 8/17	4,63 / 10	4,60 / 8	5,65 / 8	5,13 / 9	1,05 / 8	0,81 / 8	0,79 / 6	0,81 / 9	67 / 10
Г 10/17	5,56 / 1	5,08 / 3	5,84 / 5	5,46 / 4	0,76 / 5	0,87 / 5	0,93 / 3	0,92 / 5	31 / 3
Дуэт, стандарт	2,73 / 12	4,49 / 10	4,75 / 11	4,62 / 11	0,26 / 2	0,95 / 2	0,89 / 4	0,66 / 11	63 / 9
Г 7/17	5,34 / 2	5,55 / 1	5,62 / 9	5,58 / 3	0,07 / 1	0,99 / 1	1,16 / 1	0,97 / 2	20 / 1
Г 15/17	5,16 / 7	5,23 / 2	5,95 / 3	5,59 / 2	0,72 / 4	0,88 / 4	0,97 / 2	0,96 / 3	27 / 2
Г 16/17	5,33 / 3	4,56 / 9	5,71 / 6	5,14 / 8	1,15 / 9	0,80 / 9	0,77 / 7	0,81 / 8	59 / 8

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Элемент 22, ст.	4,82 / 9	4,78 / 7	5,96 / 2	5,37 / 6	1,18 / 11	0,80 / 10	0,81 / 8	0,88 / 4	57 / 7
Г 11/17	5,26 / 6	4,97 / 5	5,86 / 4	5,42 / 5	0,89 / 7	0,85 / 6	0,89 / 5	0,90 / 6	44 / 5
Г14/17	5,31 / 4	4,83 / 6	6,61 / 1	5,72 / 1	1,78 / 12	0,73 / 12	0,74 / 9	0,99 / 1	46 / 6
Г17/17	4,83 / 8	3,99 / 11	5,36 / 10	4,68 / 10	1,37 / 10	0,74 / 11	0,63 / 11	0,66 / 10	81 / 11
Среднее по сортам	4,87	4,75	5,68						

Примечание. В числителе – значение показателя, в знаменателе – ранг.

При учете благоприятных и неблагоприятных условий выращивания используется суммарный балл по всем рассчитанным индексам. По полученным результатам суммарный балл варьировал от 20 до 83. Линии, имеющие минимальный суммарный ранг, вошли в группу наиболее устойчивых к неблагоприятным условиям выращивания, к ним были отнесены следующие: Г 7/17, Г 15/17, Г 10/17, Г 6/17.

Изучение связей между признаками играет большую роль в селекционной работе, эти связи могут быть использованы при отборе и создании желаемых сортов растений. Большинство признаков, определяющих урожайность, взаимосвязаны между собой, в результате чего изменение одних ведёт к изменению других [19].

По полученным данным нами были рассчитаны коэффициенты корреляции между индексами засухоустойчивости и урожайностью сортообразцов в благоприятных и стрессовых условиях.

Высокая положительная связь была выявлена между средней продуктивностью и индексом толерантности к стрессу (0,99), а также индексом стабильности урожайности (0,73); между индексом выносливости и индексом засухоустойчивости (0,89). Тесная положительная взаимосвязь была выявлена также между индексом стабильности и индексом толерантности к стрессу (0,76).

ВЫВОДЫ

1. Выделены перспективные образцы с высокой продуктивностью: в среднеспелой группе – Г 15/17, Г 7/17 Г 16/17, в среднеранней – Г10/17, Г 8/17 и Г 6/17, в среднепоздней – Г 11/17, Г 14/17 Г и Г 17/17.

2. По результатам расчета комплекса индексов засухоустойчивости были выделены 5 образцов с наименьшей суммой баллов - Г 6/17, Г 7/17, Г10/17, Г 11/17, Г 15/17.

3. Расчет коэффициентов корреляции позволил выявить высокую положительную связь между средней продуктивностью и индексом толерантности к стрессу (0,99), а также индексом стабильности урожайности (0,73); между индексом выносливости и индексом засухоустойчивости (0,89). Тесная положительная взаимосвязь была установлена также между индексом стабильности и индексом толерантности к стрессу (0,76), что говорит о согласованном изменении двух индексов, отражающем тот факт, что изменчивость одного из них находится в соответствии с изменчивостью другого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Оценка* экологической стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы селекции ГНУ СибНИИСХ и ТОО НПЦЗХ им. А.И. Бараева / Н.А. Якунина, Н.А. Поползухина, О.А. Шмакова [и др.] // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2013. – Т. 3, № 6. – С. 308–311. – EDN: RDISXP.

2. *Леушкина В.В., Поползухина Н.А., Кротова Л.А.* Физиолого-генетические аспекты адаптивности яровой мягкой пшеницы к условиям южной лесостепи Западной Сибири: монография. – Омск: Омский ГАУ, 2010. – 180 с.
3. *Володько И.К.* Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным условиям. – Минск: Наука и техника, 1983. – 213 с.
4. *Калашник Н.А., Поползухина Н.А., Михальцова М.Е.* Цитоплазматическая изменчивость пшеницы в селекции на адаптивность: монография. – Омск: Сфера, 2005. – 91 с.
5. '*Омская Юбилейная*' – адаптивный сорт яровой мягкой пшеницы для Сибирского региона / Н.А. Поползухина, П.В. Поползухин, А.А. Гайдар [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181, № 4. – С. 120–126. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-120-126; EDN: XQYSXU.
6. *Использование* индексов засухоустойчивости при изучении коллекции яровой мягкой пшеницы в условиях Актюбинской области / Ж.Т. Калыбекова, В.И. Цыганков, Е.В. Зуев, Л.Ю. Новикова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 3. – С. 85–95. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-85-95; EDN: CAIYFY.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. *Rosielle A.A., Hamblin J.* Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment // Crop Science. – 1981. – Vol. 21 (6). – P. 943–946. – DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X00 2100060033x.
9. *Bouslama M., Schapaugh Jr. W.T.* Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Science. – 1984/. – Vol. 24 (5). – P. 933–937. – DOI: 10.2135/crop sci1984.0011183X002400050026x.
10. *Lan J.* Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops // Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica. – 1998. – Vol. 7. – P. 85–87.
11. *Fernandez G.C.J.* Effective selection criteria for assessing stress tolerance // Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. – Taiwan: AVRDC, 1992. – P. 257–270.
12. *Пакуль В.Н., Плиско Л.Г.* Засухоустойчивость сортов яровой мягкой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 12–2 (78). – С. 49–52. – DOI: 10.23670/ IRJ.2018.78.12.046; EDN: YSUKIH.
13. *Зайцев Г.Н.* Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
14. *Efficiency* of drought tolerance indices under different stress severities for bread wheat selection / S. Bennani, N. Nsarellah, M. Jlibene [et al.] // Australian Journal of Crop Science. – 2017. – Vol. 11 (04). – P. 395–405. – DOI: 10.21475/ajcs.17.11.04.pne272.
15. *Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А.* Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – Вып. 2. – С. 120–126.
16. *Поползухина Н.А.* Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири на основе сочетания индуцированного мутагенеза и гибридизации: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2004. – 36 с.
17. *Якунина Н.А.* Экологическое сортоизучение яровой мягкой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири и степи Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.–х. наук. – Тюмень, 2018. – 16 с.
18. *Земцова Е.С., Боме Н.А.* Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 2 (62). – С. 23–28. – DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28.
19. *Шмакова О.А., Поползухина Н.А.* Адаптивность яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Прииртышья: монография. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – 128 с.

REFERENCES

1. Yakunina N.A., Popolzukhina N.A., Shmakova O.A., *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*, 2013, Vol. 3, No. 6, pp. 308–311, EDN: RDISXP. (In Russ.)

2. Leushkina V.V., Popolzukhina N.A., Krotova L.A., *Fiziologo-geneticheskiye aspekty adaptivnosti yarovoy myagkoy pshenitsy k usloviyam yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Physiological and genetic aspects of the adaptability of spring bread wheat to the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia), Omsk: Omsk State Agrarian University, 2010, 180 p.
3. Volodko I.K., *Mikroelementy i ustoychivost' rasteniy k neblagopriyatnym usloviyam* (Microelements and plant resistance to adverse conditions), Minsk: Science and Technology, 1983, 213 p.
4. Kalashnik N.A., Popolzukhina N.A., Mikhaltsova M.E., *Tsitoplazmaticheskaya izmenchivost pshenitsy v selektsii na adaptivnost* (Cy toplasmic variability of wheat in breeding for adaptability), Omsk: Sfera, 2005, 91 p.
5. Popolzukhina N.A., Popolzukhin P.V., Gaidar A.A. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2020, Vol. 181, No. 4, pp. 120–126, DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-120-126, EDN: XQYSXU. (In Russ.)
6. Kalybekova J.T., Tsygankov V.I., Zuev E.V., Novikova L.Y., *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2022, Vol. 183, No. 3, pp. 85–95, DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-85-95, EDN: CAIYFY. (In Russ.)
7. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field trial), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
8. Rosielle A.A., Hamblin J., Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment, *Crop Science*, 1981, Vol. 21 (6), pp. 943–946, DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X00 2100060033x.
9. Bouslama M., Schapaugh Jr. W.T., Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance, *Crop Science*, 1984, Vol. 24 (5), pp. 933–937, DOI: 10.2135/crops ci1984.0011183X002400050026x.
10. Lan J., Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops, *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 1998, Vol. 7, pp. 85–87.
11. Fernandez G.C.J., Effective selection criteria for assessing stress tolerance, *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*, Taiwan: AVRDC, 1992, pp. 257–270.
12. Pakul V.N., Plisko L.G., *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2018, No 12–2 (78), pp. 49–52, DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.046, EDN: YSUKIH. (In Russ.)
13. Zaitsev G.N., *Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* (Methodology of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany), Moscow: Nauka,1973, 256 p.
14. Bennani S., Nsarellah N., Jlibene M., Tadesse W., Birouk A., Ouabbou H., Efficiency of drought tolerance indices under different stress severities for bread wheat selection, *Australian Journal of Crop Science*, 2017, Vol. 11 (04), pp. 395–405, DOI: 10.21475/ajcs.17.11.04.pne272.
15. Perevedentsev Y.P., Sharipova R.B., Vazhnova N.A., *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, 2012, Vol. 2, pp. 120–126. (In Russ.).
16. Popolzukhina N.A., *Selektsiya yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri na osnove sochetaniya indutsirovannogo mutageneza i gibridizatsii* (Breeding of spring wheat in western Siberia based on combination of induced mutagenesis and hybridization), Abstract of thesis, Omsk, 2004. 36 p. (In Russ.).
17. Yakunina N.A., *Ekologicheskoe sortoizuchenie yarovoy myagkoy pshenitsy v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri i stepi Severnogo Kazakhstana* (Ecological varietal study of spring soft wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia and the steppe of Northern Kazakhstan), abstract of Ph. Candidate of Agricultural Sciences, Tyumen, 2018, 16 p.
18. Zemtsova E.S., Bome N.A., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, Vol. 16, No. 2 (62), pp. 23–28, DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28.
19. Shmakova O.A., Popolzuhina N.A., *Adaptivnost' jarovoj mjagkoj pshenicy v uslovijah Srednego Priirtysh'ja* (Adaptability of spring soft wheat in the conditions of the Middle Irtysh region), Omsk: Izd-vo FGBOU VPO OmGAU, 2008, 128 p.