

Главный редактор:

А. Ф. Туманян – д. с.-х. н., проф.

Редакционный совет:

Н. Н. Дубенок – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; В. М. Косолапов – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; А. Л. Иванов – академик РАН, д.б.н., проф.; К. Н. Кулик – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; И.М. Куликов – академик РАН, д.эконом.н., проф.; В. Ф. Пивоваров – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; М. С. Гинс – член-корреспондент РАН, д.б.н., проф.; Н. В. Тютюма – д.с.-х.н., член-корреспондент РАН; В. Г. Плющихов – д.с.-х.н., проф.; С. Н. Еланский – д.б.н.; М. М. Оконов – член-корр. РАЕН, д.с.-х.н., проф.; Ю. В. Трунов – д.с.-х.н., проф.; А. Н. Арилов – д.с.-х.н., проф.; Ю. А. Ватников – д.в.н., проф.; Н. В. Донкова – д.в.н., проф.; Т. С. Кубатбеков – д.б.н., доцент; Е. М. Ленченко – д.в.н., проф.; В. Е. Никитченко – д.в.н., проф.; Н. Н. Балашова – д.э.н., проф.; В. М. Пизенгольц – д.э.н., проф.; Н. Н. Скитер – д.э.н., проф.; Т. В. Папаскири – д.э.н., проф.; М.И. Сложенкина – д.б.н., проф. РАН, проф.; В. Ф. Гороховский – д.с.-х.н., проф.; Аль-Азауи Нагам Маджид Хамид, проф.; М.Ф. Григорьев – д.с.-х.н., доцент

Head editor:

A. F. Tumanyan – Dr. Agr. Sci., Prof.

Editorial Board:

N. N. Dubenok – RAS memb.; V. M. Kosolapov – RAS memb.; A. L. Ivanov – RAS memb.; K. N. Kulik – RAS memb.; I.M. Kulikov – RAS memb.; V. F. Pivovarov – RAS memb.; M. S. Gins – RAS cor.m.; N. V. Tyutyuma – RAS cor.m.; V. G. Plyushchikov – Dr.Sc.agr.; S. N. Elanskij – Dr.Sc.biol.; M. M. Okonov – RAEN cor.m.; Yu. V. Trunov – Dr.Sc.agr.; A. N. Arilov – Dr.Sc.agr.; Yu. A. Vatnikov – Dr.Sc.vet.; N. V. Donkova – Dr.Sc.vet.; T. S. Kubatbekov – Dr.Sc.biol.; E. M. Lenchenko – Dr.Sc.vet.; V. E. Nikitchenko – Dr.Sc.vet.; N. N. Balashova – Dr.Sc.econ.; V. M. Pizengol's – Dr.Sc.econ.; N. N. Skiter – Dr.Sc.econ.; T. V. Papaskiri – Dr.Sc.econ.; M.I. Slozhenkina – Dr.Sc.biol.; V. F. Gorokhovskiy – Dr.Sc.agr.; Nagham Majeed Hameed; M. F. Grigoriev – Dr.Sc.agr

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№4(66) 2025

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4

Содержание**Общее земледелие, растениеводство**

Е. В. Гайдамакина, В. А. Фёдорова, Е. В. Ячменёва
Продуктивность и адаптивность перспективных сортов яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья..... 3

А. Н. Карачаев, Т. С. Астарханова
Продуктивность сортов ярового рапса на фоне применения доз агрохимиката Лигногумат марки ДМ в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана..... 8

В. А. Фёдорова, Е. В. Гайдамакина
Адаптационная оценка перспективных сортов озимой тритикале в аридных условиях Северного Прикаспия.....12

А. Ю. Гусейнбеков, Т. С. Астарханова
Перспективы применения агрохимиката Лигногумат марки В-Fe на посадках сортов томата18

А. А. Березкин, Д. А. Хаипов, М. Ю. Пучков
Изучение влияния протравителей семян на рост и развитие пшеницы.....22

Селекция, семеноводство и биотехнология растений

О. П. Кибальник, Е. А. Черкасова, С. В. Кибальник
Оценка засухоустойчивости изоядерных гибридов F1 сорго на основе А3, А4 и 9Е типов стерильных цитоплазм.....27

М. И. Дулов
Генетический полиморфизм генов биосинтеза этилена и выявление ценных комбинаций аллелей у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Северной Европы34

М. И. Дулов
Генетический полиморфизм генов биосинтеза этилена и выявление ценных комбинаций аллелей у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Восточной Европы.....40

М. И. Дулов
Генетический полиморфизм генов биосинтеза этилена и выявление ценных комбинаций аллелей у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Западной Европы45

Н. А. Зайцева, А. Ф. Туманян, И. И. Климова, А. А. Донаева
Результаты воздействия солевого стресса на сафлор красильный50

Н. А. Зайцева, Н. В. Тютюма, А. Ф. Туманян, А. А. Донаева
Перспективные линии *Carthamus tinctorius* L. в богарных условиях аридной зоны Северного Прикаспия55

Н. В. Тютюма, С. Т. Авдеева
Агробιοлогическое сортоизучение перца сладкого в условиях светло-каштановых почв Астраханской области.....61

Региональная и отраслевая экономика

И. В. Орбинская, И. П. Литвинов
Влияние отраслевых кластеров на повышение конкурентоспособности в национальной экономике65

Редактор
Н. А. Зайцева

Оформление и верстка
В. В. Земсков

Адрес редакции:
105318, г. Москва,
Измайловское шоссе, д. 20-1Н

е-mail: agrobio@list.ru.
Интернет: <http://www.nitu.ru>

При перепечатке любых
материалов ссылка на журнал
«Теоретические и прикладные
проблемы агропромышленного
комплекса» обязательна.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых
коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
СМИ ПИ ФС77-35867 от 31 марта
2009 года.

ISSN 2221-7312

Включен в перечень изданий
Высшей аттестационной комиссии
Министерства образования
и науки РФ

Формат 60 × 84 1/8

Тираж 1000 экз.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, предоставленных авторами для публикации. Материалы авторов не возвращаются.

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»
424006, Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

THEORETICAL & APPLIED PROBLEMS OF AGRO-INDUSTRY

№4(66) 2025

Contents

General Agriculture, Crop Production

E. V. Gaidamkina, V. A. Fedorova, E. V. Yachmenyova
Productivity and Adaptability of Promising Spring Wheat Varieties
in the Lower Volga Region..... 3

A. N. Karachaev, T. S. Astarkhanova
Productivity of Spring Canola Varieties Against the Background
of the Use Of Lignogumate Agrochemical Dose: DM in the Conditions
of the Tersko-Sulak Subprovince of Dagestan..... 8

V. A. Fedorova, E. V. Gaydamakina
Adaptation Evaluation of Promising Winter Triticale Varieties
in Arid Conditions of the Northern Precaspian Region.....12

A. Yu. Huseynbekov, T. S. Astarkhanova
Prospects for the Use of Agrochemicals
of the Lignohumate Brand B-Fe on Tomato Plantings18

A. A. Berezkin, D. A. Khaipov, M. Y. Puchkov
Studying the Influence of Seed Products on the Growth
and Development of Wheat22

Selection and Seed Farming of Agricultural Plants

O. P. Kibalnik, E. A. Cherkasova, C. V. Kibalnik
Assessment of Drought Resistance of Isonuclear F1 Sorghum
Hybrids Based on A3, A4 and 9E Types of Sterile Cytoplasm27

M. I. Dulov
Genetic Polymorphism of Ethylene Biosynthesis Genes
and Identification of Valuable Combinations of Alleles in Apple Varieties
of the Autumn Ripening Period of Fruits from the Nordic Countries34

M. I. Dulov
Genetic Polymorphism of Ethylene Biosynthesis Genes
and Identification of Valuable Combinations of Alleles in Apple Varieties
of the Autumn Ripening Period of Fruits from Eastern European Countries.....40

M. I. Dulov
Genetic Polymorphism of Ethylene Biosynthesis Genes
and Identification of Valuable Combinations of Alleles in Apple Varieties
of the Autumn Ripening Period of Fruits from Western European Countries45

N. A. Zaitseva, A. F. Tumanyan, I. I. Klimova, A. A. Donaeva
Results of the Effect of Salt Stress on Saflower50

N. A. Zaitseva, N. V. Tyutyuma, A. F. Tumanyan, A. A. Donaeva
Promising Lines of *Carthamus Tinctorius* L. in Dryland Conditions
of the Arid Zone of the Northern Caspian Region.....55

N. V. Tyutyuma, S. T. Avdeeva
Agrobiological Varietal Study of Sweet Pepper in the Conditions
of Light Chestnut Soils of the Astrakhan Region61

Economy

I. V. Orobinskaya, I. P. Litvinov
The Impact of Industry Clusters on the Improvement
of Competitiveness in the National Economy.....65

Продуктивность и адаптивность перспективных сортов яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья

УДК 633.11:631.527

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-3-7

Е. В. Гайдамакина (к.с.–х.н.), **В. А. Фёдорова** (к.с.–х.н.), **Е. В. Ячменёва**
Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
rfn.yz2009@mail.ru

Выращивание зерна в аридной зоне Нижнего Поволжья затруднено из-за климатических условий. В данном контексте актуализируется потребность в разработке новых, конкурентоспособных генотипов яровой пшеницы, демонстрирующих повышенную устойчивость к комплексу абиотических стрессоров. Следовательно, для селекции таких сортов необходим генетический ресурс, характеризующийся выраженной засухоустойчивостью и потенциалом стабильной урожайности. Предметом настоящего исследования являлся анализ генофонда яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения с целью идентификации сортов, пригодных для культивирования в условиях засушливого климата Астраханской области. Определение адаптивности зерновых культур к неблагоприятным погодным условиям осуществляется путем изучения их реакции на факторы окружающей среды и формирования урожая в течение всего периода развития. Это помогает в выборе сортов, лучше всего подходящих для конкретных климатических условий. Исследования проводились в коллекционном питомнике на опытных полях Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН. Объектами служили 30 образцов яровой пшеницы. В статье представлены результаты трехлетних испытаний сортов яровой пшеницы в богарных условиях Нижнего Поволжья. Сравнительная оценка адаптивности и урожайности образцов мягкой пшеницы по годам исследования (2023–2025 гг.) выявила наиболее продуктивные и стабильные из них. Образцы Альбидум 29, SU TARRAFAL, Асар, 66246 и Chi 85-4268 продемонстрировали стабильно высокие показатели коэффициента адаптивности, который в среднем за годы исследования составил 1,28–1,34. Средняя урожайность выделенных сортов варьировала в пределах 1,99–2,06 т/га. Полученные результаты свидетельствуют о том, что данные сорта подходят для возделывания в засушливых условиях Астраханской области, а также могут быть использованы в селекционной работе.

Ключевые слова: климатические условия, перспективные сорта, урожайность, адаптивность.

Введение

Одной из проблем сельскохозяйственного производства является высокая зависимость величины и качества урожая от почвенно-климатических и погодных условий. Поэтому вся история развития мирового сельского хозяйства с полным основанием может рассматриваться как процесс непрерывной адаптации сельскохозяйственного производства к особенностям местного климата, почвы, рельефа, «капризам» погоды.

Тяжелые климатические особенности Астраханского региона серьезно осложняют выращивание зерна: полупустынная природа этой местности в первую очередь известна своими регулярными засухами весной и летом. Небольшое количество выпадающих осадков в сочетании с высокими температурами обуславливают низкую влажность воздуха и почвы, а также частое возникновение суховея [1–3].

Как правило, с ростом урожайности снижается сопротивляемость к неблагоприятным условиям, а величина урожая в большей степени определяется погодными условиями, нежели применяемыми методами агротехники. Увеличение продуктивности тесно связано со способностью сельскохозяйственных культур адаптироваться к окружающей среде и противостоять ее негативному влиянию. Поэтому поиск и разработка эффективных способов повышения устойчивости

растений к стрессовым ситуациям является одной из важнейших задач для данного региона [4–7].

В этой местности остро ощущается потребность в новых, конкурентоспособных сортах яровой пшеницы, способных выдерживать разнообразные неблагоприятные воздействия окружающей среды. Следовательно, для выведения подобных сортов необходим генетический материал, выделяющийся повышенной способностью переносить засуху и давать стабильный урожай.

Задача исследования заключалась в анализе коллекции яровой пшеницы разного экологического и географического происхождения и определении сортов, приспособленных к засушливому климату Астраханской области [8,9].

Материал и методы исследования

Исследования проводились на опытных участках Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН в естественных условиях.

Объектами исследований служили 30 образцов яровой пшеницы.

В рамках данного исследования мы изучали сорта яровой пшеницы, чтобы выявить те, которые оптимально адаптированы к климатическим особенностям Нижнего Поволжья, с целью выделения образцов, демонстрирующих высокую адаптивность к аридному климату, учитывая их хозяйственную ценность.

Опытное поле расположено в 2 км северо-западнее села Солёное Займище. Почвенный покров участка включает типичные для зоны светло-каштановые солонцеватые почвы.

Закладку полевого опыта выполняли по методическим рекомендациям Всероссийского НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова [10]. В полевых опытах использована общепринятая агротехника возделывания яровой мягкой пшеницы. Посев образцов проводили в оптимальные сроки на делянках 1 м², разделительные полосы между делянками — 0,3 м. Общая площадь коллекционного питомника составляла 33 м². Предшественником для коллекционного питомника яровой пшеницы являлся ранний пар.

Делянки в опыте располагались систематически — порядочно последовательно. Посев проводился вручную с нормой высева 350 шт./м².

Стандартом служил районированный в Нижнем Поволжье сорт яровой пшеницы Саратовская 70 [11].

Вегетация растений в 2023–2025 гг. проходила в условиях чередования засушливых периодов с достаточной влагообеспеченностью в разные периоды.

2023 год — оптимальные погодные условия весенне-летнего периода способствовали интенсивному росту и развитию яровой пшеницы. Это было связано с достаточным количеством осадков (101,5 мм за весну) и благоприятным температурным режимом в период кущения и активного роста яровых культур.

2024 год — метеорологические условия весенне-летнего периода были не самыми благоприятными для возделывания зерновых культур. Недостаток осадков (2,0 мм за весенние месяцы) негативно сказывался на кущении, однако оптимальная температура воздуха и достаточный запас продуктивной влаги в метровом слое почвы (186,82 мм) способствовали росту и развитию яровой пшеницы. За весь период вегетации выпало

всего 9,1 мм осадков. ГТК составил 0,1, что указывает на остросушливый характер периода.

2025 год — в начале вегетационного периода (всходы – кущение) наблюдалось резкое понижение температуры воздуха (заморозки от –2,1 до –3,7°C), что негативно сказалось на онтогенезе растений яровой пшеницы и привело к снижению показателей урожайности.

Результаты исследования и их обсуждение

Комплексное изучение образцов яровой мягкой пшеницы в 2023–2025 гг. выявило неоднородность материала по продуктивности и ценным признакам. Эта вариабельность обусловлена как генетическими особенностями сортов, так и влиянием абиотических факторов среды, включая климатические условия и агротехнические приемы, применяемые в регионе возделывания.

Урожайность яровой пшеницы в богарных условиях в период 2023–2025 гг. варьировала по сортам и по годам исследования.

Наиболее перспективными сортами, продемонстрировавшими стабильно высокую урожайность и существенное превышение над стандартом, стали: Chi 85-4268 со средней урожайностью 2,06 т/га и максимальным отклонением от стандарта в +0,74 т/га (+56,06%), 66246 со средней урожайностью 2,05 т/га и отклонением +0,73 т/га (+55,3%), SU TARRAFAL со средней урожайностью 2,02 т/га и отклонением +0,7 т/га (+53,03%), Альбидум 29 со средней урожайностью 1,99 т/га и отклонением +0,67 т/га (+50,76%), Асар со средней урожайностью 1,97 т/га и отклонением +0,65 т/га (+49,24%) (табл. 1).

Сравнивая адаптивность яровой пшеницы за три года исследований, можно отметить, что она варьирует в широких пределах, как между сортами, так и по годам.

Табл. 1. Урожайность яровой пшеницы в богарных условиях, 2023–2025 гг.

Сорт	Урожайность, т/га				Отклонение от стандарта	
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее	т/га +/-	%
1	2	3	4	5	6	7
Саратовская 70–St	1,56	1,36	1,03	1,32	–	–
Corso	1,89	1,64	1,12	1,55	+0,23	17,42
M83-1601	2,13	1,93	1,42	1,83	+0,51	38,64
M78-9496	1,82	1,64	1,34	1,60	+0,28	21,21
Chi mai 1	2,16	1,67	1,12	1,65	+0,33	25,00
66445	1,84	1,64	1,37	1,62	+0,30	22,73
Line Sr32	1,49	1,38	0,87	1,25	–0,07	–5,30
Альбидум 29	2,49	2,00	1,47	1,99	+0,67	50,76
Донская элегия	1,63	1,52	1,36	1,50	+0,18	13,63
Дордой 16	1,47	1,47	1,10	1,35	+0,03	2,27
Meta-2002	1,52	1,39	0,86	1,26	–0,06	–4,55
Belukha	1,68	1,51	1,14	1,44	+0,12	9,09
Dian 852-181	1,47	1,42	1,20	1,36	+0,04	3,03
Chi 85-4268	2,69	2,30	1,19	2,06	+0,74	56,06
Гонец	1,64	1,52	0,88	1,35	+0,03	2,27

Общее земледелие, растениеводство

1	2	3	4	5	6	7
Награда	1,81	1,63	0,69	1,38	+0,06	4,55
Parabola	1,45	1,45	1,07	1,32	0,00	0,00
Пексесо	1,40	1,34	1,15	1,30	-0,02	-1,52
Экада 265	1,39	1,29	1,05	1,24	-0,08	-6,06
100 лет ТАССР	2,03	1,90	1,06	1,66	+0,34	25,76
KWS Sharki	1,91	1,84	1,24	1,66	+0,34	25,76
SU TARRAFAL	2,38	2,15	1,53	2,02	+0,70	53,03
Асар	2,20	2,09	1,61	1,97	+0,65	49,24
Гречанка	2,01	1,97	1,19	1,72	+0,40	30,30
Nil avocet s yr7	1,82	1,70	1,07	1,53	+0,21	15,91
66246	2,63	2,09	1,43	2,05	+0,73	55,30
Добрая	2,09	1,67	1,17	1,64	+0,32	24,24
Никон	1,45	1,37	0,72	1,18	-0,14	-10,61
Экада 258	1,00	0,98	1,35	1,11	+0,21	-15,91
Безенчукская 205	1,05	1,05	1,21	1,10	-0,22	16,68

Это свидетельствует о значительном влиянии погодных условий каждого года на реализацию потенциала сортов (табл. 2).

2023 год характеризуется наличием наиболее высоких показателей коэффициента адаптивности

некоторых сортов пшеницы за годы изучения (Chi 85-4268 — 1,49, 66246 — 1,46). В 2024 г. наблюдается некоторое выравнивание показателей по сравнению с 2023 годом. Сорта с высокими значениями в 2023 г. показали снижение (Chi 85-4268 — 1,41), но при этом

Табл. 2. Коэффициент адаптивности яровой пшеницы 2023-2025 гг.

Сорт	Коэффициент адаптивности			
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
Саратовская 70– St	0,86	0,83	0,88	0,86
Corso	1,05	1,01	0,95	1,01
M83-1601	1,18	1,18	1,21	1,19
M78-9496	1,01	1,01	1,14	1,05
Chi mai 1	1,20	1,02	0,96	1,08
66445	1,02	1,01	1,18	1,06
Line Sr32	0,83	0,85	0,74	0,82
Альбидум 29	1,38	1,23	1,26	1,30
Донская элегия	0,90	0,93	1,16	0,98
Дорлой 16	0,81	0,90	0,94	0,88
Meta-2002	0,84	0,85	0,73	0,82
Belukha	0,93	0,92	0,97	0,94
Dian 852-181	0,81	0,87	1,03	0,89
Chi 85-4268	1,49	1,41	1,01	1,35
Гонец	0,91	0,93	0,75	0,88
Награда	1,00	1,00	0,59	0,90
Parabola	0,80	0,89	0,91	0,86
Пексесо	0,78	0,82	0,98	0,85
Экада 265	0,77	0,79	0,90	0,81
100 лет ТАССР	1,12	1,16	0,90	1,08
KWS Sharki	1,06	1,13	1,06	1,08
SU TARRAFAL	1,32	1,31	1,30	1,32
Асар	1,22	1,28	1,38	1,29
Гречанка	1,12	1,21	1,01	1,12
Nil avocet s yr7	1,01	1,04	0,91	1,00
66246	1,46	1,28	1,22	1,34
Добрая	1,16	1,02	1,00	1,07
Никон	0,81	0,84	0,61	0,77
Экада 258	0,56	0,60	1,15	0,72
Безенчукская 205	0,58	0,64	1,03	0,72
Среднесортная урожайность, т/га	1,80	1,63	1,17	1,53

появились новые лидеры с высокими показателями (SU TARRAFAL — 1,31, Асар — 1,29). В 2025 г. отмечается значительное снижение адаптивности у ряда сортов, которые ранее показывали хорошие результаты (Награда — 0,59, Никон — 0,61, Мета-2002 — 0,73). В то же время, некоторые сорта, имевшие средние показатели, продемонстрировали небольшой рост (Донская элегия — 1,16, Экада 258 — 1,15).

Некоторые сорта, такие как М83-1601, Альбидум 29, Chi 85-4268, SU TARRAFAL и Асар, демонстрируют стабильно высокие показатели адаптивности на протяжении всех трех лет исследований. Это говорит об их высокой устойчивости к богарным условиям и потенциале для широкого распространения.

Ряд сортов показывает значительные колебания адаптивности. Например, Chimai 1и Награда имели высокие показатели в первые два года, но значительно снизили их в 2025 г. Обратная ситуация наблюдается у Донской элгии и Экада 258, которые показали существенный рост адаптивности в последний год. Это

может быть связано с особенностями их реакции на конкретные климатические условия.

Значительное превосходство над средним показателем адаптивности за годы исследования показали сорта Chi 85-4268 (1,34), Альбидум 29 (1,30), SU TARRAFAL (1,32) и 66246 (1,34), Асар (1,29), что делает их перспективными для возделывания в данной зоне.

Выводы

По результатам исследования можно сделать вывод, что наиболее высокой продуктивностью и адаптивностью в богарных условиях за период 2023-2025 гг. отличались сорта Альбидум 29, SU TARRAFAL, Асар, 66246 и Chi 85-4268. Данные образцы продемонстрировали стабильно высокие показатели адаптивности и относительную стабильность урожайности во все годы наблюдений. Выделившиеся сорта представляют особый интерес для дальнейшего использования в селекционной работе и внедрения их в производство.

Литература

1. Гайдамакина, Е.В. Новый исходный материал зерновых культур для аридной зоны Прикаспия / Е.В. Гайдамакина, Н.В. Тютюма, И.И. Климова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. — 2009. — Т. 166. — С. 47-51.
2. Шарипова, Р.Б. Оценка влияния основных агроклиматических показателей на урожайность зерновых культур в XXI веке (по данным Ульяновской области) / Р.Б. Шарипова, О.Г. Зотов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — 2024. — Т. 17. — № 2. — С. 23-33.
3. Кадычегова, В.И. Параметры адаптивности урожайности яровой мягкой пшеницы в сухостепной зоне Республики Хакасия / В.И. Кадычегова, Н.А. Платонова, К.Г. Катаева // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. — 2022. — № 1 (39). — С. 117-120.
4. Терехин, Н.М. Адаптивность новых сортов пшеницы Дальневосточной селекции по некоторым параметрам качества зерна / Н.М. Терехин, А.Н. Мищенко, М.В. Терехин // Экосистемы: экология и динамика. — 2023. — Т. 7. — № 4. — С. 111-125.
5. Никитина, В.И. Оценка образцов яровой мягкой пшеницы Сибирской селекции по адаптивности в условиях Красноярской лесостепи / В.И. Никитина, Д.Ф. Федосенко // Вестник КрасГАУ. — 2020. — № 1. (154). — С. 47-52.
6. Морозов, Н.А. Оценка исходного материала ярового ячменя на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края / Н.А. Морозов, И.В. Самсонов, Н.А. Панкратова // Зерновое хозяйство России. — 2021. — № 5 (77). — С. 29-34.
7. Животков, Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» / Л.А. Животков, З.А. Морозова, А.И. Секатуева // Селекция и семеноводство. — 1994. — № 2. — С. 3-6.
8. Федорова, В.А. Оценка адаптационных возможностей сортообразцов яровых зерновых культур в аридных условиях Астраханской области / Н.А. Наумова, Е.В. Ячменёва, Ю.П. Тарасенкова // Аграрный научный журнал. — 2019. — № 9. — С. 25-30.
9. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур / И.А. Рыбась // Сельскохозяйственная биология. — 2016. — Т. 51. — № 5. — С. 617-626.
10. Методические рекомендации по изучению мировых коллекций зерновых культур [Текст] / Всесоюз. ордена Ленина акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Всесоюз. ордена Ленина науч.-исслед ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. — Ленинград: [б. и.] — 1967. — 17 с.
11. Тютюма, Н.В. Изучение интродуцированных сортов яровой пшеницы в аридных условиях Астраханской области / Н.В. Тютюма, А.Ф. Туманян, В.А. Федорова, Е.В. Ячменёва, Н.А. Наумова // Теоретические и прикладные проблемы АПК. — 2019. — № 1 — С. 3-6.

References

1. Gaidamakina, E.V. New source material for grain crops in the arid zone of the Caspian Sea / E.V. Gaidamakina, N.V. Tyutyuma, and I.I. Klimova // Proceedings on Applied Botany, Genetics, and Breeding. — 2009. — Vol. 166. — Pp. 47-51.
2. Sharipova, R.B. Assessment of the Influence of the Main Agroclimatic Indicators on the Yield of Grain Crops in the XXI Century (Based on Data from the Ulyanovsk Region) / R.B. Sharipova, O.G. Zotov // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. — 2024. — V. 17. — No. 2. — P. 23-33.
3. Kadichegova, V.I. Parameters of adaptability of yield of spring soft wheat in the dry steppe zone of the Republic of Khakassia / V.I. Kadichegova, N.A. Platonova, K.G. Kataeva // Bulletin of Khakass State University named after N.F. Katanov. — 2022. — No. 1 (39). — Pp. 117-120.

4. Terekhin, N.M. Adaptability of New Varieties of Far Eastern Selection Wheat by Some Grain Quality Parameters / N.M. Terekhin, L.N. Mishchenko, M.V. Terekhin // *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. – 2023. – Vol. 7. – No. 4. – Pp. 111-125.
5. Nikitina, V.I. Evaluation of Siberian Soft Spring Wheat Varieties for Adaptability in the Krasnoyarsk Forest-Steppe Region / V.I. Nikitina, D.F. Fedosenko // *Vestnik KrasGAU*. – 2020. – No. 1. (154). – Pp. 47-52.
6. Morozov, N.A. Assessment of the spring barley source material for adaptability to the arid conditions of the Stavropol Territory / N.A. Morozov, I.V. Samsonov, N.A. Pankratova // *Grain Economy of Russia*. – 2021. – No. 5 (77). – Pp. 29-34.
7. Zhivotkov, L.A. Methodology for Identifying the Potential Productivity and Adaptability of Varieties and Breeding Forms of Winter Wheat Based on the Yield Parameter / L.A. Zhivotkov, Z.A. Morozova, and L.I. Sekatueva // *Selection and Seed Production*. – 1994. – No. 2. – pp. 3-6.
8. Fedorova, V.A. Assessment of the adaptive capabilities of spring grain variety samples in arid conditions of the Astrakhan region / N.A. Naumova, E.V. Yachmeneva, Yu.P. Tarasenkova // *Agrarian Scientific Journal*. – 2019. – No. 9. – Pp. 25-30.
9. Rybas, I.A. Increasing adaptivity in the breeding of grain crops / I.A. Rybas // *Agricultural biology*. – 2016. – Vol. 51. – No. 5. – Pp. 617-626.
10. Methodological recommendations for the study of world collections of grain crops [Text] / The All-Union. Order of Lenin of the V. I. Lenin Academy of Agricultural Sciences. The All-Union. Order of Lenin Scientific Research Institute of Plant Breeding named after N. I. Vavilov. Leningrad: [B. I.], 1967, 17 p.
11. Tyutyuma, N.V. Study of Introduced Varieties of Spring Wheat in the Arid Conditions of the Astrakhan Region / N.V. Tyutyuma, A.F. Tumanian, V.A. Fedorova, E.V. Yachmeneva, and N.A. Naumova // *Theoretical and Applied Problems of the Agro-Industrial Complex*. – 2019. – No. 1 – Pp. 3-6.

E. V. Gaidamakina, V. A. Fedorova, E. V. Yachmenyova

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
rfn.yz2009@mail.ru

PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF PROMISING SPRING WHEAT VARIETIES IN THE LOWER VOLGA REGION

Grain cultivation in the arid zone of the Lower Volga region is difficult due to the climatic conditions. In this context, there is a need to develop new, competitive spring wheat genotypes that demonstrate increased resistance to a complex of abiotic stressors. Therefore, the selection of such varieties requires a genetic resource with pronounced drought tolerance and potential for stable yields. The subject of this study was the analysis of the spring wheat gene pool of various ecological and geographical origin in order to identify varieties suitable for cultivation in the arid climate of the Astrakhan region. The determination of the adaptability of grain crops to adverse weather conditions is carried out by studying their response to environmental factors and the formation of yields throughout the entire development period. This helps in selecting the varieties that are best suited for specific climatic conditions. The research was conducted in a collection nursery on the experimental fields of the PAFSC RAS. The objects were 30 samples of spring wheat. The article presents the results of three-year trials of spring wheat varieties in the rain-fed conditions of the Lower Volga region. A comparative assessment of the adaptability and yield of soft wheat samples over the years of the study (2023–2025) revealed the most productive and stable ones. The samples of Albidum 29, SU TARRAFAL, Asar, 66246, and Chi 85–4268 demonstrated consistently high adaptability coefficients, which averaged 1.28–1.34 over the years of the study.

The average yield of the selected varieties ranged from 1.99–2.06 t/ha. These results indicate that these varieties are suitable for cultivation in the arid conditions of the Astrakhan region and can be used in breeding work.

Key words: climatic conditions, promising varieties, yield, adaptability.

Продуктивность сортов ярового рапса на фоне применения доз агрохимиката Лигногумат марки ДМ в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана

УДК 633.853.494:631.524.84]:631.174

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-8-11

А. Н. Карачаев, Т. С. Астарханова (д.с.-х.н.)
Дагестанский государственный аграрный университет,
tamara-ast@mail.ru

Проблема повышения урожайности сельскохозяйственных культур остается одной из ключевых для аграрного сектора многих стран. Особое место в числе важных масличных культур, занимает рапс яровой, благодаря своей экономической и пищевой ценности. Для повышения продуктивности данной культуры многие исследователи рекомендуют применять агрохимикаты для внекорневой подкормки растений. В Республике Дагестан такие вопросы практически не изучены, в связи с чем актуальным является проведение полевых исследований, направленных на решение данной проблемы. Полевые исследования были проведены в 2023–2025 гг. на светло-каштановых почвах Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. В результате установлено, что применяемые дозы агрохимиката Лигногумат марки ДМ оказали положительное влияние на продуктивность возделываемых сортов ярового рапса. На контрольном варианте площадь листьев в среднем по сортам составила 32,7 тыс. м²/га. На втором варианте (2 л/га) она повысилась на 4%. При внекорневой обработке дозой агрохимиката 3 л/га листовая поверхность по сравнению с контролем увеличилась на 8,6%. Наиболее существенный показатель (37,5 тыс. м²/га) отмечен на варианте с дозой 4 л/га. Сорта ярового рапса максимальную урожайность (в среднем по вариантам опыта — 2,46 т/га) сформировали при опрыскивании растений дозой 4 л/га. Превышение по сравнению с контролем составило 39,8%. В среднем по вариантам опыта, урожайность сортов ярового рапса на посевах сорта Галант составила 1,91 т/га. Наибольшую урожайность, на уровне 2,35 т/га сформировал сорт Флагман, разница по сравнению со стандартом составила 23%.

Ключевые слова: Терско-Сулакская подпровинция Дагестана, яровой рапс, сорта, агрохимикат Лигногумат марки ДМ, дозы применения, фотосинтетическая деятельность, урожайность.

Введение

Одной из ключевых для аграрного сектора многих стран остается проблема повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Благодаря своей экономической и пищевой ценности, особое место в числе важных масличных культур, занимает рапс яровой [1, 2].

Рапс — сельскохозяйственная масличная культура, богатая содержанием масла (до 50%), белка — 30%, клетчатки — 7% и до 30% пищевых волокон.

Рапс — селекционное растение, не встречающееся в диком виде, все части которого представляют интерес для производителя. Из семян изготавливают масло, причем как пищевое, так и техническое. Рапсовый жмых — богатый белком корм для сельскохозяйственных животных. Зеленая масса также используется в качестве корма, но помимо этого, ее скашивание стимулирует быстрый рост и обеспечивает высокий урожай — это уникальная особенность данной масличной культуры. Таким образом, безотходное возделывание рапса является ключевым фактором, заставляющим фермеров по всему миру выращивать рапс в промышленных масштабах. Благодаря усилиям селекционеров удалось снизить содержание эруковой кислоты в масле рапса, сделав его качественным аналогом оливкового масла с большим выходом готового продукта.

Помимо этого, рапс улучшает структуру и фитосанитарное состояние почвы, а также улучшает накопление органического вещества, что приводит к увеличению урожайности последующих культур в севообороте на 5–6 ц/га без каких-либо дополнительных затрат. Это является одним из способов оптимизации затрат на удобрения [3, 11–16].

В мировом масштабе посевные площади рапса ярового продолжают расширяться. Для увеличения объемов сельскохозяйственного производства основные производители культуры, такие как Канада, Китай, Индия, и страны Европейского Союза, активно внедряют новые агрономические технологии [4].

Согласно данным А. В. Виноградова, А. В. Щур, В. П. Валько, основные питательные вещества растений для достижения максимальной экономической урожайности, в основном, применяются к почве и растительной листве [5–7, 10]. В то же время по другим данным, внекорневая подкормка, при определенных условиях является наиболее экономически выгодной [8, 9, 17–19].

В орошаемых условиях Дагестана практически не изучены вопросы эффективности применения агрохимикатов на посевах ярового рапса, в связи с чем актуальным является проведение полевых исследований, направленных на решение данной проблемы.

Материал и методы исследования

Полевые исследования были проведены в орошаемых условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана в период с 2023 по 2025 гг. В качестве объектов эксперимента были выбраны сорта ярового рапса Галант (стандарт), Ратник, Флагман. Опыт полевой, размер делянок 50 м², повторность — четырехкратная. Предшественник — озимая пшеница.

Результаты исследования
и их обсуждение

Опытные данные показали, что на продуктивность сортов ярового рапса оказали влияние погодные условия и дозы агрохимиката Лигногумат марки ДМ. Из приведённых данных табл. 1 видно, что наибольшую площадь листовой поверхности сорта ярового рапса сформировали в вегетационном периоде 2024 года, а самые худшие показатели в условиях 2025 года.

В среднем за годы проведения полевого эксперимента, на контрольном варианте площадь листьев в среднем по сортам составила 32,7 тыс. м²/га. При некорневой подкормке растений в фазах стеблевания и бутонизации дозой 2 л/га листовая поверхность повысилась до 34 тыс. м²/га, превышение составило 4%.

На варианте с дозой агрохимиката 3 л/га площадь листьев отмечена на уровне 35,5 тыс. м²/га. Это больше контрольного варианта на 8,6%, а по сравнению со вторым вариантом (2 л/га) — на 4,4%. Наиболее существенный показатель (37,5 тыс. м²/га) был получен при обработке дозой 4 л/га. Разница с показателем контроля составила 14,7%, а с данными второго (2 л/га) и третьего (3 л/га) вариантов — 10,3 и 5,6%.

Табл. 1. Площадь листовой поверхности сортов ярового рапса, тыс. м²/га

Сорт	Год			Средняя
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	
Контроль (без обработок)				
Галант (стандарт)	30,5	32,4	29,2	30,7
Ратник	32,2	34,5	31,5	32,7
Флагман	34,7	36,2	33,0	34,6
Некорневая подкормка растений в фазах стеблевания и бутонизации дозой 2 л/га				
Галант (стандарт)	31,9	33,8	30,8	32,2
Ратник	33,8	35,0	32,6	33,8
Флагман	35,9	37,4	35,0	36,1
Тоже дозой 3 л/га				
Галант (стандарт)	33,0	35,1	31,7	33,3
Ратник	35,2	37,6	34,4	35,7
Флагман	37,3	38,9	36,5	37,6
Тоже дозой 4 л/га				
Галант (стандарт)	35,0	37,0	33,2	35,1
Ратник	37,5	39,2	36,2	37,6
Флагман	39,8	41,1	38,4	39,8

Табл. 2. Урожайность сортов ярового рапса, т/га

Сорт	Год			Средняя
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	
Контроль (без обработки)				
Галант (стандарт)	1,51	1,64	1,47	1,54
Ратник	1,73	1,85	1,65	1,74
Флагман	1,98	2,17	1,84	2,00
Некорневая подкормка растений в фазах стеблевания и бутонизации дозой 2 л/га				
Галант (стандарт)	1,76	1,98	1,68	1,81
Ратник	2,02	2,17	1,94	2,04
Флагман	2,23	2,39	2,17	2,26
Тоже дозой 3 л/га				
Галант (стандарт)	1,99	2,22	1,89	2,03
Ратник	2,20	2,42	2,17	2,26
Флагман	2,39	2,64	2,36	2,46
Тоже дозой 4 л/га				
Галант (стандарт)	2,22	2,41	2,10	2,24
Ратник	2,43	2,60	2,38	2,47
Флагман	2,61	2,84	2,57	2,67

При возделывании сорта Галант площадь листовой поверхности в среднем по вариантам опыта составила 32,8 тыс. м²/га. На посевах сорта Ратник она составила 35 тыс. м²/га, разница отмечена на уровне 6,7%. Максимальный показатель, на уровне 37,8 тыс. м²/га зафиксирован на делянках с сортом Флагман. Превышение по сравнению со стандартом (Галант) составило 15,2%, а с данными сорта Ратник — 8%. Примерно такая же динамика наблюдалась по другим параметрам фотосинтетической деятельности посева.

В среднем за 2023–2025 гг., сорта ярового рапса максимальную урожайность сформировали при некорневой подкормке растений в фазах стеблевания и бутонизации дозой 4 л/га — в среднем по сортам 2,46 т/га (табл. 2). На контрольном варианте (без обработки) средняя урожайность отмечена на уровне 1,76 т/га, что на 39,8% ниже предыдущего варианта. Промежуточные показатели (2,04 и 2,25 т/га) были получены на втором (2 л/га) и третьем (3 л/га) вариантах опыта. Снижение по сравнению с четвертым вариантом (4 л/га) зафиксировано в пределах 20,6 и 9,3% (табл. 2).

На посевах стандарта (Галант) в среднем по вариантам опыта урожайность составила 1,91 т/га. При возделывании сорта Ратник урожайность повысилась до 2,13 т/га, разница по сравнению с предыдущим сортом составила 11,5%. Максимальную продуктивность сформировал сорт Флагман — в среднем 2,35 т/га. Превышение с данными сортов Галант и Ратник составило 23 и 10,3%.

Выводы

Резюмируя вышеизложенное можно отметить следующее. При выращивании сортов ярового рапса

целесообразным является проведение внекорневое опрыскивание растений в фазах стеблевания и бутонизации дозой 4 л/га. Наибольшую продуктивность в

рассматриваемой зоне обеспечил сорт ярового рапса Флагман.

Литература

1. Барыло, Б.О. Влияние элементов биологизации на урожайность ярового рапса / Б.О. Барыло, В.В. Рзаева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – №. 3-1 (78). – С. 176-180.
2. Баюров, Л.И. Рапс-культура будущего! / Л.И. Баюров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 167. – С. 1-19.
3. Вардамацкая, К. В. Современное состояние и перспективы возделывания рапса (обзорная статья)/ К. В. Вардамацкая// Тенденции развития науки и образования. – 2023. – С.89-91.
4. Васин, В.Г. Применение микроудобрений и стимуляторов роста при возделывании полевых культур (яровая пшеница, горох, кукуруза): монография / В.Г. Васин, А.Н. Бурунов, А.В. Васин, О.В. Вершинина, И.К. Кошелева. — Кинель: Самарский гос. аграр. ун-т, 2019. – 323 с.
5. Виноградов, Д.В. Научно-практические аспекты интродукции масличных культур в южной части Нечерноземной зоны России/ Д. В. Виноградов // В сб.: Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы. Матер. Межд. конф., посвященной 70-летию ботанического сада-института МарГТУ. – 2009. – С. 16-18.
6. Виноградов, Д.В. Новая масличная культура для Рязанской области/ Д. В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 4. – С. 32-34.
7. Виноградов, Д.В. Пути повышения ресурсосбережения в интенсивном производстве ярового рапса/ Д. В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал. – 2009. – № 2. – С. 62-64.
8. Иванов, Е.С. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов/ Е. С. Иванов, Д. В. Виноградов, Н. В. Бышов и др. – Рязань, 2019. – 308 с.
9. Шур, А.В. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси/ А. В. Шур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько и др.//АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 5 (21). [http:// agroecoinfo.narod.ru/ journal/ STATYI/ 2015/5/st_20.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_20.doc).
10. Шур, А.В. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы/ А. В. Шур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т.11. – № 4. – С. 139-148.
11. РАСРАПС. <https://rosraps.ru/ru/> (доступ 25 апреля 2023).
12. ГлавАгроном.[https:// glavagronom. ru/news/nazvany-top-5-regionov-rfpo-sboru-rapsa](https://glavagronom.ru/news/nazvany-top-5-regionov-rfpo-sboru-rapsa) (доступ 26 апреля 2023).
13. RAPOOL.<https://rapool.by/poleznye-materialy/top-6-sfer-gde-ispolzuyutraps-i-chto-iz-n/> (доступ 24 апреля 2023).
14. FertilizerDaily.[https://www.fertilizerdaily. ru/20210824-chto-takoe-raps-ichto-iz-nego-delayut/](https://www.fertilizerdaily.ru/20210824-chto-takoe-raps-ichto-iz-nego-delayut/) (доступ 24 апреля 2023).
15. АБ-центр.<https://ab-centre.ru/news/raps-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg> (доступ 28 апреля 2023).
16. Oilworld.[https:// www.oilworld.ru/news/338939](https://www.oilworld.ru/news/338939) (доступ 29 апреля 2023). Botaneco.[https://botaneco.com/company-news/ botaneco-is-unlocking-canolas-true-potential](https://botaneco.com/company-news/botaneco-is-unlocking-canolas-true-potential) (доступ 29 апреля 2023).
17. Lupova, E.I. Yield of winter rape in Ryazan region/ E.I. Lupova, K.D. Sazonkin, D.V. Vinogradov // IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Ser. 2, Smolensk. Vol. 723. – Smolensk, 2021. – P. 022031.
18. Vinogradov, D.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact/ D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // Indian Journal of Agricultural Research. – 2022. – Vol. 56.- No. 2. – P. 201-207.
19. Zubkova, T.V. Effect of zeolite on the micro-morphological and biochemical features of the spring rapeseed (*Brassica napus* L.) / T.V. Zubkova, O. A. Dubrovina, D.V. Vinogradov // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. – 2022. – Vol. 54, No. 1. – P. 153-164.

References

1. Barylo, B.O. Influence of elements of biologization on yield of spring rapeseed / B.O. Barylo, V.V. Rzaeva // International journal of the humanities and natural sciences. – 2023. – No. 3-1 (78). – Pp. 176-180.
2. Bayurov, L.I. Rapeseed Culture of the Future! / L.I. Bayurov // Politematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. – 2021. – No. 167. – Pp. 1-19.
3. Vardamatskaya, K. V. The current state and prospects of rapeseed cultivation (review article)/ K. V. Vardamatskaya// Trends in the development of science and education. – 2023. – Pp.89-91.
4. Vasin, V.G. Application of micronutrient fertilizers and growth stimulants in the cultivation of field crops (spring wheat, peas, corn): monograph / V.G. Vasin, A.N. Burunov, A.V. Vasin, O.V. Vershinina, I.K. Kosheleva. — Kinel: Samara State Agrarian University. Univ., 2019. – 323 p.
5. Vinogradov, D.V. Scientific and Practical Aspects of the Introduction of Oilseeds in the Southern Part of the Non-Chernozem Zone of Russia/ D. V. Vinogradov // In the collection: Plant Introduction: Theoretical, Methodological, and Applied Problems. Mater. International Conference dedicated to the 70th anniversary of the Botanical Garden-Institute of MarGTU, 2009, pp. 16-18.
6. Vinogradov, D.V. A new oil crop for the Ryazan region/ D. V. Vinogradov // International Technical and Economic Journal, 2009, No. 4, pp. 32-34.

7. Vinogradov, D.V. Ways to increase resource conservation in intensive production of spring rapeseed/ D. V. Vinogradov // International Technical and Economic Journal. – 2009. – No. 2. – pp. 62-64.
8. Ivanov, E.S. Environmental protection and rational use of natural resources/ E. S. Ivanov, D. V. Vinogradov, N. V. Byshov et al. – Ryazan, 2019. – 308 p.
9. Shchur, A.V. Radioecological efficacy of biologically active drugs in the conditions of Belarus/ A.V. Shchur, D. V. Vinogradov, V. P. Valko et al.//AgroEcoInfo. – 2015. – № 5 (21). [http:// agroecoinfo. narod.ru / journal/ STATYI/ 2015/5/st_20.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_20.doc) .
10. Squint, A.V. Shchur, D. V. Vinogradov, V. P. Valko, The influence of various levels of agroecological loads on the biochemical characteristics of the soil, South of Russia: ecology, development. – 2016. – V.11. – No. 4. – Pp. 139-148.
11. RASRAPs. <https://rosraps.ru/ru/> (accessed on April 25, 2023).
12. GlavAgronom. <https://glavagronom.ru/news/nazvany-top-5-regionov-rfpo-sboru-rapsa> (accessed on April 26, 2023).by/poleznye-materialy/top-6-sfer-gde-ispolzuyutraps-i-chto-iz-n/ (accessed April 24, 2023).
13. RAPOOL. [https://rapool.by/ poleznye-materialy / top-6-sfer-gde-ispolzuyutraps-i-chto-iz-n /](https://rapool.by/poleznye-materialy/top-6-sfer-gde-ispolzuyutraps-i-chto-iz-n/) (available 24 April 2023).
14. FertilizerDaily. [https://www. fertilizerdaily. ru/20210824-chto-takoe-raps-ichto-iz-nego-delayut/](https://www.fertilizerdaily.ru/20210824-chto-takoe-raps-ichto-iz-nego-delayut/) (accessed April 24, 2023).
15. ab-center. [https://ab-center.ru/news/raps-ploschadi-collection-i-urozhaynost-v-2001-2019- gg](https://ab-center.ru/news/raps-ploschadi-collection-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg) (accessed April 28, 2023).
16. Oilworld. [https:// www.oilworld.ru/news/338939](https://www.oilworld.ru/news/338939) (доступ 29 апреля 2023). Botaneco. [https://botaneco.com/company-news/ botaneco-is-unlocking-canolas-true-potential](https://botaneco.com/company-news/botaneco-is-unlocking-canolas-true-potential) (доступ 29 апреля 2023).
17. Lupova, E.I. Yield of winter rape in Ryazan region/ E.I. Lupova, K.D. Sazonkin, D.V. Vinogradov // IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Cep. 2, Smolensk. Vol. 723. – Smolensk, 2021. – P. 022031.
18. Vinogradov, D.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact/ D.V. Vinogradov, T.V. Zubkova // Indian Journal of Agricultural Research. – 2022. – Vol. 56.- No. 2. – P. 201-207.
19. Zubkova, T.V. Effect of zeolite on the micro-morphological and biochemical features of the spring rapeseed (*Brassica napus* L.) / T.V. Zubkova, O. A. Dubrovina, D.V. Vinogradov // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. – 2022. – Vol. 54, No. 1. – P. 153-164.

A. N. Karachayev, T. S. Astarkhanova

Dagestan State Agrarian University
tamara-ast@mail.ru

PRODUCTIVITY OF SPRING CANOLA VARIETIES AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF LIGNOGUMATE AGROCHEMICAL DOSE: DM IN THE CONDITIONS OF THE TERSKO-SULAK SUBPROVINCE OF DAGESTAN

The problem of increasing crop yields remains one of the key issues for the agricultural sector in many countries. Spring rapeseed occupies a special place among important oilseeds due to its economic and nutritional value. To increase the productivity of this crop, many researchers recommend using agrochemicals for foliar fertilization. In the Republic of Dagestan, these issues have not been extensively studied, making it necessary to conduct field research to address this problem. Field studies were conducted in 2023–2025 on light chestnut soils in the Terek–Sulak subprovince of Dagestan. As a result, it was found that the applied doses of the agrochemical Lignogumate DM had a positive effect on the productivity of the cultivated varieties of spring rapeseed. In the control variant, the average leaf area per variety was 32.7 thousand m²/ha. In the second variant (2.0 l/ha), it increased by 4.0%. When the foliar spraying was done with a dose of 3.0 l/ha, the leaf surface increased by 8.6% compared to the control. The most significant increase (37.5 thousand m²/ha) was observed in the variant with a dose of 4.0 l/ha. The spring rapeseed varieties achieved the highest yield (2.46 t/ha on average) when sprayed with a dose of 4.0 l/ha. This was a 39.8% increase compared to the control. On average, the yield of spring rapeseed varieties on the Galant variety was 1.91 t/ha. The Flagman variety had the highest yield of 2.35 t/ha, which was 23.0% higher than the standard.

Key words: Terek–Sulak sub–province of Dagestan, spring rapeseed, varieties, Lignogumate DM agrochemical, application doses, photosynthetic activity, and yield.

Адаптационная оценка перспективных сортов озимой тритикале в аридных условиях Северного Прикаспия

УДК 633.11

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-12-17

В. А. Федорова (к.с.–х.н.), **Е. В. Гайдамакина** (к.с.–х.н.)
 Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
 fedorova59.61@mail.ru

Тритикале, благодаря своим уникальным свойствам, может формировать стабильные и высокие урожаи зерна в зонах рискованного земледелия, что позволяет использовать его в аридных регионах. Поэтому работа по внедрению новых высокопродуктивных сортов озимой тритикале в агропроизводство полупустынной зоны Северного Прикаспия, актуальна и своевременна. Целью исследований являлась комплексная оценка перспективных сортов озимой тритикале различного эколого-географического происхождения на адаптивность по степени реагирования их на стрессовые метеорологические факторы аридной зоны Северного Прикаспия. Для определения основных показателей адаптивности сортов на протяжении четырех лет с различной степенью увлажнения территории (2021–2024 гг.) были проведены полевые агроэкологические испытания восьми перспективных сортов озимой тритикале (Манучар, Жнец, Тихон 15, Форте, Валентин 90, Вокализ и Норд) на богарных полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». В качестве контроля был взят районированный сорт Ариозо. Для проведения расчетов использовались методики Г.Т. Селянинова, Л.А. Животкова. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова периодов весенне-летней вегетации озимой тритикале варьировал от 0,1 до 0,8 и находился, согласно классификации Селянинова, в зоне сильной засухи и недостаточного увлажнения. В результате анализа данных, полученных в ходе изучения, выделены сорта по продуктивности и элементам структуры урожая, установлено, что среди испытываемых сортов озимой тритикале наибольшим адаптационным потенциалом и стабильно высокой урожайностью при различных метеорологических условиях вегетационного периода отличались сорта Валентин 90, Тихон 15 и Форте. Данные сорта характеризовались высокой урожайностью (3,43–3,45 т/га и обладали высокими коэффициентами адаптивности (1,18–1,22). Все это позволяет рекомендовать данные сорта к возделыванию в острозасушливых условиях полупустынной зоны Северного Прикаспия.

Ключевые слова: озимая тритикале, агроэкологическое испытание, сорт, структура урожая, продуктивность, коэффициент адаптивности.

Введение

Озимая тритикале это ценная культура продовольственного и кормового назначения. Она имеет значительные преимущества перед другими зерновыми. Приобретенные от пшеницы и ржи ценные качества (высокая продуктивность, зимостойкость, высокое качество зерна и зеленой массы, слабая восприимчивость к ряду опасных заболеваний, возможность возделывания ее на более бедных почвах и в засушливых зонах еще более подчеркивает народнохозяйственное значение и ценность этой культуры [1].

Преимущество озимой тритикале перед яровыми зерновыми культурами заключается в ее способности более полно использовать осенне-зимние запасы почвенной влаги, что делает ее менее уязвимой к влиянию весенне-летней засухи. Данное свойство позволяет растениям этой перспективной культуры демонстрировать высокий коэффициент использования почвенно-климатических ресурсов и гарантировать стабильно высокий урожай зерна даже в условиях недостатка влаги.

В последние годы озимая тритикале получает все большее распространение в различных регионах России, что связано с высокими адаптивными свойствами этой культуры, стабильно формирующей высокие урожаи зерна [2]. Наиболее распространены посевы тритикале в южных (Ростовская область, Краснодарский

и Ставропольский края) и центральных (Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Белгородская, Курская области) районах нашей страны [3].

Сегодня во всем мире наблюдается ухудшение экологической обстановки, поэтому особое значение приобретает такое понятие как адаптивность сорта к изменяющимся условиям среды [4]. Растущий интерес к этой культуре обусловлен ее большими возможностями на фоне нарастания засушливости и других аномалий современного климата, так как она обладает большими возможностями к адаптации [5]. Однако внедрение в производство тритикале в нашей стране идет очень медленно. Главная проблема в сдерживании распространения посевов этой ценной зернофуражной культуры в нашем регионе это отсутствие районированных высокоурожайных сортов [6].

В настоящее время у нас недостаточное количество сортов, адаптированных конкретным почвенно-климатическим условиям [7]. Поэтому работа, направленная на изучение новых высокоурожайных сортов, является одним из путей повышения востребованности этой уникальной культуры производителями сельскохозяйственной продукции аридных регионов нашей страны [8].

Сегодняшнее требование сельского хозяйства заключается в выборе таких сортов зерновых культур, которые имеют устойчивость к негативным факторам среды, а также высокую урожайность в различных по-

ченно-климатических условиях, и дают качественное зерно [9]. Такие сорта должны обеспечивать высокую урожайность в благоприятных условиях и стабильную - в стрессовых ситуациях [10].

Адаптивные сорта должны обладать экологической пластичностью, то есть способностью в широком диапазоне почвенно-климатических условий реализовывать весь свой продуктивный потенциал [11]. При изучении новых сортов в разные годы можно получить информацию об их пластичности, которая показывает особенности реакции генотипа на изменение климатических условий [12]. В связи с появлением и внедрением в производство новых отечественных сортов тритикале, актуальной задачей является изучение процесса формирования высокой урожайности зерна хорошего качества в почвенно-климатических условиях конкретного региона [13]. Поэтому одним из путей для интенсивного наращивания производства зерна в нашей стране является подбор и изучение адаптационных свойств новых перспективных сортов отечественной селекции.

Материал и методы исследования

Сортоиспытание перспективных сортов озимой тритикале проводилось в 2021–2024 гг. в богарных условиях на опытном поле ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН», который расположен в полупустынной зоне Северного Прикаспия. В качестве материала для исследований были отобраны семь перспективных ранне- и среднеспелых сортов озимой тритикале: Манучар, Жнец, Тихон 15, Арион, Валентин 90, Вокализ и Норд, рекомендованные к возделыванию в 6 (Северо-Кавказском) и 8 Нижневолжском) регионах. В качестве контроля использовался районированный сорт Ариозо. Целью исследований являлось определение адаптивных возможностей перспективных сортов озимой тритикале в условиях полупустынь Северного Прикаспия.

Двухфакторный опыт по сортоиспытанию озимой тритикале закладывался на светло-каштановых средней степени засоленности суглинистых почвах с содержанием гумуса в пахотном слое почвы (0–30 см) 0,9–1,0%, подвижных форм фосфора — 2–4 мг, обменного калия — 50–55 мг на 100 г почвы. Площадь учетной делянки составляла 25 м², повторность опыта трехкратная, размещение делянок рендомизированное. Предшественник — ранний пар. Технология выращивания сортов озимой тритикале — общепринятая для условий Астраханской области. Сорта изучались на естественном фоне без внесения удобрений и без применения химических препаратов для защиты посевов от болезней и вредителей. В ходе проведения опыта были задействованы следующие методики: полевой опыт по Б.А. Доспехову и методика А.А. Животкова, предназначенная для определения потенциальной продуктивно-

сти и адаптивных свойств сортов и селекционных форм озимой пшеницы на основе показателя урожайности.

Результаты исследования и их обсуждение

Урожайность озимых зерновых культур определяется комплексом метеорологических условий, воздействующих на растения в течение всего вегетационного цикла (осенний период, период покоя и весенне-летний период вегетации). Погодные условия аридной зоны Северного Прикаспия в период активной вегетации сельскохозяйственных культур характеризуются сочетанием высоких среднесуточных температур воздуха, недостаточным влагообеспечением и низкой влажностью воздуха, что создает стрессовые условия на рост и развитие растений и негативно влияет на их продуктивность [11].

Широкий диапазон метеорологических условий во время проведения наших исследований позволил всесторонне и объективно оценить изучаемые сорта в различных гидротермических условиях окружающей среды. Посев сортов озимой тритикале традиционно проходил в сентябре, в начале ноября активная вегетация прекращалась, и растения вступали в фазу покоя. Возобновление вегетации начиналось с апреля. Зимний период характеризовался умеренными температурами, близкими к среднемесячным показателям, что положительно влияло на сохранность растений.

В жестких условиях полупустынной зоны количество осадков за весенне-летний период вегетации, очень часто, влияет не только на величину, но и саму вероятность получения урожая большинства зерновых культур. Температура воздуха в этот период очень высока, а выпадающих осадков крайне мало. Носят осадки, как правило, ливневый характер и значительного влияния на величину запаса влаги в почве не оказывают, так как происходит интенсивное испарение.

Метеорологические условия проведения исследований представлены в *табл. 1*. Метеоусловия весенне-летнего периода вегетации 2021 года были благоприятны для роста и развития растений озимой тритикале. Среднесуточная температура воздуха за этот период составляла 18,6°C (+1,6°C к среднемесячному показателю), сумма активных температур равнялась 1600,1°C, осадков выпало 105,2 мм (на 29,5 мм больше нормы). Гидротермический коэффициент за этот период вегетации составил 0,6, что позволило отнести его к среднезасушливому.

Метеоусловия 2022 года были менее благоприятными для развития зерновых культур, нежели предыдущий год. Температурные показатели и сумма атмосферных осадков были близки к среднемесячным данным. В среднем за весенне-летний период вегетации среднесуточная температура воздуха составила 17,3°C, выпало 73,7 мм осадков. Сумма активных

Табл. 1. Метеорологические условия периода вегетации сортов озимой тритикале, 2021-2024 гг. (метеостанция с. Черный Яр)							
Год	Месяцы	Среднегодовы́е показатели		Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма активных температур воздуха >10°С	Сумма осадков, мм	ГТК
		Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм				
2021	Сентябрь	17,3	22,3	18,3	550,3	0	0
	Октябрь	9,5	20,6	12,3	331,2	0	0
	Ноябрь-март	-2,0	113,2	-2,2	—	141,9	—
	Апрель	17,3	22,3	11,5	246,8	42,9	1,7
	Май	9,5	20,6	19,7	611,4	25,6	0,4
	Июнь	-2,0	113,2	24,7	741,9	36,7	0,5
	Осенний период	13,4	42,9	15,3	881,5	0,0	0,0
	Весенне-летний период	17,0	75,7	18,6	1600,1	105,2	0,6
	Период активной вегетации	15,6	118,6	17,0	2481,6	105,2	0,4
2022	Сентябрь	17,3	22,3	15,4	443,0	47,5	1,1
	Октябрь	9,5	20,6	8,5	142,3	2,7	0,2
	Ноябрь-март	-2,0	113,2	0,3	—	157,9	—
	Апрель	10,6	20,3	12,9	338,5	11,1	0,3
	Май	17,4	27,6	14,7	447,0	57,9	1,3
	Июнь	23,0	27,8	24,3	729,1	4,7	0,1
	Осенний период	13,4	42,9	12,0	585,3	50,2	0,8
	Весенне-летний период	17,0	75,7	17,3	1514,6	73,7	0,5
	Период активной вегетации	15,6	118,6	14,6	2099,9	123,9	0,6
2023	Сентябрь	17,3	22,3	17,6	534,5	23,2	0,4
	Октябрь	9,5	20,6	10,5	223,7	38,8	1,7
	Ноябрь-март	-2,0	113,2	-0,9	—	77,9	—
	Апрель	10,6	20,3	12,6	344,3	22,6	0,6
	Май	17,4	27,6	17,7	507,4	62,1	1,2
	Июнь	23,0	27,8	22,7	675,2	39,7	0,6
	Осенний период	13,4	42,9	14,0	758,2	62,0	0,8
	Весенне-летний период	17,0	75,7	15,2	1648,0	141,2	0,8
	Период активной вегетации	15,6	118,6	15,8	2406,2	186,4	0,8
2024	Сентябрь	17,3	22,3	18,7	560,3	0,0	0,0
	Октябрь	9,5	20,6	10,8	223,8	48,5	2,2
	Ноябрь-март	-2,0	113,2	-0,2	—	207,5	—
	Апрель	10,6	20,3	16,3	480,2	0,6	0
	Май	17,4	27,6	16,0	479,5	1,4	0
	Июнь	23,0	27,8	24,9	748,0	9,1	0,1
	Осенний период	13,4	42,9	14,8	784,1	48,5	0,6
	Весенне-летний период	17,0	75,7	19,1	1707,7	11,1	0,1
	Период активной вегетации	15,6	118,6	17,0	2491,8	59,6	0,2

температур за вегетацию равнялась 1514,6°С, а ГТК составил 0,5.

Метеорологические условия вегетации 2023 года были самыми благоприятными для развития растений озимой тритикале. Сумма осадков составила 141,2 мм (это самая большая величина данного показателя за четыре года изучения), что на 65,5 мм выше среднегодовой нормы. Среднесуточная температура воздуха равнялась 15,2°С (на 1,8°С ниже среднегодовой значения), сумма активных температур — 1648,0°С. Гидротермический коэффициент варьировал от 0,6 до 1,2, а в среднем за вегетацию составил 0,8, что позволяет отнести его, согласно классификации Селянинова [10], к недостаточно влажному году.

Метеорологические условия весенне-летнего периода вегетации озимой тритикале в 2024 г. существенно отличались от трех предыдущих лет. Данный год был характерен повышенной температурой (19,1°С или +2,1°С к многолетнему показателю) и отсутствием атмосферных осадков (11,1 мм или на 64,6 мм ниже нормы). Сложившиеся условия привели к засухе, которая спровоцировала значительное снижение величины урожайности озимой тритикале по всем сортам в опыте.

Согласно проведенным исследованиям установлено, что длительность вегетационного периода в большей мере зависела от метеорологических условий разных лет исследований и в меньшей мере — от сорта. Период «возобновление вегетации-полная спелость зерна» в

Табл. 2. Элементы структуры урожая сортов озимой тритикале, среднее за 2021–2024 гг.

Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерен, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Ариозо – контроль	354	13	0,45	34,62
Манучар	368	19	0,69	34,43
Жнец	418	19	0,71	36,88
Тихон 15	384	23	0,90	37,14
Форте	404	24	0,86	35,47
Валентин 90	391	22	0,88	36,10
Вокализ	356	22	0,80	34,87
Нора	365	20	0,75	35,44

среднем длился от 98 до 110 суток, а полный период вегетации всех изучаемых сортов озимой тритикале варьировал от 284 до 296 суток.

Основными структурными показателями урожая зерновой культуры, влияющими на ее продуктивность являются количество продуктивных стеблей, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен. Структурный анализ показал зависимость этих величин от метеорологических условий вегетационного периода. Так в 2023 году все исследуемые сорта имели практически одинаковые значения продуктивной кустистости (от 397 до 431 шт./м²), а в 2024 г. продуктивная кустистость заметно снизилась (от 241 до 310 шт./м²), что было обусловлено засушливыми условиями весенне-летнего периода. В среднем за 4 года данный показатель составил от 354 до 418 шт./м², наибольшие показатели продуктивной кустистости отмечены у сортов Валентин 90, Форте и Жнец (391, 404 и 418 шт./м², соответственно) (табл. 2).

Озерненность колоса в зависимости от года менялась от 10 до 31 зерна в одном колосе. Самые низкие показатели наблюдались у контрольного сорта Ариозо (от 8 до 19 шт.). В среднем за четыре года максимальный показатель количества зерен отмечен у сортов Тихон 15 и Форте — соответственно, 23 шт. и 24 шт., при показателе контроля в 13 шт.

Самая высокая масса зерна с колоса в среднем за годы исследований была отмечена у сорта Тихон 15 — 0,90 г. Причем этот сорт лидировал по данному

показателю все четыре года (масса зерна с колоса варьировала от 0,77 до 1,35 г). Наименьший показатель массы принадлежал контролю — 0,45 г. Для остальных сортов разброс составил от 0,69 до 0,88 г зерна с одного колоса.

Повышение влагообеспеченности вегетационного периода также способствовало формированию более выполненного зерна и, как следствие, возрастанию массы 1000 зерен. По годам исследований этот показатель изменялся от 25,7–32,8 г в засушливом 2024 году до 33,5–40,4 г в благоприятном 2023 г. Преимущество среди изучаемых сортов по массе 1000 зерен в среднем за четыре года имели сорта Валентин 90, Жнец и Тихон 15 (36,1 г, 36,88 г и 37,14 г, соответственно). При показателе стандарта — 34,62 г.

Биологическая урожайность исследуемых сортов также менялась в зависимости от агроклиматических условий весенне-летнего периода вегетации. Самые высокие показатели продуктивности были зафиксированы в 2023 году, урожайность сортов варьировала на уровне 3,08–4,8 т/га., при показателе контроля — 2 т/га. В то же время, в засушливый 2024 год их урожайность снизилась до 1,58–3,0 т/га, при показателе контроля — 1,58 т/га (табл. 3). В среднем за годы изучения лучшим по урожайности оказались сорта Валентин 90 (3,43 т/га), Тихон 15 (3,45 т/га) и Форте (3,54 т/га) при урожайности контроля 1,58 т/га. Остальные сорта формировали урожай зерна на уровне 2,55–2,96 т/га или +61,4–87,3% к контрольному сорту.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал степень влияния погодных условий окружающей среды и генотипа на урожайность изучаемых сортов. Доля влияния метеорологических условий периодов вегетации сортов (фактор В) на изменчивость урожайности составила 47,11% (табл. 4). Доля влияния генотипа (сорта) была несколько ниже и равнялась 40,44%. Разность между вариантами была не значима, доля влияния взаимодействия факторов на показатель продуктивности — всего 10,91%.

Показатель адаптивности напрямую зависит от реакции сорта на факторы окружающей среды, основным из которых являются климатические условия зоны выращивания. А.А. Животковым была разработа-

Табл. 3. Биологическая урожайность (т/га) и коэффициент адаптивности сортов озимой тритикале, 2021–2024 гг.

Сорт	Год исследований				Средняя	Прибавка к стандарту	
	2021	2022	2023	2024		т/га	%
Ариозо – контроль	0,90	1,84	2,00	1,58	1,58	–	–
Манучар	2,04	2,43	3,80	1,94	2,55	+0,97	+61,39
Жнец	2,33	3,45	4,08	2,00	2,96	+1,38	+87,34
Тихон 15	3,06	3,71	4,04	2,98	3,45	+1,87	+118,35
Форте	3,14	3,87	4,16	3,00	3,54	+1,96	+124,05
Валентин 90	2,70	3,90	4,80	2,31	3,43	+1,85	+117,09
Вокализ	2,40	2,79	3,65	2,57	2,85	+1,27	+80,38
Нора	2,63	3,04	3,08	2,54	2,82	+1,24	+78,48
НСП ₀₅ , т/га	0,12	0,16	0,18	0,12	–	–	–
Среднесортная урожайность	2,40	3,13	3,70	2,36	2,90	–	–

Табл. 4. Двухфакторный дисперсионный анализ по урожайности зерна сортов озимой тритикале, 2021-2024 гг.

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅	Доля влияния
Общее	73,02	95	—	—	—	—
Повторности	0,03	2	—	—	—	—
Фактор А (сорт)	29,53	3	9,84	564,42	2,77	40,44
Фактор В (условия)	34,40	7	4,91	281,74	2,18	47,11
Взаимодействие (АхВ)	7,97	10	0,38	21,77	1,77	10,91
Остаток (ошибки)	1,08	34	0,02	—	—	1,48

Табл. 5. Коэффициент адаптивности перспективных сортов озимой тритикале, 2021-2024 гг.

Сорт	Год исследований				Средняя
	2021	2022	2023	2024	
Ариозо – контроль	0,38	0,59	0,54	0,67	0,54
Манучар	0,85	0,78	1,03	0,82	0,88
Жнец	0,97	1,10	1,10	0,85	1,02
Тихон 15	1,28	1,18	1,09	1,26	1,19
Форте	1,31	1,24	1,12	1,27	1,22
Валентин 90	1,12	1,25	1,30	0,98	1,18
Вокализ	1,00	0,89	0,99	1,09	0,98
Нора	1,10	0,97	0,83	1,08	0,97
Среднесортная урожайность	2,40	3,13	3,70	2,36	2,90

на методика выявления адаптивности сортов озимой пшеницы согласно анализа величины их урожая с использованием такого понятия, как «среднесортная урожайность года», ведь именно в показателе «урожайность сорта» проявляются все поведенческие реакции на факторы выращивания. Реакция каждого сорта должна определяться путем сопоставления его урожайности со среднесортной урожайностью всех сортов.

Среднесортная урожайность сортов составила от 2,36 т/га в сухом 2024 году, до 3,7 т/га в благоприятном 2023 году. Средние показатели адаптивности изучаемых

сортот выявили их высокий адаптивный потенциал. т.к. у всех изучаемых сортов коэффициент адаптивности был близок или выше единицы. Исключение составил лишь сорт-контроль Ариозо, который на протяжении всех лет исследований показывал самую низкую адаптивность, его коэффициент варьировал от 0,38 до 0,67, составив в среднем 0,54. Наиболее высокую степень адаптивности показали сорта Жнец (1,02), Валентин 90 (1,18), Тихон 15 (1,19) и Форте (1,22) (табл. 5). Коэффициент остальных сортов находился в пределах 0,88-0,98.

Выводы

На основании проведенного сравнительного анализа изученных сортов озимой тритикале, выделены высокопродуктивные сорта Валентин 90, Тихон 15 и Форте, способные формировать в аридных условиях полупустынной зоны Северного Прикаспия в среднем до 3,43–3,45 т/га зерна. Эти же сорта показали наиболее высокую степень адаптивности с коэффициентом: Валентин 90 (1,18), Тихон 15 (1,19) и Форте (1,22)

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о высоком потенциале выделенных сортов озимой тритикале в плане рекомендации по использованию их в агропроизводстве аридной зоны Северного Прикаспия.

Литература

1. Шипак, Г.В. Результаты селекции тритикале на улучшение хлебопекарных свойств / Г.В. Шипак, С.И. Святченко, Е.А. Ничипорук, В.Г. Шипак и др. //Тритикале. Мат-лы заседания секции тритикале ОСХН РАН он-лайн. (9 июня 2020 г.): – «Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья». (9 июня 2020 г.). Ростов-на-Дону.– 2021. – 280 с.
2. Лещенко, Н.И. Перспективные образцы озимой тритикале в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан / Н.И. Лещенко, А.Х. Шакирзянов, В.А. Агафонова, И.М. Никонорова // Достижения науки и техники АПК.- 2019.- Т.33. – №8. – С. 43-45.
3. Пома, Н.Г. Перспективы использования озимого тритикале как продовольственной культуры / Н.Г. Пома, А.В. Осипова, В.В. Осипов, З.Н. Шербакова, О.П. Кондратьева, Н.А. Яшина //Хлебопродукты. -2016. – №5. – С.65-67.
4. Корниенко, А.В. Адаптивность, устойчивость как направления селекции к изменяющимся условиям среды / А.В. Корниенко, С.И. Скачков, А.В. Семенихина, Ю.Н. Мельников // Орошаемое земледелие. – 2021. – №2 (33). – С. 17-21.
5. Грабовец, А.И. Изменения климата и методология создания новых сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической пластичностью / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко //Достижения науки и техники АПК. –2015. – Т.29. – №15. -С.16-15.
6. Амелин, А.В. Потенциальные возможности новых сортов озимой тритикале в формировании высокого и качественного урожая зерна / А.В. Амелин, В.И. Мазалов, В.В. Заикин, Е.И. Чекалин, Р.А. Икусов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – №4(59). – С. 37-45.
7. Манукян, И.Р. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа / И.Р. Манукян, М. А. Басиева, Е. С. Мирошникова, В. Б. Абиев //Аграрный вестник Урала. – 2019. – №4 (183). – С. 20-26.
8. Мамаев, В.В. Оценка урожайности, адаптивности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Брянской области / В.В. Мамаев, В.М. Никифоров //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №7. – С.125-128.

9. Макаров, М.Р. Актуальность получения новых сортов озимой тритикале, адаптированных к условиям конкретного региона / М.Р. Макаров // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т.5. №4. – С.206–210.
10. Федорова, В.А. Экологическая пластичность сортов озимой тритикале в условиях северо-западного Прикаспия / В.А. Федорова // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2020. – № 1(43). – С. 21-24.
11. Иванченко, Т.В. Результаты исследований по возделыванию озимого тритикале на каштановых почвах в Нижнем Поволжье / Т.В. Иванченко, А.В. Беликина // Научно-агрономический журнал. – 2019. – №4(107). – С. 35-38.
12. Андреев, А.А. Оценка селекционного материала озимой тритикале на продуктивность / А.А. Андреев, М.К. Драчева, И.А. Кутепова // Владимирский земледелец. – 2022. – №1 (99). – С. 44-48.
13. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур / И.А. Рыбась // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т.51. – №5. – С.617-626.

Литература

1. Shhipak, G.V. Rezul'taty selekcii tritikale na uluchshenie xlebopekarny'x svoystv / G.V. Shhipak, S.I. Svyatchenko, E.A. Nichiporuk, V.G. Shhipak i dr. //Tritikale. Mat-ly' zasedaniya sekcii tritikale OSXN RAN on-lajn. (9 iyunya 2020 g.): – «Tritikale. Selekcija, genetika, agrotehnika i tehnologii pererabotki sy'r'ya». (9 iyunya 2020 g.). Rostov-na-Donu.– 2021. – 280 s.
2. Leshhenko, N.I. Perspektivny'e obrazcy ozimoy tritikale v usloviyax Predural'skoj stepi Respubliki Bashkortostan / N.I. Leshhenko, A.X. Shakirzyanov, V.A. Agafonova, I.M. Nikonorova // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2019. – Т.33. – №8. – С. 43-45.
3. Poma, N.G. Perspektivy' ispol'zovaniya ozimogo tritikale kak prodovol'stvennoj kul'tury' / N.G. Poma, A.V. Osipova, V.V. Osipov, Z.N. Shherbakova, O.P. Kondrat'eva, N.A. Yashina //Xleboпродукты'. – 2016. – №5. – С.65-67.
4. Kornienko, A.V. Adaptivnost', ustojchivost' kak napravleniya selekcii k izmenyayushimsya usloviyam sredy' / A.V. Kornienko, S.I. Skachkov, L.V. Semenixina, Yu.N. Mel'nikov // Oroshaemoe zemledelie. –2021. – №2 (33). – С. 17-21.
5. Grabovecz, A.I. Izmeneniya klimata i metodologiya sozdaniya novy'x sortov pshenicy i tritikale s shirokoy e'kologicheskoy plastichnost'yu / A.I. Grabovecz, M.A. Fomenko //Dostizheniya nauki i tekhniki APK. –2015. – Т.29. – №15. – С.16-15.
6. Amelin, A.V. Potencial'ny'e vozmozhnosti novy'x sortov ozimoy tritikale v formirovanii vy'sokogo i kachestvennogo urozhaya zerna / A.V. Amelin, V.I. Mazalov, V.V. Zaikin, E.I. Chekalin, R.A. Ikusov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – №4(59). – С. 37-45.
7. Manukyan, I.R. Ocenka e'kologicheskoy plastichnosti sortov ozimoy pshenicy v usloviyax predgornoj zony' Central'nogo Kavkaza / I.R. Manukyan, M. A. Basieva, E. S. Miroshnikova, V. B. Abiev //Agrarny'j vestnik Urala. – 2019. – №4 (183). – С. 20-26.
8. Mamaev, V.V. Ocenka urozhajnosti, adaptivnosti, e'kologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoy pshenicy v usloviyax Bryanskoy oblasti / V.V. Mamaev, V.M. Nikiforov //Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2015. – №7. – С.125-128.
9. Makarov, M.R. Aktual'nost' polucheniya novy'x sortov ozimoy tritikale, adaptirovanny'x k usloviyam konkretnogo regiona / M.R. Makarov // Byulleten' nauki i praktiki. – 2019. – Т.5. №4. – С.206–210.
10. Fedorova, V.A. E'kologicheskaya plastichnost' sortov ozimoy tritikale v usloviyax severo-zapadnogo Prikaspiya / V.A. Fedorova // Teoreticheskie i prikladny'e problemy' agropromy'shlennogo kompleksa. – 2020. – № 1(43). – С. 21-24.
11. Ivanchenko, T.V. Rezul'taty' issledovaniy po vozdeleyvaniyu ozimogo tritikale na kashtanovy'x pochvax v Nizhnem Povolzh'e / T.V. Ivanchenko, A.V. Belikina // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. – 2019. – №4(107). – С. 35-38.
12. Andreev, A.A. Ocenka selekcionnogo materiala ozimoy tritikale na produktivnost' / A.A. Andreev, M.K. Dracheva, I.A. Kuteпова // Vladimirskij zemledecz. – 2022. – №1 (99). – С. 44-48.
13. Ry'bas', I.A. Povy'shenie adaptivnosti v selekcii zernovy'x kul'tur / I.A. Ry'bas' // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya. – 2016. – Т.51. – №5. – С.617-626.

V. A. Fedorova, E. V. Gaydamakina

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, fedorova59.61@mail.ru

ADAPTATION EVALUATION OF PROMISING WINTER TRITICALE VARIETIES IN ARID CONDITIONS OF THE NORTHERN PRECASPIAN REGION

Triticale, thanks to its unique properties, can produce stable and high grain yields in risky farming zones, making it suitable for use in arid regions. Therefore, the introduction of new, highly productive winter triticale varieties into agricultural production in the semi-desert zone of the Northern Precaspian region is relevant and timely. The aim of this study was to comprehensively evaluate the adaptability of promising winter triticale varieties of various ecological and geographical origins based on their response to stressful meteorological factors in the arid zone of the Northern Caspian region. To determine the key indicators of variety adaptability over four years with varying degrees of soil moisture (2021–2024), field agroecological trials of eight promising winter triticale varieties (Manuchar, Zhnets, Tikhon 15, Forte, Valentin 90, Vokaliz, and Nord) were conducted on rainfed fields at the Pavlodar Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The zoned variety Arioso served as a control. The methods of G.T. Selyaninov and L.A. Zhivotkov were used for the calculations. The G.T. Selyaninov hydrothermal coefficient for the spring–summer vegetation periods of winter triticale ranged from 0.1 to 0.8 and, according to Selyaninov's classification, fell within the zone of severe drought and insufficient moisture. An analysis of the data obtained during the study allowed us to distinguish varieties based on productivity and yield structure elements. It was established that among the winter triticale varieties tested, Valentin 90, Tikhon 15, and Forte demonstrated the greatest adaptive potential and consistently high yields under various meteorological conditions during the growing season. These varieties were characterized by high yields (3.43–3.45 t/ha) and had high adaptability coefficients (1.18–1.22). All this allows us to recommend these varieties for cultivation in the extremely arid conditions of the semi-desert zone of the Northern Precaspian region.

Key words: winter triticale, agroecological test, variety, yield structure, productivity, adaptability coefficient.

Перспективы применения агрохимиката Лигногумат марки В-Fe на посадках сортов томата

УДК 635.64:631.174

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-18-22

А. Ю. Гусейнбеков, Т. С. Астарханова (д.с.–х.н.)
 Дагестанский государственный аграрный университет,
 tamara-ast@mail.ru

Астраханская область и Республика Дагестан являются лидерами по выращиванию в открытом грунте томатов. Зонами производства томатов являются Кизлярский и Дербентский районы. Для повышения продуктивности томатов многие учёные рекомендуют применять ростовые вещества. С учётом вышеизложенного, нами в период с 2023 по 2025 гг. на светло-каштановых почвах Приморско-Каспийской подпровинции Дагестана были проведены исследования. В качестве объектов полевого эксперимента были выбраны сорта томатов Новичок, Мариша, Восход ВНИИССО-Ка, агрохимикат Лигногумат марки В-Fe. В результате выявлено, что максимальные показатели высоты растений, площади листьев, числа боковых побегов, числа плодов на одном растении и средней массы плода у сорта Новичок были получены при применении дозы агрохимиката 1,2 л/га – соответственно 65,9 см; 99,7 дм²; 6,7 шт.; 6,0 шт.; 108,2 г. Превышения составили 4,6; 7,8; 11,7; 50 и 14%. Примерно такая же динамика наблюдалась при выращивании сортов Мариша и Восход ВНИИССОКа. Максимальные биометрические показатели сформировал сорт Восход ВНИИССОКа. Промежуточные данные между этим сортом и стандартом (Новичок) были получены при возделывании сорта Мариша. Сорта томата значительные урожайные данные обеспечили на вариантах с дозами агрохимиката Лигногумат марки. При этом, наиболее существенный показатель (7,7 кг/м²) в среднем по сортам зафиксирован на варианте с дозой 1,2 л/га.

Ключевые слова: Приморско-Каспийская подпровинция, томаты, сорта, Новичок, Мариша, Восход ВНИИССОКа, агрохимикат Лигногумат марки В-Fe, биометрические показатели, урожайность.

Введение

Согласно данным П. М. Ахмедовой [1] Дагестан делится на три части (равнинную, предгорную и горную) по характеру рельефа и географическому расположению. При этом, равнинная часть является зоной орошаемого земледелия (в том числе и по выращиванию томатов). Ведущей овощной культурой и основным консервным сырьем, спрос на который с каждым годом увеличивается со стороны как растущей консервной промышленности, так и населения, является томат.

При изучении состояния и перспективных направлений селекции томата для открытого грунта, В. В. Огнев и другие авторы пришли к выводу, что в Астраханской области и в Дагестане увеличиваются площади возделывания томатов, тогда, как в других регионах юга России происходит их сокращение [6].

По данным П. М. Ахмедовой Дагестан характеризуется обилием тепла, солнца и орошением в равнинной зоне, поэтому является зоной процветающего сельского хозяйства. Среди овощных культур особое внимание уделяется выращиванию томатов [2].

Наиболее благоприятные почвенно-климатические условия для выращивания томатов отмечены в Кизлярском и Дербентском районах, равнинного Дагестана, где сосредоточены основные зоны специализированного выращивания томатов открытого грунта. В Республике Дагестан ежегодно собирают свыше 1 млн тонн овощей открытого грунта. Так, в 2022 г. собрали 1 млн 400 тыс. т овощей. В 2023 г. в регионе собрано до 1,5 млн т ово-

щей, что на 100 тыс. т выше в сравнении с показателем 2022 г. Потребление свежих плодов томата и продуктов их переработки стало частью рациона питания широкого круга людей по всему миру. Сегодня томат стал ведущей овощной культурой в мире как по площадям, занимаемым в открытом и защищенном грунте, так и по валовым сборам продукции для потребления в свежем виде и промышленной переработки [3].

Повышение экологичности применяемых удобрений, в рамках общемирового курса на ответственное потребление и производство, является одним из главных приоритетов в современном сельском хозяйстве. В этой связи многие исследователи указывают на необходимость включения в технологию выращивания овощных культур (в том числе томатов) ростовых веществ [4, 5, 7–14].

В этой связи, актуальным является проведение исследований, направленных на повышение продуктивность сортов томатов.

Материал и методы исследования

Исследование проводили на светло-каштановых почвах Приморско-Каспийской подпровинции Дагестана. В качестве объектов полевого эксперимента были выбраны сорта томатов Новичок, Мариша, Восход ВНИИССОКа, агрохимикат Лигногумат марки В-Fe.

Площадь опытной делянки — 50 м², повторность в опыте — четырехкратная. Предшественником является озимая пшеница. Агротехника выращивания томата общепринятая в Республике Дагестан.

Табл. 1. Биометрические показатели растений томата на фоне применяемого агрохимиката Лигногумат марки В-Fe

Сорт	Дозы агрохимиката	Высота растений, см	Площадь листьев, дм ²	Число боковых побегов, шт.	Число плодов на одном растении, шт.	Средняя масса плода, г.
Новичок	Контроль	63,0	92,5	6,0	4	94,9
	1,2 л/га	65,9	99,7	6,7	6	108,2
	3 л/га	64,6	97,1	6,3	6	103,3
	5 л/га	65,0	94,4	6,3	5	102,0
Мариша	Контроль	39,5	99,5	6,3	5	101,9
	1,2 л/га	41,1	116,1	7,0	8	111,3
	3 л/га	41,0	106,6	6,6	6	109,4
	5 л/га	42,3	103,9	6,5	7	105,9
Восход ВНИИССОКа	Контроль	59,2	115,0	6,5	6	104,3
	1,2 л/га	63,3	127,2	7,4	9	117,2
	3 л/га	64,1	123,1	6,9	8	113,9
	5 л/га	62,9	120,0	6,8	7	109,8

Результаты исследования и их обсуждение

Проведённые исследования показали, что биометрические показатели сортов томата изменялись в разных пределах в зависимости от изучаемых сортов и доз агрохимиката Лигногумат марки: В-Fe. Как видно из приведённых данных *табл. 1*, на посадках сорта Новичок, на контрольном варианте показатели высоты растений, площади листьев, числа боковых побегов, числа плодов на одном растении и средней массы плода составили соответственно 63,0 см; 92,5 дм²; 6 шт.; 4 шт.; 94,9 г. На варианте с дозой агрохимиката 1,2 л/га вышеприведённые биометрические показатели отмечены в пределах 65,9 см; 99,7 дм²; 6,7 шт.; 6 шт.; 108,2 г. Превышения составили 4,6; 7,8; 11,7; 50 и 14%.

На третьем (3 л/га) и четвёртом (5 л/га) вариантах опыта зафиксировано некоторое уменьшение био-

метрических показателей по сравнению со вторым вариантом опыта. Аналогичная динамика наблюдалась у сортов Мариша и Восход ВНИИССОКа. Сравнительные данные сортов томата указывают на преимущество сорта Восход ВНИИССОКа. Промежуточные данные между этим сортом и стандартом (Новичок) были получены при возделывании сорта Мариша.

Применяемые дозы агрохимиката Лигногумат марки В-Fe оказали положительное влияние на урожайность сортов томата (*табл. 2*). Так, если на контрольном варианте в среднем по сортам урожайность составила 5,8 кг/м², то при обработке растений дозой 1,2 л/га она повысилась до 7,7 кг/м², разница с предыдущим вариантом составила 32,8%. На третьем варианте (3 л/га) средняя урожайность плодов отмечена на уровне 6,6 кг/м². Это выше контроля на 13,8%, ниже показателя второго варианта (1,2 л/га) — на 16,7%.

При применении дозы агрохимиката 5 л/га средняя урожайность составила 6,4 кг/м². Превышение по

Табл. 2. Урожайность сортов томата в зависимости от применяемых доз агрохимиката Лигногумат марки В-Fe, кг/м²

Варианты опыта	Год	Варианты опыта		
		Новичок	Мариша	Восход ВНИИССОКа
Контроль	2023	5,0	5,7	7,5
	2024	4,6	5,3	7,0
	2025	4,8	5,5	7,2
	В среднем	4,8	5,5	7,2
1,2 л/га	2023	7,0	8,2	9,9
	2024	5,8	6,7	9,3
	2025	6,1	7,1	9,5
	В среднем	6,3	7,3	9,6
3 л/га	2023	6,2	7,0	8,2
	2024	5,1	5,8	7,6
	2025	5,2	6,3	7,9
	В среднем	5,5	6,4	7,9
5 л/га	2023	5,7	6,3	8,2
	2024	4,9	5,5	7,6
	2025	5,4	6,0	7,9
	В среднем	5,3	5,9	7,9

сравнению с первым вариантом (контроль) составило 10,3%, а снижение с данными второго и третьего вариантов опыта — 20,3 и 3,1%.

Как видно из приведённых данных табл. 2, значительную урожайность обеспечил сорт Восход ВНИИССОКа — в среднем по вариантам опыта 8,2 кг/м². При возделывании сорта Новичок (5,5 кг/м²) урожайность была ниже на 49,1%, а у сорта Мариша (6,3 кг/м²) — на 30,2%.

Выводы

В заключении следует отметить, что на светло-каштановых почвах Приморско-Каспийской подпровинции Дагестана применяемый агрохимикат Лигногумат марки: В-Fe способствовал повышению продуктивности сортов томата, при этом значительные данные были получены при обработке растений дозой 1,2 л/га. Среди сортов максимальную продуктивность обеспечил сорт томата Восход ВНИИССОКа.

Литература

1. Ахмедова, П. М. Детерминантные сорта томата отечественной селекции в открытом грунте в условиях Дагестана / П. М. Ахмедова // Вестник Аграрной науки Узбекистана. – 2022. – № 3 (3). – С. 126-130.
2. Ахмедова, П.М. Раннеспелые сорта томата открытого грунта отечественной селекции в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана/ П. М. Ахмедова//Овощи России. – 2023. № (3). – С. 67-72.
3. Ахмедова, П.М. Биологические и хозяйственные особенности образцов томата с различной степенью детерминантности/ П. М. Ахмедова// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – №18,3(71). – С. 5-10.
4. Нуштаева, А.В. Влияние комплексного гуминового препарата на посевные качества семян овощных культур/ А. В. Нуштаева, Ю. В. Блинохватаева // Нива Поволжья. – 2022. – №2(62). – С. 1009.
5. Обзор рынка: овощеводство. [Электронный ресурс]. URL: [http://www. Open-business.ru](http://www.Open-business.ru). Дата обращения 30.04.2020).
6. Огнев, В. В. Состояние и перспективные направления селекции томата для открытого грунта России/ В. В. Огнев, Т. В. Чернова, А. Н. Костенко // Картофель и овощи. – 2021. – № 9. С. 33-36.
7. Туманян, А.Ф. Влияние удобрений и росторегулирующих препаратов на продуктивность и водопотребление гибридов огурца в Астраханской области/ А. Ф. Туманян, Н. В. Тютюма, А. Н. Бондаренко, Н. А. Шербакова, О. В. Костыренко // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2018. – № 3 (36). – С. 3-6.
8. Туманян, А.Ф. Оценка влияния регуляторов роста на структуру урожая томатов при капельном орошении/ А. Ф. Туманян, Г. Кигои, Н. А. Зайцева, С. В. Зайцев// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2 (58). – С. 104-114.
9. Туманян, А. Ф. Урожайность томатов с различной окраской плодов в условиях светло- каштановых почв Нижнего Поволжья/ А. Ф. Туманян, Г. Кигои// Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса.- 2020. - № 4 (46). – С. 13-16.
10. Тютюма, Н. В. Влияние стимуляторов роста растений на урожайность томатов в условиях севера Астраханской области/ Н. В. Тютюма, А. Ф. Туманян, Н. И. Кудряшова// Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2015. - № 1 (22). – С. 8-10.
11. Тютюма, Н. В. Применение азотных листовых подкормок для повышения урожайности томатов в условиях Астраханской области/ Н. В. Тютюма, А. Н. Бондаренко//Агрохимия. – 2025. - № 1. – С. 39-46.
12. Feifcova, D. Influence of humic acids on the growth of the microorganisms utilizing toxic compounds (comparison between yeast and bacteria)/ D. Feifcova, J. Snajdr, M. Siglova, A. Cejkova, J. Masak, V. Jirku // CHIMIA International Journal for Chemistry. 2005;59(10):749-752.
13. Kaschl, A., Chen Y. Interaction of humic substances with trace metals and their stimulatory effects on plant growth. In book: Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: from Theory to Practice. Eds.: I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn. Netherlands: Springer, 2005. – pp.83-113.
14. Yakimenko, O., Frimmel F.H., Abbt Braun G. Chemical and plant growth stimulatory properties in a variety of commercial humates. Humic substances linking structure to functions/ O. Yakimenko, F.H. Frimmel, G. Abbt Braun // Proc. of 13th Meeting of the Int. Humic Substances Society. Karlsruhe, 2006;(45):1017-1021.

References

1. Akhmedova, P. M. Determinate varieties of domestic selection of tomato in open ground in the conditions of Dagestan // Bulletin of Agrarian Science of Uzbekistan. – 2022. – No. 3 (3). – Pp. 126-130.
2. Akhmedova, P.M. Early-ripening varieties of open-field domestic selection of tomato in the conditions of the Terek-Sulak sub-province of Dagestan/ P. M. Akhmedova// Vegetables of Russia. – 2023. No. (3). – Pp. 67-72.
3. Akhmedova, P.M. Biological and Economic Features of Tomato Samples with Different Degrees of Determinancy/ P. M. Akhmedova// Bulletin of the Kazan State Agrarian University. – 2023.- No. 18,3(71). – Pp. 5-10.
4. Nushtaeva, A.V. Influence of a complex humic preparation on the sowing qualities of vegetable crop seeds/ A. V. Nushtaeva, Yu. V. Blinokhvataeva // Niva Povolzhya. – 2022. – No. 2(62). – P. 1009.
5. Market overview: vegetable growing. [Electronic resource]. URL: <http://www. Open-business.ru>. Date of access 30.04.2020).
6. Ognev, V. V. The state and promising directions of tomato breeding for the open ground of Russia/ V. V. Ognev, T. V. Chernova, A. N. Kostenko // Potatoes and vegetables. – 2021.- No. 9. pp. 33-36.

7. Tumanyan A.F. The influence of fertilizers and growth-regulating drugs on the productivity and water consumption of cucumber hybrids in the Astrakhan region/ A. F. Tumanyan, N. V. Tyutyuma, A. N. Bondarenko, N. A. Shcherbakova, O. V. Kostyrenko // Theoretical and Applied Problems of the Agro-Industrial Complex. – 2018. – No. 3 (36). – Pp. 3-6.
8. Tumanyan A.F. Assessment of the influence of growth regulators on the structure of tomato yield during drip irrigation/ A. F. Tumanyan, G. Kigoui, N. A. Zaitseva, S. V. Zaitsev// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo complex: Science and higher professional education. – 2020. – No. 2 (58). – Pp. 104-114.
9. Tumanian, A. F. Yield of tomatoes with different fruit color in the light-chestnut soils of the Lower Volga region/ A. F. Tumanian, G. Kigoui// Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. – 2020. – No. 4 (46). – Pp. 13-16.
10. Tyutyuma, N. V. Influence of plant growth stimulants on tomato yield in the conditions of the north of the Astrakhan region/ N. V. Tyutyuma, A. F. Tumanian, N. I. Kudryashova// Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. – 2015. – No. 1 (22). – Pp. 8-10.
11. Tyutyuma, N. V. Application of nitrogen foliar fertilizers to increase the yield of tomatoes in the Astrakhan region/ N. V. Tyutyuma, A. N. Bondarenko// Agrochemistry. – 2025. – No. 1. – Pp. 39-46.
12. Feificova, D. Influence of humic acids on the growth of the microorganisms utilizing toxic compounds (comparison between yeast and bacteria)/ D. Feificova, J. Snajdr, M. Siglova, A. Cejkova, J. Masak, V. Jirku // CHIMIA International Journal for Chemistry. 2005;59(10): 749-752.
13. Kaschl, A., Chen Y. Interaction of humic substances with trace metals and their stimulatory effects on plant growth. In book: Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: from Theory to Practice. Eds.: I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn. Netherlands: Springer, 2005. – pp.83-113.
14. Yakimenko, O., Frimmel F.H., Abbt Braun G. Chemical and plant growth stimulatory properties in a variety of commercial humates. Humic substances linking structure to functions/ O. Yakimenko, F.H. Frimmel, G. Abbt Braun // Proc. of 13th Meeting of the Int. Humic Substances Society. Karlsruhe, 2006;(45):1017-1021.

A. Yu. Huseynbekov, T. S. Astarkhanova

Dagestan State Agrarian University
tamara-ast@mail.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF AGROCHEMICALS OF THE LIGNOHUMATE BRAND B-FE ON TOMATO PLANTINGS

The Astrakhan Region and the Republic of Dagestan are the leaders in the cultivation of tomatoes in open ground. The Kizlyar and Derbent districts are the main areas for tomato production. Many scientists recommend the use of growth substances to increase the productivity of tomatoes. Based on this, we conducted research on light chestnut soils in the Primorsko-Caspian subprovince of Dagestan from 2023 to 2025. The Novichok, Marisha, Voskhod VNISSO-Ka tomato varieties and the agrochemical Lignogumat B-Fe were selected as the objects of the field experiment. As a result, it was found that the maximum values of plant height, leaf area, number of lateral shoots, number of fruits per plant, and average fruit weight for the Novichok variety were obtained when the agrochemical dose was 1.2 l/ha, respectively: 65.9 cm; 99.7 dm²; 6.7; 6.0; 108.2 g. Exceedances compared to the control variant were noted within 65.9 cm; 99.7 dm²; 6.7 pcs.; 6.0 pcs.; 108.2 g. Exceedances amounted to 4.6; 7.8; 11.7; 50 and 14%. Approximately the same dynamics was observed when growing varieties Marisha and Voskhod VNISSOk. The maximum biometric indicators were formed by the Voskhod VNISSOk variety.

Intermediate data between this variety and the standard (Novice) were obtained when cultivating the Marisha variety. The tomato varieties provided significant yield data on variants with doses of the Lignogumat agrochemical. At the same time, the most significant indicator (7.7 kg/m²) on average for the varieties was recorded on a variant with a dose of 1.2 l/ha.

Key words: Primorsko-Kaspijskaya subprovince, tomatoes, varieties, Novichok, Marisha, Voskhod VNISSOKa, agrochemical Lignogumat brand B-Fe, biometric indicators, yield.

Изучение влияния протравителей семян на рост и развитие пшеницы

УДК 633.11

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-23-26

А. А. Березкин, Д. А. Хаипов, М. Ю. Пучков (д.с.–х.н.)
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева,
rosecostroi@mail.ru

Протравители семян — химические препараты, используемые для предпосевной обработки различных культурных растений, с целью предохранения всходов от болезней и вредителей растений. Современные протравители семян имеют различный состав и обладают разным потенциалом эффективности, что требует проведения дополнительных исследований. Исследования проводили с целью изучения влияния протравителей семян различного химического состава на рост и развитие проростков пшеницы. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния протравителей семян (Шансомитокс Трио, КС — 1,4 л/т семян; Квартет, КС — 1,5 л/т семян; Кинг Комби, КС — 1,5 л/т семян; Оплот Трио, ВСК — 0,6 л/т семян; Табу, ВСК — 0,7 л/т семян; Селект Топ, КС — 1,5 л/т семян; H2O — ст) на рост и развитие пшеницы сорта Камышинская 3 на ранних этапах развития. Экспериментальная часть выполнялась в 2025 г. в фитотроне АгроТехноПарка АГУ (п. Начало Приволжского района Астраханской области). Проводили следующие наблюдения, учёты и анализы: Морфологические измерения (длина корешка, мм; диаметр корешка, мм); Определение индекса жизнеспособности семян (потенциал прорастания, %; скорость прорастания, %; индекс прорастания, %; индекс энергии прорастания). Предпосевная обработка семян положительно повлияла на их посевные свойства. Наибольшее положительное влияние на рост и развитие листьев и корней оказывали протравители Шансомет Трио (14,3 мм, 8,1 мм) и Селекс Топ (14,9 мм, 8,9 мм). Максимальный эффект при определении индексов жизнеспособности семян оказало действие протравителя Оплот Трио (ППС — 0,36%; СПС — 0,91%; ИПС — 12,43%; ИЭПС — 0,63%).

Ключевые слова: озимая пшеница, протравители семян, жизнеспособность семян, индекс и энергия прорастания семян.

Введение

Пшеница имеет огромное значение как основная зерновая культура, из которой делают муку для хлеба, макаронных и кондитерских изделий [9].

Мировое производство пшеницы составляет около 780 млн т. в год. Основными мировыми производителями пшеницы являются Китай (138 млн. т), Индия (107,7 млн. т) и Россия (104,2 млн. т) (рис. 1).

Один из основных способов получения гарантированного урожая пшеницы является использование качественного семенного материала. Использование высококачественных семян может повысить урожайность на 15–20% [10].

Качественный семенного материала во многом зависит как от репродукции, а также, от предпосевной обработки СХЗР и регуляторами роста [2, 5–7]. Семена постоянно несут высокую инфекционную нагрузку грибных болезней. В связи с чем семенной материал обрабатывают протравителями. Всходы яровой пшеницы нуждаются в защите от вредителей, повреждающих

посевы. Обеззараживание семян перед посевом — необходимый прием, позволяющий сохранить до 12% и более урожая [4, 5].

У возбудителей грибной инфекции при длительном использовании одного и того же фунгицида возникает резистентность (устойчивость) к данному веществу. Для сохранения посевов и получения высоких и качественных урожаев озимой пшеницы актуальной задачей является тщательный подбор препаратов для протравливания семян. Некоторые протравители оказывают негативное действие на посевные качества семян и морфофизиологические параметры проростков семян. Это снижает их полевую всхожесть, густоту стояния растений и в итоге — урожайность [1].

Современные протравители семян имеют различный состав и обладают разным потенциалом эффективности, что требует проведения дополнительных исследований.

Целью исследования явилась оценка эффективности влияния протравителей семян различного хими-



Рис. 1. Мировые производители пшеницы, млн. т

ческого состава на рост и развитие проростков озимой пшеницы.

Материал и методы исследования

Объектами исследования являлись сорт яровой пшеницы Камышинская 3 и протравители семян. Предмет исследования — влияние протравителей семян на рост и развитие пшеницы на ранних этапах развития.

Сорт яровой мягкой пшеницы Камышинская 3 — среднеспелый сорт, рекомендован для выращивания в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. Период вегетации — 91–95 дней. Высота растений средняя. Хлебопекарские характеристики высокие.

Краткое описание препаратов и схема опытов представлены в *табл. 1*.

Контроль — обработка водой семян. Дозировка препаратов в опыте определялась исходя из рекомендаций производителя.

Экспериментально лабораторную часть эксперимента проводили в 2025 г. в фитотроне АгроТехноПарка АГУ расположенного в п. Начало Приволжского района Астраханской области. Семена проращивали в чашках Петри при температуре 20°C.

В опыте проводились следующие наблюдения, учёты и анализы.

Морфологические измерения: длина корешка, мм; диаметр корешка, мм;

Определение индексов жизнеспособности семян [8]: потенциал прорастания, %; скорость прорастания, %; индекс прорастания, %; энергия прорастания, %; индекс энергии прорастания.

Индексы жизнеспособности семян и определяли по следующим формулам:

$$\text{Потенциал прорастания (\%)} = \frac{\text{количество проросших семян, 3 сут}}{\text{количество семян}}, \quad (1)$$

$$\text{Скорость прорастания (\%)} = \frac{\text{количество проросших семян, 7 сут}}{\text{количество семян}}, \quad (2)$$

$$\text{Индекс прорастания (\%)} = \frac{\text{число проросших семян в день}}{\text{день прорастания}}, \quad (3)$$

$$\text{Энергия прорастания (\%)} = \frac{n}{N} \cdot 100\%, \quad (4)$$

$$\text{Индекс энергии прорастания (\%)} = \frac{\text{средняя длина корешка, мм}}{\text{индекс прорастания}}. \quad (5)$$

Параметры семян и проростков регистрировали ежедневно по мере их прорастания. Длину корешка и листьев измеряли линейкой.

Количество семян в каждом варианте — 100 шт., повторность — четырехкратная.

Статистический анализ экспериментальных данных проводили с использованием двухстороннего (двухфакторного) дисперсионного анализа (“ANOVA”) с последующим тестом LSD с $\alpha = 0,05$, с использованием программы “COSTAT v. 6.4”

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ данных представленных на *рис. 2, а* указывает на положительный эффект от действия всех изучаемых протравителей семян. Максимальные показатели отмечены от действия препарата Шансометокс Трио (14,3±0,24). Минимальные показатели отмечены от действия препарата Оплот Трио (12,4±0,27). В контрольной обработке длина листьев составляла 11,3±0,52.

Анализ данных представленных на *рис. 2, б* указывает на так же на положительный эффект от действия химических препаратов на ростовую активность корней. Средний показатель длины листа равнялся 8,1±0,07 мм. Максимальный эффект наблюдался от применения препарата Селест Топ, КС (8,9±0,12). Данный эффект достигается благодаря комбинации трех действующих веществ: дифеноконазола, тиаметоксама и флудиоксонила.

Потенциал прорастания семян — это способность семян, содержащих живой зародыш, прорасти и дать всходы при благоприятных условиях, выражающаяся в проценте проросших семян из общего числа посеянных. Данный потенциал зависит от многих факторов, включая качество самих семян (жизнеспособность

Краткое описание препаратов и схема опытов

Протравитель	Действующее вещество	Норма расхода препарата		Производитель
		л/т	экспозиция, ч	
Шансомитокс Трио, КС	тиаметоксам 262,5 г/л + дифеноконазол 25 г/л + флудиоксонил 25 г/л	1,4	2	МТС «Агро-Альянс» (Россия)
Квартет, КС	ацетамиприд 150 г/л + прохлораз 100 г/л + протиоконазол 39 г/л + азоксистробин 39 г/л	1,5	2	ООО «АгроЭксперт Групп» (Россия)
Кинг Комби, КС	ацетамиприд 100 г/л + флудиоксонил 34 г/л + ципроконазол 8,3 г/л	1,5	2	ООО «АгроЭксперт Групп» (Россия)
Оплот Трио, ВСК	тебуконазол 45 г/л + дифеноконазол 90 г/л + азоксистробин 40 г/л	0,6	2	ООО «Август» (Россия).
Табу, ВСК	имидаклоприд 500 г/л	0,7	2	ООО «Август» (Россия)
Селект Топ, КС	дифеноконазол 25 г/л + тиаметоксам 262,5 г/л + флудиоксонил 25 г/л	1,5	2	ООО «Сингента» (Швейцария)

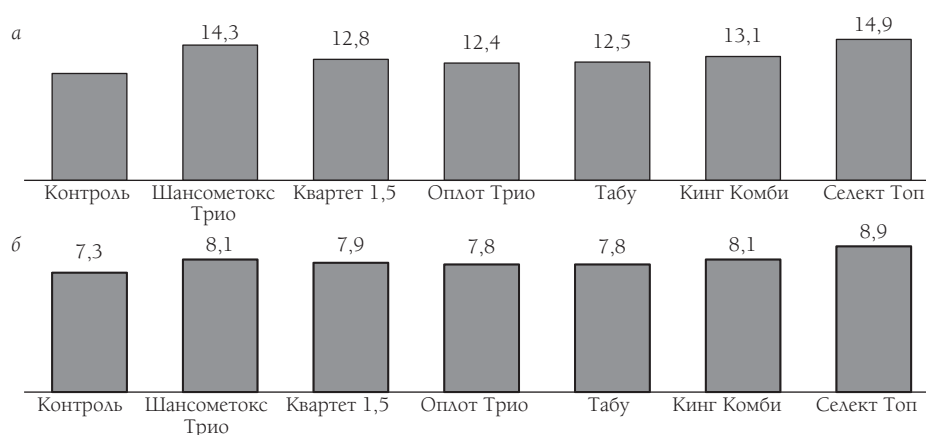


Рис. 2. Влияние действия протравителей на длину листьев (а) и корней (б), мм

зародыша), условия окружающей среды (температуру, влажность, глубину заделки), а также подготовку семян и почвы перед посевом.

Результаты, представленные на рис. 3 указывают на положительный эффект от действия протравителей на семена пшеницы (0,32%) по сравнению с контрольным вариантом (0,24%). Препараты Квартет (0,34%), Кинг Комби (0,32%) и Селект Топ (0,32%) оказывали стимулирующее действие на ростовую активность растений, стимулируя их рост и развитие на фазе прорастания семян. В наибольшей степени такое действие оказывал препарат Оплот Трио (0,36%).

Скорость прорастания семян — показатель того, как быстро семена переходят от состояния покоя к активной жизнедеятельности, образуя проросток и отражает скорость процесса прорастания.

Данные представленные на диаграмме (рис. 4) указывают на положительный эффект от действия протравителей на семена пшеницы (ср. 0,82%). Максимальный эффект наблюдался от действия препарата Оплот Трио (0,91%), минимальным — Шансометокс Трио (0,74 %). В контрольном варианте — 0,62 %.

Индекс прорастания семян — это показатель, который объединяет два аспекта качества семян: процент проросших семян и скорость их прорастания. Существует несколько способов расчета, например, общее количество проросших семян, разделенное на общее количество дней проращивания (так называемый индекс всхожести). Индекс прорастания семян более полный параметр, чем просто процент всхожести, так как он учитывает разброс и продолжительность прорастания. Более высокое значение индекса прорастания семян соответствует более высокому проценту и скорости прорастания семян.

Анализируя данные представленные на диаграмме (рис. 5) можно наблюдать положительный эффект действия всех изучаемых препаратов. Если в контрольном варианте наблюдается значения ИПС на уровне 5,71%, то действие на семена изучаемых протравителей приводит к увеличению в два раза. Максимальный показатель отмечался под действием Оплот Трио (12,43%), а минимальный показатель у Шансометокс Трио (5,71 %).

Всхожесть семян — это способность семян в установленный срок формировать нормально развитые

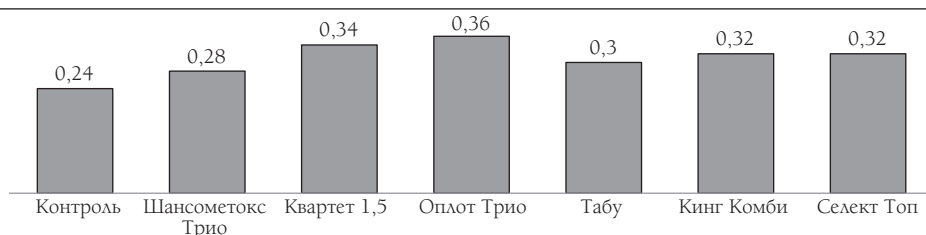


Рис. 3. Потенциал прорастания семян, ППС, %

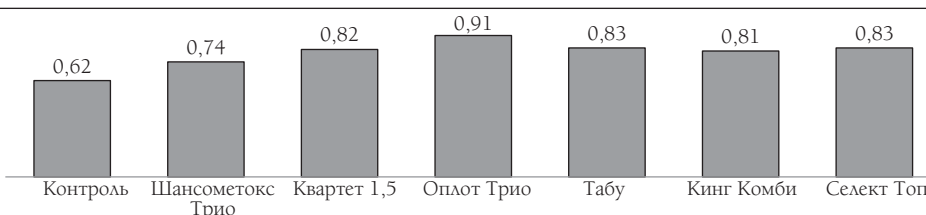


Рис. 4. Скорость прорастания семян, СПС, %

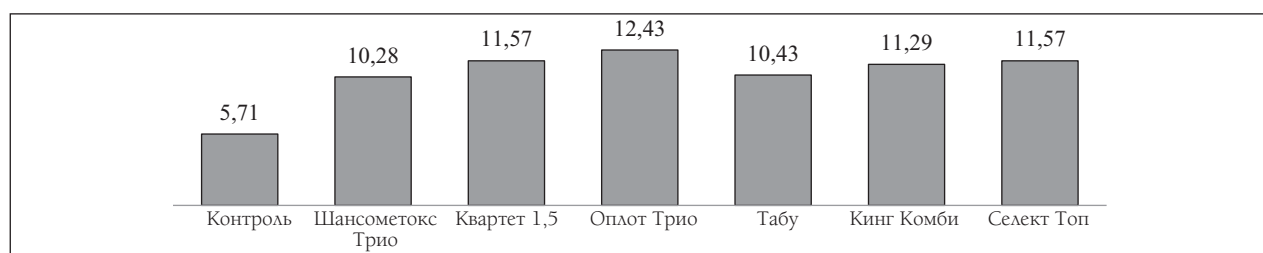


Рис. 5. Индекс прорастания семян, ИПС, %

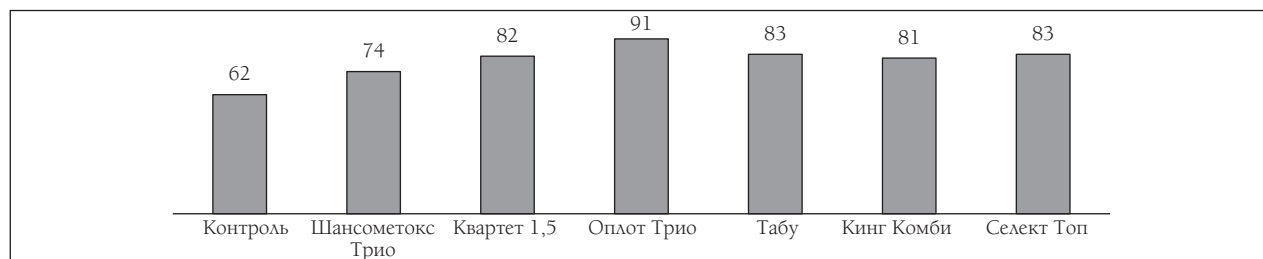


Рис. 6. Всхожесть семян, %

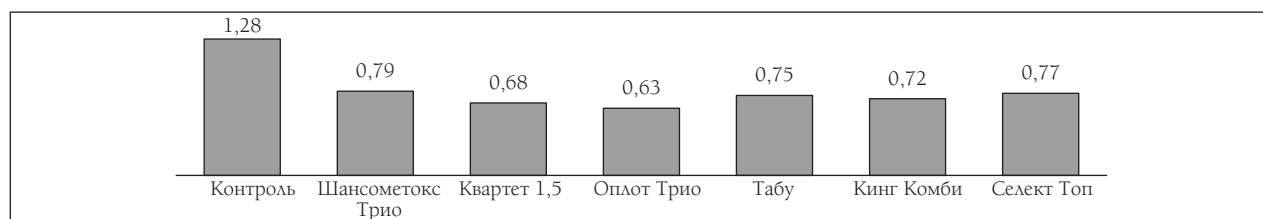


Рис. 7. Индекс энергии прорастания семян, ИЭПС, %

проростки в определённых условиях проращивания, выраженная в процентах от общего числа семян в пробе. Высокая всхожесть указывает на хорошее посевное качество и высокий потенциал урожайности, а низкая – на порчу семян или несоблюдение условий хранения и выращивания.

Исследованием установлено, положительный эффект действия всех протравителей на всхожесть семян пшеницы (рис. 6). Максимальный эффект у Оплот Трио (91%) достигался за счет комбинированного действия трех активных веществ. Несмотря на наличие в препарате Табу ВСК только одного системного инсектицида имидаклоприда из класса неоникотиноидов оказывал значительный положительный эффект на всхожесть семян.

При анализе показателя «индекс энергии прорастания семян» установлен положительный эффект воздействия действующих веществ, входящих в состав в

изучаемые препараты (рис. 7). Усредненный показатель находится в пределах 0,72%. Наибольшее положительное влияние наблюдалось под действием протравителя Оплот Трио (0,63%) при значении в контрольной выборке 1,28%.

Выводы

Результаты исследований указывают на положительное действие всех изучаемых протравителей на всхожесть семян, рост и развитие проростков пшеницы. Наибольшее положительное влияние на рост и развитие листьев и корней оказывали протравители Шансомет Трио (14,3 мм, 8,1 мм) и Селект Топ (14,9 мм, 8,9 мм). Максимальный эффект при определении индексов жизнеспособности семян оказало действие протравителя Оплот Трио (ППС — 0,36%; СПС — 0,91%; ИПС — 12,43%; ИЭПС — 0,63%).

Литература

1. Амиров, М.Ф. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от влияния минеральных удобрений, обработки семян и посевов в Предкамье республики Татарстан / М.Ф. Амиров, Р.М. Низамов, Д.И. Толокнов, М.М. Хайбуллин // Вестник Курганской ГСХА. 2023. – № 2 (46). С. 10–17.
2. Бобренко, И.А. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы в лесостепи / И. А. Бобренко, В. П. Кормин, М. А. Чернявская, В. И. Попова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 2 (112). С. 9–13.
3. Долженко, В.И. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность / В. И. Долженко, А. Б. Лаптев // Плодородие. – 2021. – № 3. С. 71–75.

4. Пилипенко, Н.Г. Влияние предпосевной обработки семян на развитие болезней и продуктивность зерновых культур / Н. Г. Пилипенко, О. Т. Андреева, А. П. Сидорова, Н. Ю. Харченко // Кормопроизводство. – 2022. – № 1. С. 37–42.
5. Попова, В.В. Влияние стимуляторов роста на урожайность гороха в лесостепи / И.А. Бобренко, Д.В. Александров, А.М. Асанов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (51). – С. 32–37.
6. Ananthi, M. Effect of seedtreatment on seed and seedling quality characters in redgram cv. CO (Rg) 7/ M. Ananthi, P. Selvaraju, P. Srimathi// International Journal of Science and Nature. – 2015. – 6(2). 205–208.
7. Abdelkader, M. Biostimulants based-amino acid augment physio-biochemical responses and promote salinity tolerance of lettuce plant (*Lactuca sativa* L.). / M. Abdelkader, L. Voronina, M. Puchkov et al. // Horticulturae. – 2023. – 9 (7), 807.
8. Seed Germination App, Version 1.0, Interactive data analysis platform for germination analysis www.seedplant.ir <https://netplant.ir/seedplant/GerminationIndexes.pdf>.
9. Singh, S.K., Mishra, V.K., Srivastava, U.K., Kumar, A., Impact of irrigation levels on growth, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) / S.K. Singh, V.K. Mishra, U.K. Srivastava, A. Kumar // Environment and Ecology. – 2012. – 30. 72–77.
10. Thakur, A. Hybrid seed production / A. Thakur, P. Sharma, A. Jyoti, K. Nissa, R. Kanwar. In book: Elements of Plant Breeding, 2024. 63–73.

Литература

1. Amirov, M.F. Formirovanie uroznya yarovoj pshenitsy v zavisimosti ot vliyaniya mineral'nykh udobrenij, obrabotki semyan i posevov v Predkam'e respubliky Tatarstan / M.F. Amirov, R.M. Nizamov, D.I. Toloknov, M.M. Khajbullin // Vestnik Kurganskoy GSKhA = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2023. – № 2 (46). – С. 10–17.
2. Bobrenko I.A. Effektivnost' ispol'zovaniya biopreparatov pri vozdeleyanii yarovoj pshenitsy v lesostepi / I.A. Bobrenko, V.P. Kormin, M.A. Chernyavskaya, V.I. Popova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = News of the Orenburg State Agrarian University. 2025. – № 2 (112). – С. 9–13.
3. Dolzhenko, V.I. Sovremennyy assortiment sredstv zashchity rastenij: biologicheskaya effektivnost' i bezopasnost' / V.I. Dolzhenko, A.B. Laptiev // Plodorodie = Fertility. – 2021. – № 3. С. 71–75.
4. Pilipenko, N.G. Vliyaniye predposevnoy obrabotki semyan na razvitiye boleznej i produktivnost' zernovykh kul'tur / N.G. Pilipenko, O.T. Andreeva, L.P. Sidorova, N.Yu. Kharchenko // Kormoproizvodstvo = Forage production. 2022. – № 1. – С. 37–42.
5. Popova, V.V. Vliyaniye stimulyatorov rosta na urozhajnost' gorokha v lesostepi / I.A. Bobrenko, D.V. Aleksandrov, A.M. Asanov // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Omsk State Agrarian University. – 2023. – № 3 (51). С. 32–37.
6. Ananthi, M. Effect of seedtreatment on seed and seedling quality characters in redgram cv. CO (Rg) 7/ M. Ananthi, P. Selvaraju, P. Srimathi// International Journal of Science and Nature. – 2015. – 6(2). – С. 205–208.
7. Abdelkader, M. Biostimulants based-amino acid augment physio-biochemical responses and promote salinity tolerance of lettuce plant (*Lactuca sativa* L.). / M. Abdelkader, L. Voronina, M. Puchkov et al. // Horticulturae. – 2023. – 9 (7), 807.
8. Seed Germination App, Version 1.0, Interactive data analysis platform for germination analysis www.seedplant.ir <https://netplant.ir/seedplant/GerminationIndexes.pdf>.
9. Singh, S.K., Mishra, V.K., Srivastava, U.K., Kumar, A., Impact of irrigation levels on growth, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) / S.K. Singh, V.K. Mishra, U.K. Srivastava, A. Kumar // Environment and Ecology. – 2012. – 30. 72–77.
10. Thakur, A. Hybrid seed production / A. Thakur, P. Sharma, A. Jyoti, K. Nissa, R. Kanwar. In book: Elements of Plant Breeding, 2024. 63–73.

A. A. Berezkin, D. A. Khaipov, M. Y. Puchkov

Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev
rosecostroi@mail.ru

STUDYING THE INFLUENCE OF SEED PRODUCTS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF WHEAT

Seed treatments are chemical preparations used for pre-sowing treatment of various crops to protect seedlings from diseases and pests. Modern seed treatments vary in composition and effectiveness, which requires further research. The study was conducted to assess the effect of various chemical seed treatments on the growth and development of wheat seedlings. This article presents the results of studies examining the effect of seed treatments (Shansomitoks Trio, KS – 1.4 l/t of seeds; Quartet, KS – 1.5 l/t of seeds; King Combi, KS – 1.5 l/t of seeds; Oplot Trio, VSK – 0.6 l/t of seeds; Tabu, VSK – 0.7 l/t of seeds; Select Top, KS – 1.5 l/t of seeds; H₂O – st) on the growth and development of the Kamyshinskaya 3 wheat variety in the early stages of development. The experimental part was conducted in 2025 in the phytotron of the AgroTechnoPark of Astrakhan State University (Nachaiya, Privolzhsky District, Astrakhan Region). The following observations, records, and analyses were conducted: Morphological measurements (rootlet length, mm; rootlet diameter, mm); Determination of the seed viability index (germination potential, %; germination rate, %; germination index, %; germination energy index). Pre-sowing seed treatment had a positive effect on their sowing properties. The seed treatments Shansomitoks Trio (14.3 mm, 8.1 mm) and Selex Top (14.9 mm, 8.9 mm) had the greatest positive effect on the growth and development of leaves and roots. The Oplot Trio seed treatment had the greatest effect in determining seed viability indices (PPS – 0.36%; SPS – 0.91%; IPS – 12.43%; IEPS – 0.63%).

Key words: winter wheat, seed treatments, seed viability, seed germination index and energy.

Оценка засухоустойчивости изоядерных гибридов F₁ сорго на основе АЗ, А4 и 9Е типов стерильных цитоплазм

УДК 633.174:631.524.85

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-27-33

О. П. Кибальник (д.б.н.), Е. А. Черкасова, С. В. КибальникРоссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,
kibalnik79@yandex.ru

Засуха является одним из основных абиотических стрессоров, влияющих на сельскохозяйственные культуры и приводящих к значительным потерям урожая. Создание более устойчивых сортов и гибридов может снизить негативные последствия воздействия данного фактора. В данном исследовании представлены результаты диагностики (2023, 2025 г.) засухоустойчивости гибридов F₁ зернового и сахарного сорго, полученных на основе изоядерных ЦМС-линий с различными типами цитоплазм (АЗ, А4, 9Е). Определение показателей засухоустойчивости (оводненность тканей листьев, водный дефицит листьев, проницаемость клеточных мембран) в основные фазы развития растений («выметывание», «цветение», «молочная спелость», «молочно-восковая спелость») показало, что цитоплазма типа А4 у гибридов с линией Л-50/14 в фазу «цветение» оказывал достоверное влияние на водный дефицит (5,89%) по сравнению с цитоплазмой АЗ (10,59%). Изоядерные ЦМС-линии (АЗ, А4 и 9Е Желтозерное 10) сорго обладали средней засухоустойчивостью, а линии-опылители (Л-65/14, Л-50/14) – высокой. Так, наиболее чувствительными для гибридов зернового сорго являются фазы «цветение» и «молочно-восковая спелость», а для сахарного – «цветение». Установлено, что оводненность снижалась по мере развития растений и в фазы «цветение», «молочно-восковая спелость» составила 70,53–71,58%; показатели водного дефицита имели более высокие значения в фазу «молочно-восковая спелость» (10,08–16,44%), а степень повреждения клеточных мембран – «цветение» (23,74–36,75%). Полученные результаты важны в селекционных программах по созданию засухоустойчивых гибридов сорго, а использованные показатели могут служить критериями диагностики родительских форм и гибридов с повышенной устойчивостью к стрессору.

Ключевые слова: засуха, сорго, ЦМС, гибрид, наибольший лист, оводненность тканей, водный дефицит, проницаемость клеточных мембран.

Введение

В контексте глобальных климатических изменений, исследование механизмов устойчивости сельскохозяйственных растений к абиотическим стрессорам, таким как засуха, температурный стресс и засоление, является приоритетной задачей. Эти факторы ограничивают продуктивность растениеводства и устойчивое развитие агропромышленного комплекса. Засуха, особенно в сочетании с высокими температурами, представляет собой наиболее значимый абиотический стрессор, приводящий к существенным потерям урожая [1–4].

Засуха представляет собой наиболее распространенный абиотический стрессор, оказывающий негативное воздействие на вегетацию сельскохозяйственных культур, что приводит к ограничению их продуктивности в мировом масштабе; препятствует полной реализации генетического потенциала сортов и гибридов и является основной причиной потерь урожая [3, 5]. Этот стрессор способен повлиять на протекание физиологических и биохимических процессов, приводящих к ослаблению растений и даже снижению их устойчивости к другим стрессорам [6].

В условиях меняющихся климатических условий на планете возникает потребность в расширении посевных

площадей, занятых засухоустойчивыми и пластичными сельскохозяйственными культурами. К таким культурам относится сорго, которое характеризуется высокой толерантностью к длительным засухам (почвенным и атмосферным) с минимальными потерями урожая в сравнении с пшеницей и ячменем. Тем не менее, каждое повышение средней температуры воздуха на 1°C в вегетационный период приводит к снижению средней урожайности зерна сорго примерно на 8–9%.

При выведении новых высокопродуктивных адаптивных сортов и гибридов большое значение придается способности растений противостоять воздействию абиотических стрессоров в конкретной микроне зоне возделывания [9]. В этой связи, понимание генетических, физиологических и экологических факторов, влияющих на стрессоустойчивость, имеет особое значение [10–12]. Ограниченность генетических источников у сорго, имеющих морфофизиологические характеристики, отражающие засухоустойчивость, снижает эффективность селекционной работы [13]. Поэтому важно включать в селекционный процесс генетически разнородный исходный материал. В частности, в гибридизацию вовлекаются ЦМС-линии с разным типом стерильной цитоплазмы [14]. Известно, что устойчивость растений к абиотическим факторам во многом

зависит от согласованного взаимодействия ядерных геномов и цитоплазмы [15, 16]. Однако информация в этой области изучена недостаточно полно. В этой связи, оценка адаптационных свойств (показателей засухоустойчивости) изоядерных гибридов F₁ сорго к засушливым условиям для практической селекции приобретает исключительное значение.

Материал и методы исследования

В работе исследовали гибриды F₁, полученные на основе изоядерных ЦМС-линий зернового сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) с геномом Желтозерное 10 на цитоплазмах АЗ, А4 и 9Е. Эти изоядерные линии, имеющие одинаковый ядерный геном, но различающиеся друг от друга типом цитоплазмы, были созданы ранее путем серий бэккроссов Желтозерного 10 с ЦМС-линиями, несущими цитоплазмы следующих источников стерильности: АЗ (IS1112С), А4 (IS7920С), 9Е (IS17218) [17]. В данном исследовании использовали растения из семей ВС₂₁. Опылителями являлись селекционные линии зернового (Λ-65/14, Λ-50/14) и сахарного (Λ-67/13) сорго. Родительские формы и гибриды F₁ выращивали на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в трехкратной повторности в 2023 и 2025 гг. Густоту стояния растений (100–150 тыс. шт./га) устанавливали вручную. Площадь делянки — 7,7 м². Размещение делянок рендомизированное.

Параметры водного режима листьев и проницаемость клеточных мембран определяли у 5 наибольших листьев в двухкратной повторности в основные фазы развития сорго (выметывание, цветение, молочная спелость, молочно-восковая спелость) по общепринятым методикам [18–19].

Для определения оводненности тканей (ОТ) листья высушивали в термостате при температуре 105°C до постоянной массы. Количество воды в процентах от сырой массы навески определяли по формуле:

$$ОТ = ((a - b)/a) \cdot 100,$$

где а — масса сырой навески (г); б — масса сухой навески (г).

Для определения водного дефицита (ВД) листья помещали в сосуд с водой и накрывали. После 24-часового насыщения листья промокали фильтровальной бумагой и взвешивали:

$$ВД = (M_2 - M_1) \cdot 100 / (M_2 - M_3),$$

где M₁ — масса листьев до насыщения водой (г); M₂ — масса листьев после 24-часового насыщения (г); M₃ — масса сухой навески (г).

Для определения степени повреждения клеточных мембран одну партию (контроль) помещали в дистиллированную воду, вторую (опыт) — в термостат. Далее обе партии заливали дистиллированной водой. После экстракции определяли электропроводность

раствора. Далее стаканчики с растительным материалом доводили до кипения (2 мин.), остужали, добавляли объем до исходной величины и определяли полный выход электролитов по электропроводности той же вытяжки после разрушения мембраны кипячением.

$$A = \left(1 - \frac{1 - T_1 / T_2}{1 - C_1 / C_2} \right) \cdot 100\%,$$

где А — степень повреждения; T₁ — выход электролитов из обезвоженных листьев, T₂ — полный выход электролитов из той же пробы; C₁ — исходный выход электролитов без воздействия; C₂ — полный выход электролитов из той же пробы.

Результаты исследований обработаны дисперсионным анализом в программе Агрос 2.09.

Результаты исследования и их обсуждение

В селекции стрессоустойчивых гибридов F₁ важно вовлекать наиболее засухоустойчивый исходный материал (ЦМС-линии, используемые в качестве материнских форм и селекционные линии-опылители, используемые в качестве отцовских форм). Учитывая, что засушливые условия могут возникнуть на любой стадии развития растений, важно провести комплексную диагностику образцов в основные фазы. Для изучения реакции родительских форм и гибридов сорго на абиотический стресс в разные фазы определяли оводненность тканей листьев, водный дефицит и проницаемость клеточных мембран.

Так, дисперсионным двухфакторным анализом установлено, что в среднем по фазам ЦМС-линия на основе цитоплазмы А4 (68,74%) по оводненности достоверно отличалась от аналога на цитоплазме АЗ (67,26%) и фертильного аналога (66,47%). Полученные значения признака соответствуют средней засухоустойчивости и согласуются с показателями водного режима проведенные ранее, в фазу «цветение» [20].

Наиболее толерантной к сложившимся погодным условиям в основные фазы вегетации оказалась селекционная линия Λ-65/14: показатели оводненности оставались на одном уровне в пределах 74,33–74,90%. Гибриды с линией Λ-65/14 характеризовались более высокой оводненностью тканей листьев (75,13–75,93%) по сравнению с гибридами с линией Λ-50/14 (72,63–73,25%). При этом, достоверное влияние цитоплазмы на проявление признака у гибридов не обнаружено (табл. 1). Полученные сведения свидетельствуют о высокой засухоустойчивости гибридов и отцовской формы, участвующих в скрещиваниях.

Линия Λ-50/14 и гибрид АЗ Желтозерное 10/Λ-50/14 испытывали больший абиотический стресс в фазу «цветение»: в этот период вегетации наблюдалось снижение оводненности листьев до 69,40% и 71,96%, соответственно. Однако, в целом по трем фазам развития

Табл. 1. Оводненность тканей листьев (%) родительских форм, изоядерных гибридов F1 сорго на основе цитоплазм АЗ и А4, 2023 г.

Образец (фактор А)	Фаза развития растений (фактор В)			
	Выметывание	Цветение	Молочно-восковая спелость	Среднее
Родительские компоненты				
АЗ Желтозерное 10	67,97	67,99	65,82	67,26 a
А4 Желтозерное 10	70,04	69,43	66,76	68,74 b
В Желтозерное 10	69,51	64,74	65,16	66,47 a
Λ-65/14	74,33	74,46	74,90	74,57 fg
Λ-50/14	72,67	69,40	73,79	71,95 cd
Гибридные комбинации				
АЗ Желтозерное 10/Λ-65/14	75,11	77,15	73,14	75,13 gh
А4 Желтозерное 10/Λ-65/14	78,17	77,17	72,46	75,93 h
АЗ Желтозерное 10/Λ-50/14	75,00	71,96	72,78	73,25 e
А4 Желтозерное 10/Λ-50/14	76,04	71,90	69,96	72,63 de
Среднее	73,20 c	71,58 b	70,53 a	
F _{05(A)} =122,03*; HCP _{05(A)} =0,91; F _{05(B)} =54,84*; HCP _{05(B)} =0,53; F _{05(AB)} =10,87*; HCP _{05(AB)} =1,59				
Примечание. *p≤0,05. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при p≤0,05.				

линия Λ-50/14 и гибриды, полученные с ее участием, следует отнести к высокозасухоустойчивым.

Выявлено, что в целом по группе образцов оводненность снижалась по мере развития растений от 73,20 до 70,53%. Наибольший стресс растения испытывали в фазы «цветение» и «молочно-восковая спелость».

Сравнительный анализ гибридов и их родительских форм обнаружил различия между ЦМС-линией и гибридами в каждую фазу вегетации, при этом показатели гибридов значительно выше (рис. 1). В фазы «выметывание» и «цветение» наблюдалось доминирование признака у гибридов над обоими родительскими формами,

тогда как в фазу «молочно-восковая спелость» – промежуточное значение. Установлены достоверные различия между гибридами на основе цитоплазм АЗ, А4 и линией Λ-65/14 — 72,46–73,14% и 74,9%, соответственно; а с линией Λ-50/14 только на основе цитоплазмы А4 — 69,96 и 73,79%, соответственно.

Рассмотрение наличия различий между образцами изучаемой группы по показателям водного дефицита в разные фазы вегетации с помощью двухфакторного дисперсионного анализа показало, что в среднем по фазам ЦМС-линия АЗ Желтозерное 10 (12,77%) значительно отличалась от аналога на цитоплазме А4 (14,75%)

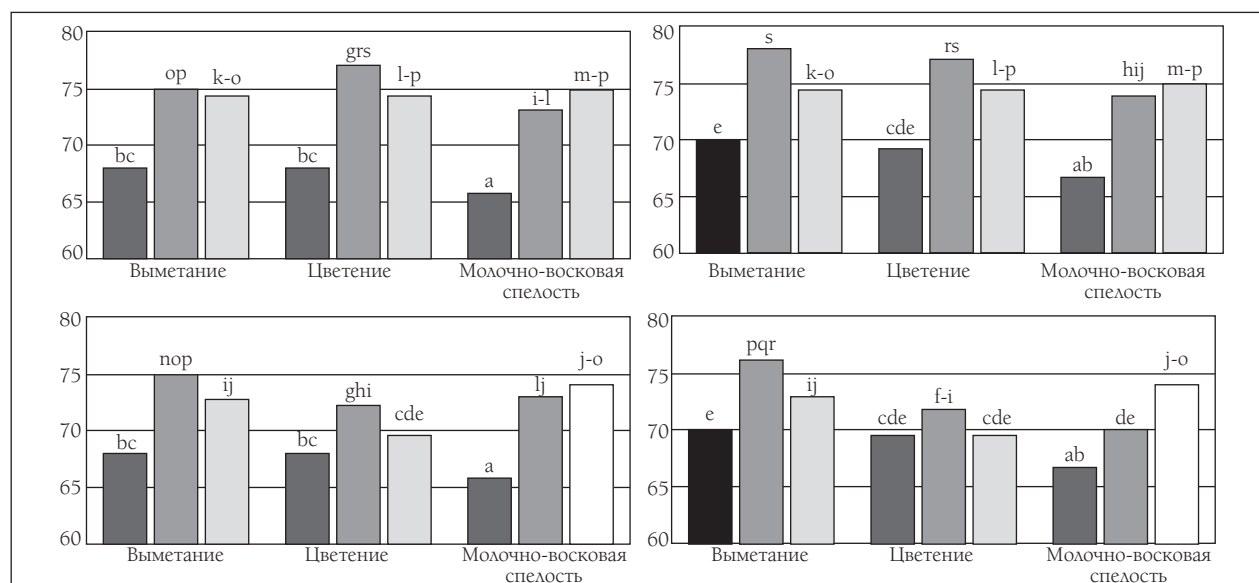


Рис. 1. Оводненность тканей листьев (%) гибридов сорго на основе цитоплазм АЗ и А4 по сравнению с родительскими компонентами в разные фазы, 2023 г. Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при p≤0,05, F₀₅ = 48,06, HCP₀₅ = 1,43; ■ — АЗ Желтозерное 10; ■ — А4 Желтозерное 10; ■ — гибрид; ■ — Λ-65/14; □ — Λ-50/14;

Табл. 2. Водный дефицит листьев (%) родительских форм, изоядерных гибридов F₁ на основе цитоплазм А3 и А4, 2023 г.

Образец (фактор А)	Фаза развития растений (фактор В)			
	Выметывание	Цветение	Молочно-восковая спелость	Среднее
Родительские компоненты				
А3 Желтозерное 10	12,90 i-j	8,74 a-h	16,66 qr	12,77 bc
А4 Желтозерное 10	15,01 m-q	10,15 e-k	19,09 r	14,75 d
В Желтозерное 10	13,15 j-p	15,03 n-q	15,14 opq	14,44 cd
Λ-65/14	6,36 abc	9,66 c-i	10,16 f-k	8,73 a
Λ-50/14	7,09 a-g	9,42 b-i	10,08 d-k	8,86 a
Гибридные комбинации				
А3 Желтозерное 10/Λ-65/14	7,11 a-g	5,97 ab	16,44 pqr	9,84 a
А4 Желтозерное 10/Λ-65/14	7,99 a-g	6,37 abc	13,49 k-q	9,28 a
А3 Желтозерное 10/Λ-50/14	6,51 abc	5,89 a	14,66 l-q	9,02 a
А4 Желтозерное 10/Λ-50/14	5,23 a	10,59 g-k	11,82 h-o	9,21 a
Среднее	9,04 a	9,09 a	14,17 b	

$F_{05(A)}=7,55^*$; $HCP_{05(A)}=2,16$; $F_{05(B)}=13,74^*$; $HCP_{05(B)}=1,18$; $F_{05(AB)}=2,10^*$; $HCP_{05(AB)}=3,75$

и не различалась с фертильным аналогом (14,44%). Значение признака соответствует средней засухоустойчивости. При этом, наибольшая чувствительность к факторам внешней среды установлена у стерильных аналогов на цитоплазмах А3 и А4: высокий водный дефицит наблюдался в фазы «выметывание» и «молочно-восковая спелость» (12,9–19,09%) по сравнению с фазой «цветение» (8,74–10,15%).

Гибриды и отцовские формы (линии Λ-65/14, Λ-50/14) характеризовались более низким значением водного дефицита 8,73–9,84% в среднем по изучаемым вегетационным фазам, что в целом, отражает высокий уровень устойчивости к засухе (табл. 2). Однако, более высокие значения признака выявлены в фазу

«молочно-восковая спелость» (10,08–16,44%), что отражает чувствительность к сложившимся погодным условиям в этот период. Причем, у гибридов с линией Λ-50/14 цитоплазма А4 снижала значения признака (5,89%) по сравнению с цитоплазмой А3 (10,59%) в фазу «цветение».

В целом, изоядерные гибриды и их родительские формы в условиях 2023 г. наибольший стресс испытывали в фазу «молочно-восковая спелость» по сравнению с фазами «выметывание» и «цветение»: водный дефицит составил 14,17% и 9,04–9,09%, соответственно (табл. 2).

Сравнительный анализ гибридов и их обоих родительских компонентов показал следующие особенности.

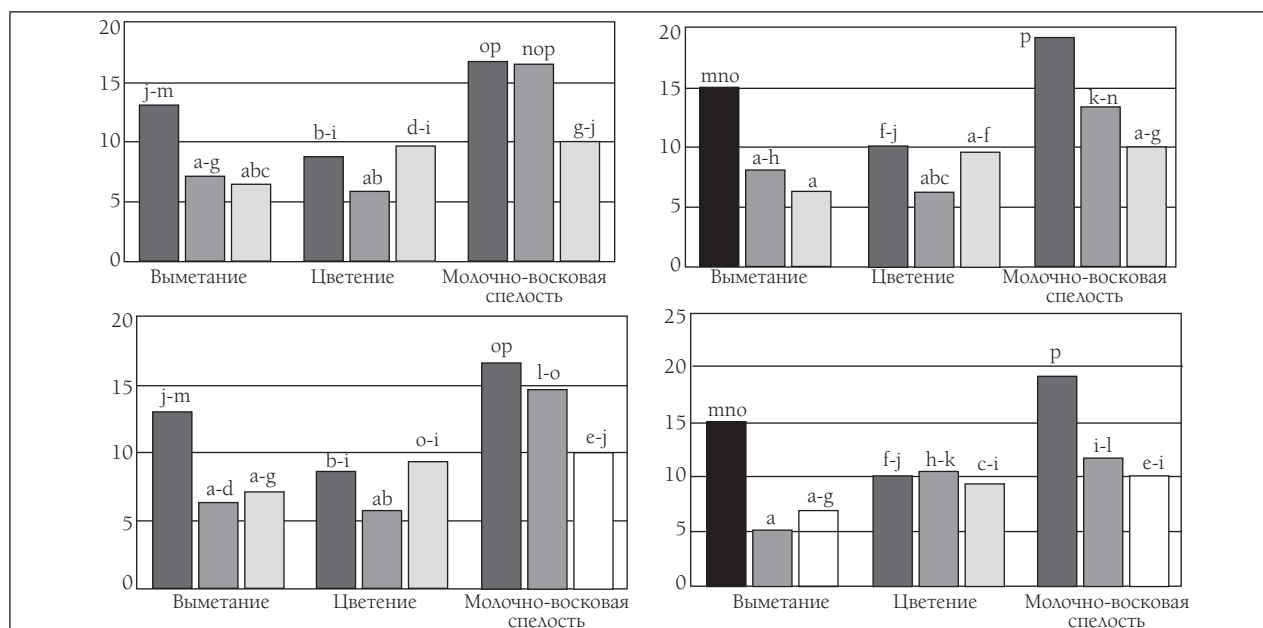
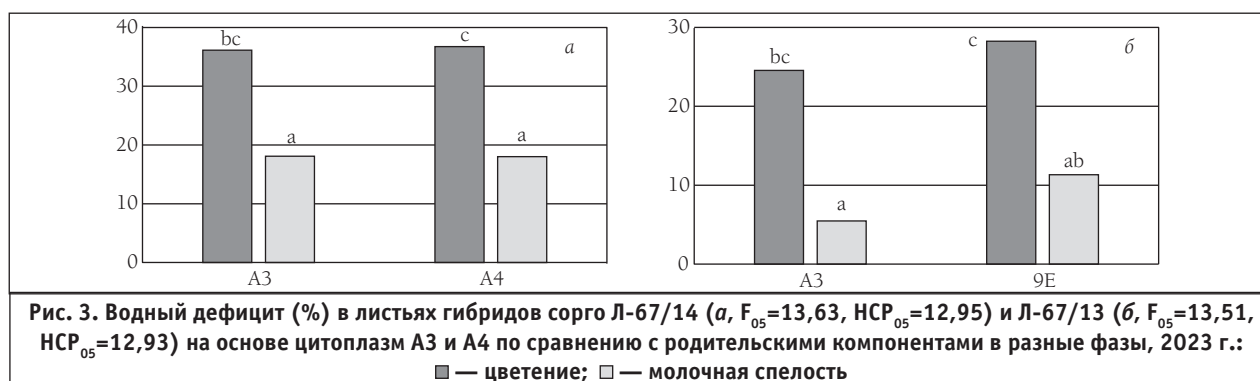


Рис. 2. Водный дефицит (%) в листьях гибридов сорго на основе цитоплазм А3 и А4 по сравнению с родительскими компонентами в разные фазы, 2023 г., $F_{05} = 16,88$ ($p \leq 0,05$), $HCP_{05} = 2,79$: ■ — А3 Желтозерное 10; ■ — А4 Желтозерное 10; ■ — гибрид; □ — Λ-65/14; □ — Λ-50/14;



У гибридов с линией Л-65/14 значение признаков оказалось в основном промежуточным, за исключением фазы «цветение». Обнаружены значимые различия между ЦМС-линией и гибридом на основе цитоплазмы А4 в фазы «выметывание», «цветение» и «молочно-восковая спелость». Причем, наибольший стресс испытывала материнская форма: значения признака составили 15,01% и 7,99%; 10,15% и 6,37%; 19,09% и 13,49%, соответственно. При этом, существенные различия между гибридом и отцовской линией установлены только в фазу «молочно-восковая спелость» – 13,49% и 10,16%, соответственно (см. рис. 2).

У гибридов с линией Л-50/14 достоверные различия с материнской формой наблюдались в фазу «выметывание» с наибольшим водным дефицитом у А3 и А4 Желтозерного 10 — 5,23–6,51% и 12,9–15,01%, соответственно; в фазу «молочно-восковая спелость» также более высокие значения признака обнаружены у А4 Желтозерного 10 (19,09%) по сравнению с гибридом (11,82%). В большинстве случаев проявление водного дефицита у гибридов носит промежуточный характер.

В условиях 2025 г. продолжали изучение засухоустойчивости изоядерных гибридов зернового и сахарного сорго по степени повреждения клеточных мембран. Так как в фазу «выметывание» у изоядерных гибридов и родительских форм параметры водного режима (оводненность и водный дефицит) листьев не снижались, то дальнейшую устойчивость к засухе определяли в фазы «цветение» и «молочная спелость».

Установлено, что степень проницаемости клеточных мембран у изоядерных гибридов сорго оказалась различной и зависела как от генотипических особенностей, так и фазы развития растений. Так, у гибридов зернового сорго на основе цитоплазм А3 и А4 с линией Л-65/14 отмечено более существенное повреждение клеточных мембран: 36,13–36,75% в фазу «цветение»

и 18,01–18,08% «молочная спелость». Цитоплазматический эффект на степень проявления клеточных мембран не выявлен (рис. 3).

У гибридов сахарного сорго на основе цитоплазм А3 и 9Е с линией Л-67/13 степень повреждения клеточных мембран в фазу «цветение 2» составила 23,74–28,02%, тогда как в фазу «молочная спелость» всего 5,36–11,32%. При этом, цитоплазматический эффект также не выявлен (рис. 3).

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что изоядерные ЦМС-линии (А3, А4 и 9Е Желтозерное 10) сорго характеризуются средней засухоустойчивостью, а линии-опылители (Л-65/14, Л-50/14) — высокой. Гибриды зернового сорго более чувствительны к засушливым условиям в фазы «цветение» и «молочно-восковая спелость», а гибриды сахарного сорго в фазу «цветение». Так, показатели оводненности гибридов зернового сорго снизились до 70,53–71,58%, а водный дефицит увеличился до 14,17% только в фазу «молочно-восковая спелость»; степень проницаемости клеточных мембран 18,08–36,75% в зависимости от фазы. Большая устойчивость гибридов сахарного сорго к стрессору заключается в невысокой степени повреждения клеточных мембран в фазу «молочная спелость», всего 5,36–11,32%. Сравнение изоядерных гибридов с разными типами цитоплазм показало, что только в фазу «цветение» у гибридов с линией Л-50/14 цитоплазма А4 снижала водный дефицит (5,89%) по сравнению с цитоплазмой А3 (10,59%). Полученные сведения позволяют расширить понимание в реакции сорго на стресс-фактор в определенной фазе развития и также важны для практической селекции на повышение засухоустойчивости гибридов зернового и сахарного сорго.

Литература

1. Amelework, B. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review / B. Amelework, H. Shimelis, P. Tongoona, M. Laing // African Journal Agricultural Research. – 2015. – V. 10(31). – P. 3029-3040.
2. Azarinasrabad, A. Evaluation of Water Stress on Yield, Its Components and Some Physiological Traits at Different Growth Stages in Grain Sorghum Genotypes / A. Azarinasrabad, S.M. Mousavinik, M. Galavi, S.A. Beheshti, A. Sirousmehr // Notulae Scientiae Biologicae. – 2016. – V. 8(2). – P. 204-210.

3. Galicia-Juarez, M. Identification of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes with Potential for Hydric and Heat Stress Tolerance in Northeastern Mexico / M. Galicia-Juarez, F. Zavala-Garcia, S.R. Sinagawa-Garcia, A. Gutierrez-Diez, H. Williams-Alanis, M.E. Cisneros-Lopez, R.E. Valle-Gough // *Planta*. – 2021. – V. 10. – e. 2265.
4. Zargar, M. Productivity of various barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under semi-arid conditions in southern Russia / M. Zargar, G. Bodner, A. Tumanyan, V. Plushikov, E. Pakina, N. Shcherbakova, M. Bayat // *Agronomy research*. – 2018. – V. 16(5). – P. 2242-2253.
5. Соболева, Г.В. Оценка гибридных популяций гороха по осмоустойчивости и создание на их основе перспективных в селекции на засухоустойчивость / Г.В. Соболева, А.А. Зеленев, А.Н. Соболева // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 4(36). – С. 18-23.
6. Гончарова, Ю.К. Механизмы засухоустойчивости и методы анализа устойчивости по признаку / Ю.К. Гончарова, О.А. Брагина, Ю.Ф. Якуба // II Международная научно-практическая конференция «Современные подходы и методы в защите растений». – Екатеринбург, 2020. – С. 144-145.
7. Padmashree, N. Combining ability sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench] for yield and quality parametrs / N. Padmashree, K. Sridhar, S.T. Kajjidoni // *Karnataka Journal Agricultural Science*. – 2014. – V. 27(4). – P. 449-453.
8. Djanaguiraman, M. Sensitivity of sorghum pollen and pistil to high-temperature stress / M. Djanaguiraman, R. Perumal, S.V.K. Jagadish, I.A. Ciampitti, R. Welti, P.V.V. Prasad // *Plant, Cell & Invironment*. – 2017. – V. 41. – Is. 5. – P. 1065-1082.
9. Некрасов, Е.И. Водоудерживающая способность сортов озимой пшеницы при различных условиях выращивания / Е.И. Некрасов, Е.В. Ионова // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2020. – № 3(23). – С. 122-130.
10. Farooq, M. Plant drought stress: effect, mechanisms and management / M. Farooq, A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, S.M.A. Basra // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2009. – V. 29. – P. 185-212.
11. Sanchez, A.C. Mapping QTLs associated with drought resistance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) / A.C. Sanchez, P.K. Subudhi, D.T. Rosenow, H.T. Nguyen // *Plant Molecular Biology*. – 2002.–V. 48.–P. 713-726.
12. Yadav, S.K. Influence of water deficit at vegetative, anthesis and grain filling stages on water relation and yield in sorghum / S.K. Yadav, N.J. Lakshimi, M.M. Ari, M. Vanaja, B.V. Arlu // *Indian journal of Plant Physiology*. – 2005. – V. 10. – N 1. – P. 20-24.
13. Emendack, Y. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance / Y. Emendack, J. Burke, J. Sanchez, H.E. Laza, C. Hayes // *Australian Journal of Crop Science*. – 2018. – V. 12(01). – P. 135-150.
14. Кибальник, О.П. Влияние типов стерильных цитоплазм на содержание пигментов в листьях гибридов F1 зернового сорго / О.П. Кибальник, Л.А. Эльконин // *Доклады РАСХН*. – 2009. – № 1. – С. 18-21.
15. Chaves, M.M. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell / M.M. Chaves, J. Flexas, C. Pinheiro // *Annals of Botany*. – 2009.–V. 103.–P. 551-560.
16. Terletskaia, N.V. Drought Stress Tolerance and Photosynthetic Activity of Alloplasmic Lines *T. dicoccum* × *T. aestivum* / N.V. Terletskaia, A.B. Shcherban, M.A. Nesterov, Perfil'ev, E.A. Salina, N.A. Altayeva, I.V. Blavachinskaya // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020.–V. 21.–P. 3356.
17. Эльконин, Л.А. Использование новых ЦМС-индуцирующих цитоплазм для создания скороспелых линий сорго с мужской стерильностью / Л.А. Эльконин, В.В. Кожемякин, А.Г. Ишин // *Доклады РАСХН*. – 1997. – №2. – С. 7-9.
18. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: (методические указания)/ под ред. Г.В. Удовенко. – Л.: ВИР, 1988.–227с.
19. Грищенко, Н.Н. Определение устойчивости растительных тканей к абиотическим стрессам с использованием кондуктометрического метода/ Н.Н. Грищенко, А.С. Лукаткин // *Поволжский экологический журнал*. – 2005 – № 1 – С. 3-11.
20. Кибальник, О.П. Селекционная ценность засухоустойчивых стерильных линий сорго / О.П. Кибальник, Т.В. Ларина, О.Б. Каменева // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2023. – №24(2). – С. 187-193.

Reference

1. Amelework, B. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review / B. Amelework, H. Shimelis, P. Tongoona, M. Laing // *African Journal Agricultural Research*. – 2015. – V. 10(31). – P. 3029-3040.
2. Azarinasrabad, A. Evalution of Water Stress on Yield, Its Components and Some Physiological Traits at Different Growth Stages in Grain Sorghum Genotypes / A. Azarinasrabad, S.M. Mousavinik, M. Galavi, S.A. Beheshti, A. Sirousmehr // *Notulae Scientia Biologicae*. – 2016. – V. 8(2). – P. 204-210.
3. Galicia-Juarez, M. Identification of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes with Potential for Hydric and Heat Stress Tolerance in Northeastern Mexico / M. Galicia-Juarez, F. Zavala-Garcia, S.R. Sinagawa-Garcia, A. Gutierrez-Diez, H. Williams-Alanis, M.E. Cisneros-Lopez, R.E. Valle-Gough // *Planta*. – 2021. – V. 10. – e. 2265.
4. Zargar, M. Productivity of various barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under semi-arid conditions in southern Russia / M. Zargar, G. Bodner, A. Tumanyan, V. Plushikov, E. Pakina, N. Shcherbakova, M. Bayat // *Agronomy research*. – 2018. – V. 16(5). – P. 2242-2253.
5. Soboleva, G.V. Evaluation of hybrid pea populations by osmosis resistance and the creation of promising crops based on them in breeding for drought resistance/ G.V. Soboleva, A.A. Zelenov, A.N. Soboleva // *Legumes and cereals*. – 2020. – № 4(36). – P. 18-23.
6. Goncharova, Yu.K. Mechanisms of drought resistance and methods of resistance analysis by trait / Yu.K. Goncharova, O.A. Bragina, Yu.F. Yakuba // II International Scientific and practical Conference “Modern approaches and methods in plant protection”. – Yekaterinburg, 2020. – P. 144-145.

7. Padmashree, N. Combining ability sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench] for yield and quality parameters / N. Padmashree, K. Sridhar, S.T. Kajjidoni // *Karnataka Journal Agricultural Science*. – 2014. – V. 27(4). – P. 449-453.
8. Djanaguiraman, M. Sensitivity of sorghum pollen and pistil to high-temperature stress / M. Djanaguiraman, R. Perumal, S.V.K. Jagadish, I.A. Ciampitti, R. Welti, P.V.V. Prasad // *Plant, Cell & Environment*. – 2017. – V. 41. – Is. 5. – P. 1065-1082.
9. Nekrasov, E.I. Water-holding capacity of winter wheat varieties under various growing conditions / E.I. Nekrasov, E.V. Ionova // *The Tauride Bulletin of Agrarian Science*. – 2020. – № 3(23). – P. 122-130.
10. Farooq, M. Plant drought stress: effect, mechanisms and management / M. Farooq, A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, S.M.A. Basra // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2009. – V. 29. – P. 185-212.
11. Sanchez, A.C. Mapping QTLs associated with drought resistance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) / A.C. Sanchez, P.K. Subudhi, D.T. Rosenow, H.T. Nguyen // *Plant Molecular Biology*. – 2002. – V. 48. – P. 713-726.
12. Yadav, S.K. Influence of water deficit at vegetative, anthesis and grain filling stages on water relation and yield in sorghum / S.K. Yadav, N.J. Lakshimi, M.M. Ari, M. Vanaja, B.V. Arlu // *Indian Journal of Plant Physiology*. – 2005. – V. 10. – N 1. – P. 20-24.
13. Emendack, Y. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance / Y. Emendack, J. Burke, J. Sanchez, H.E. Laza, C. Hayes // *Australian Journal of Crop Science*. – 2018. – V. 12(01). – P. 135-150.
14. Kibalnik, O.P. Influence of types of sterile cytoplasm on the pigment content in leaves of F1 hybrids of grain sorghum / O.P. Kibalnik, L.A. Elkonin // *Reports of the Russian Academy of Sciences*. – 2009. – No. 1. – P. 18-21.
15. Chaves, M.M. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell / M.M. Chaves, J. Flexas, C. Pinheiro // *Annals of Botany*. – 2009. – V. 103. – P. 551-560.
16. Terletskaia, N.V. Drought Stress Tolerance and Photosynthetic Activity of Alloplasmic Lines *T. dicoccum* × *T. aestivum* / N.V. Terletskaia, A.B. Shcherban, M.A. Nesterov, Perfil'ev, E.A. Salina, N.A. Altayeva, I.V. Blavachinskaya // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020. – V. 21. – P. 3356.
17. Elkonin, L.A. The use of new CMS-inducing cytoplasm to create precocious sorghum lines with male sterility / L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin, A.G. Ishin // *Reports of the Russian Academy of Sciences*. – 1997. – No. 2. – P. 7-9.
18. Diagnostics of plant resistance to stress: (guidelines) / edited by G.V. Udovenko. – L.: VIR, 1988. – 227c.
19. Grishenkova, N.N. Determination of resistance of plant tissues to abiotic stresses using the conductometric method / N.N. Grishenkova, A.S. Lukatkin // *Volga Ecological Journal*. – 2005. – № 1. – P. 3-11.
20. Kibalnik, O.P. Breeding value of drought-resistant sterile sorghum lines / O.P. Kibalnik, T.V. Larina, O.B. Kameneva // *Agrarian science of the Euro-North-East*. – 2023. – №24(2). – P. 187-193.

O. P. Kibalnik, E. A. Cherkasova, C. V. Kibalnik

Russian Scientific Research and Design Technology Institute of Sorghum and Corn
kibalnik79@yandex.ru

ASSESSMENT OF DROUGHT RESISTANCE OF ISONUCLEAR F1 SORGHUM HYBRIDS BASED ON A3, A4 AND 9E TYPES OF STERILE CYTOPLASM

Drought is one of the main abiotic stressors affecting crops and causing significant yield losses. The creation of more resistant varieties and hybrids can reduce the negative effects of this factor. This study presents the results of diagnostics (2023, 2025) of drought resistance of F1 hybrids of grain and sugar sorghum obtained on the basis of isonuclear CMS-lines with different types of cytoplasm (A3, A4, 9E). Determination of drought resistance indicators (leaf tissue hydration, leaf water deficiency, cell membrane permeability) in the main critical phases of plant development («heading», «flowering», «milk ripeness», «milk-wax ripeness») showed that the A4 type cytoplasm in hybrids with the L-50/14 lineage in the phase «flowering» had a significant effect on water deficiency (5.89%) compared with the cytoplasm A3 (10.59%). The isonuclear CMS-lines (A3, A4 and 9E Zheltozerno 10) of sorghum had medium drought resistance, and the pollinator lines (L-65/14, L-50/14) had high. Thus, the most sensitive phases for grain sorghum hybrids are «flowering» and «milk-wax ripeness», and for sugar – «flowering». It was found that water availability decreased with the development of plants and in the phase «flowering», «milk-wax ripeness» was 70.53–71.58%; indicators of water deficiency had higher values in the phase «milk-wax ripeness» (10.08–16.44%), and the degree of damage to cell membranes in sorghum leaves was noted in the phase «flowering» (23.74–36.75%). The results obtained are important in breeding programs for the creation of drought-resistant sorghum hybrids, and the indicators used can serve as diagnostic criteria for parental forms and hybrids with increased resistance to stress.

Key words: drought, sorghum, CMS, hybrid, largest leaf, tissue hydration, water deficiency, cell membrane permeability.

Генетический полиморфизм генов биосинтеза этилена и выявление ценных комбинаций аллелей у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Северной Европы

УДК 634.11: 575.174.015.3

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-34-39

М. И. Дулов (д.с.-х.н.)

Научно-исследовательский институт садоводства
и лекарственных растений «Жигулевские сады»,
dulov-tehfak@mail.ru

Для промышленного производства яблок необходимы сорта, которые обладают не только высокой урожайностью, устойчивостью к вредителям и болезням, но и имеют высокие товарные качества плодов и сохраняют их в течение определенного периода времени, в том числе после снятия с хранения и доставки их в торговую сеть. Одним из эффективных приемов поддержания стабильного качества в период хранения яблок является выращивание сортов с низким уровнем биосинтеза этилена в плодах во время их созревания и при хранении. Цель исследований — проведение анализа данных генетического полиморфизма наиболее распространенных сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Северной Европы с выявленным составом генов Md-ACS1 и Md-ACO1, чтобы предоставить селекционерам и производителям яблок информацию о генотипах, несущих ценные комбинации аллелей и проявляющих способность к лучшей сохраняемости яблок во время хранения. Объектом анализа генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена в плодах служил 51 сорт яблони. Установлено, что в генотипах яблони селекции стран Северной Европы частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2 составляет в среднем 1,96 %, аллелей Md-ACS1-1/2 — 19,61 %, аллелей Md-ACS1-1/1 — 78,43 %, аллелей Md-ACO1-1/1 — 0,0 %, аллелей Md-ACO1-1/2 — 34,62 %, а аллелей Md-ACO1-2/2 — 65,38 %. При создании для условий Среднего Поволжья генотипов яблони осеннего срока созревания с низким или средним уровнем биосинтеза этилена в плодах в качестве родительских форм представляет интерес использование эстонского сорта Майму (морозостойкость до минус 35°С) и датского сорта Черри Кокс (морозостойкость до минус 35,0°С), которые имеют гетерозиготное состояние аллелей гена Md-ACS1.

Ключевые слова: яблоня, сорт, хранение плодов, биосинтез этилена, аллели генов, Md-ACS1, Md-ACO1, полиморфизм.

Введение

В зависимости от сорта и условий выращивания свежие яблоки содержат в среднем 12,5–16,0% сухих веществ, 11,5–14,5% углеводов, 2–3% клетчатки, 0,15–0,25% минеральных веществ, 0,6–1,1% пектиновых веществ и до 1,2% различных кислот [1, 5]. В настоящее время в мире существует более 10 тыс. сортов яблони, но в коммерческих целях выращивают только сорта, которые подходят для промышленного выращивания, обладают высокой урожайностью, устойчивостью к вредителям и болезням, имеют высокие товарные качества плодов и сохраняют их в течение определенного периода времени, в том числе после снятия с хранения и доставки их в торговую сеть.

Размягчение тканей мякоти плодов при созревании и старении, что снижает товарный вид при хранении яблок происходит в результате протекания физиологических и биохимических процессов, среди которых важная роль принадлежит процессу биосинтеза синтеза этилена [2, 10]. Чрезмерное размягчение мякоти яблок является нежелательным, поскольку приводит к короткому сроку их хранения и снижению вкусовых качеств. Одним из эффективных приемов

поддержания стабильного качества в период хранения яблок является выращивание сортов с низким уровнем биосинтеза этилена в плодах во время их созревания и при хранении [3].

Цель исследований - проведение анализа данных генетического полиморфизма наиболее распространенных сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Северной Европы с выявленным составом генов Md-ACS1 и Md-ACO1, чтобы предоставить селекционерам и производителям яблок информацию о генотипах, несущих ценные комбинации аллелей и проявляющих способность к лучшей сохраняемости яблок во время хранения.

Материал и методы исследования

Объектом анализа генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена в плодах осеннего срока созревания служил 51 сорт яблони селекции стран Северной Европы (Дания — 4, Швеция — 14, Литва — 6, Эстония — 16, Норвегия — 1, Латвия — 4, Финляндия — 6). Частота встречаемости аллелей гена Md-ACS1 определена на основе анализа установленного аллельного разнообразия данного гена у 51 сорта, аллелей гена Md-ACO1 — у 26 сортов яблони.

Для обнаружения у сортов яблок аллелей гена Md-ACS1 применяют маркер Md-ACS1 [11], гена Md-ACO1 — маркер Md-ACO1 [10]. Созданные ДНК-маркеры являются достаточно эффективными, имеют следующую нуклеотидную последовательность и размер ПЦР-продукта:

Md-ACS1 5'-AGAGAGATGCCATTTTGTTCG-TAC-3', 489 п.н.;

Md-ACS1 R.5'-CTACAAACTTGCCTGGGGATTATA-AGTGT-3', 655 п.н.;

Md-ACO1 5'-TCCCCCAATGCACCACTCCA-3', 525 п.н.;

Md-ACO1 R.5'-GATTCCTTG-GCCTTCATAGCTTC-3', 587 п.н.

Реакцию проводят в термоциклере T100 производства фирмы «BIO-RAD» (США). Реакционная смесь для ПЦР объемом 15 мкл содержит: 20 нг геномной ДНК, 1,5 мМ dNTPs, 2,5 мМ MgSO₄, 10 пМ каждого праймера (прямой и обратный), 1 ед. Taq-полимеразы и 2,5 мМ 10x Taq-буфера ((NH₄)₂SO₄ – KCL). Параметры циклов амплификации: 2 минуты при 94°C; 35 циклов: 65°C — 45 с, 72°C — 2 мин, 94°C — 45 с; 1 цикл: 65°C — 45 с; финальная элонгация 72°C — 10 мин. Разделение целевых продуктов маркеров осуществляется методом электрофореза в 2% агарозном геле. Для определения длины амплифицированных фрагментов используется маркер молекулярной массы Gene Ruler 100 bp DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований российских и иностранных ученых по изучению генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена анализируемых сортов яблоки приведены в *таблице*. Отмечено, что в рассматриваемой выборке сортов яблоки частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2 составляет в среднем 1,96 %, аллелей Md-ACS1-1/2 — 19,61 %, аллелей Md-ACS1-1/1 — 78,43 %, аллелей Md-ACO1-1/1 — 0 %, аллелей Md-ACO1-1/2 — 34,62 %, а аллелей Md-ACO1-2/2 — 65,38 %.

Аллель Md-ACS1-2/2 в гомозиготном состоянии имеет датский Ингрид Мари, выведенный в результате скрещивания двух английских сортов Оранжевый Пиппин Кокса × Помона Кокса. Данный сорта яблоки целесообразно вовлекать в селекционные программы по созданию современных сортов в качестве исходных родительских форм. Это позволит, в зависимости от комбинаций скрещивания, до 40–50% увеличить количество гибридных сеянцев с наличием ценного аллеля Md-ACS1-2/2 и получать сорта с твердой, сочной, хрустящей текстурой и длительным сроком хранения плодов. Способность сохранять твердость в период созревания и хранения важна не только для вкусовых

качеств плодов, но и для снижения восприимчивости их к патогенам [4].

В выборке сортов яблоки селекции стран Северной Европы, с установленным состоянием АЦК-синтазы (1-аминоциклопропан-1-карбоксилатсинтаза, Md-ACS1), гетерозиготными генотипами (Md-ACS1-1/2) со средним уровнем биосинтеза этилена в плодах яблоки осеннего срока созревания шведской селекции являются сорта Аромат, Трулса и Рингстад, норвежской селекции — форма На 42-51, датской селекции — сорта Карин Шнайдер и Черри Кокс, литовской селекции — сорта Жемайци кремловая и Пепин литовский, эстонской селекции — сорта Майму и Сюгис Десерт. При использовании данных сортов в качестве родительских форм, в зависимости от комбинаций скрещивания, в полученном гибридном материале ожидаемое количество генотипов, несущих ценную аллель Md-ACS1-2/2, может достигать в среднем 20%.

Гомозиготные генотипы яблоки по аллелю Md-ACS1-1, как правило, обладают высоким уровнем биосинтеза эндогенного этилена, что является нежелательным явлением, поскольку этилен способствует перезреванию яблоки, снижает их товарные качества, лежкость и транспортабельность. Гомозиготность по аллелю Md-ACS1-1 характерна для сортов Ауле, Вахур, Гита, Каллика, Кая, Конста, Криста, Лембиту, Лийвика, Лийви Кулдренетт, Панемуне белый, Пунаканели, Рей Име, Сарсо, Сигне, Тиина, Царский щит, Эльс, Юусо, Ананас Бержаницкого, Голубок Крюгера, Грушовка Ревельская, Лавиа, Осеннее полосатое, Пайдесское Зимнее, Серинка серая, Сеянец Требу, Штрейфлинг Красный, Ауксис, Биргит Боннье, Весеэппле, Гетеборг Фликеппле, Дракенберг, Ева-Лотта, Кавлос, Спассеруд, Стенкирке, SR-0523 (ген V_m), Хета, Химмельстаунд. Высокая частота встречаемости аллеля Md-ACS1-1 в гомозиготном состоянии, скорее всего, связана с использованием в качестве исходных родительских форм стародавних сортов яблоки.

Наличие в генотипе яблоки аллеля Md-ACO1-1 гена Md-ACO1 (1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота оксидаза, АЦК-оксидаза) усиливает действие аллеля Md-ACS1-2 и обуславливает дополнительное снижение уровня биосинтеза этилена в плодах. Сорта яблоки, с врожденным низким содержанием этилена в плодах, не только обеспечивают лучшую сохраняемость, но и менее зависимы от условий после сбора урожая и обработки для продления периода реализации. Таких сортов яблоки селекции стран Северной Европы осеннего срока созревания плодов пока не обнаружено.

Сорт яблоки датской селекции Ингрид Мари осеннего срока созревания плодов гомозиготный по аллелю Md-ACS1-2/2 с низким уровнем биосинтеза этилена в период созревания и хранения плодов не отличается высокой зимостойкостью и не подходит для выращивания в условиях Среднего Поволжья, поскольку деревья не

Состав аллелей генов Md-ACS1 и Md-ACO1 у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Северной Европы					
Сорт	Страна	Генетическое происхождение	Гены биосинтеза этилена		Источник
			Md-ACS1	Md-ACO1	
1	2	3	4	5	6
Ингрид Мари	Дания	Оранжевый Пиппин Кокса × Помона Кокса	2/2	2/2	12
Аромат	Швеция	Ингрид Мари × Филиппа	1/2		13
Жемайци кремовая	Литва	Стародавний литовский сорт	1/2		13
Майму	Эстония	Штрейфлинг Хербст × Уэлси	1/2		13
Na 42-51	Норвегия	Дискавери × Джулиред	1/2		13
Сюгис Десерт	Эстония	Антоновка × Уэлси	1/2		13
Трулса	Швеция	Сеянец от свободного опыления сорта Бальсгорд	1/2		13
Карин Шнайдер	Дания	Клон сорта Ингрид Мария	1/2	2/2	14
Пепин литовский	Прибалтика	Прибалтийский сорт народной селекции	1/2	2/2	6
Рингстад	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/2	2/2	14
Черри Кокс	Дания	Мутация сорта Оранжевый Пиппин Кокса	1/2	2/2	12
Ауле	Эстония	Кортленд × сеянец Λ 9-2	1/1		13
Вахур	Эстония	Сеянец от свободного опыления сорта Антоновка	1/1		13
Гита	Латвия	Либерти × Мелба	1/1		13
Каллика	Эстония	Элитный сеянец Λ 8 × Элитный сеянец Λ 25	1/1		13
Кая	Эстония	Лийви Кулдренетт × Суйслепп	1/1		13
Конста	Финляндия	Лобо × Антоновка	1/1		13
Криста	Эстония	Свободное опыление сеянца Λ 25	1/1		13
Лембиту	Эстония	Лийви Кулдренетт × Уэлси	1/1		13
Лийвика	Эстония	Элитный сеянец Λ 8 × Элитный сеянец Λ 25	1/1		13
Лийви Кулдренетт	Эстония	Стародавний эстонский сорт	1/1		13
Панемуне белый	Литва	Стародавний литовский сорт	1/1		13
Пунаканели	Финляндия	Стародавний финский сорт	1/1		13
Рей Име	Эстония	Местный эстонский сорт	1/1		15
Сарсо	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1		13
Сигне	Дания	Стародавний датский сорт	1/1		13
Тиина	Эстония	Сыгисйооник × Лийви Кулдренетт	1/1		13
Царский щит	Финляндия	Стародавний финский сорт	1/1		13
Эльс	Эстония	Кортленд × Теллиссааре	1/1		13
Юусо	Финляндия	Антоновка × Лобо	1/1		13
Ананас Бержаницко го	Литва	Стародавний литовский сорт	1/1	1/2	9, 13
Голубок Крюгера	Эстония	Местный эстонский сорт	1/1	1/2	9, 16
Грушовка Ревельская	Эстония	Местный эстонский сорт	1/1	1/2	9, 16
Лавиа	Финляндия	Местный финский сорт	1/1	1/2	7, 13
Осеннее полосатое	Страны Прибалтики	Стародавний прибалтийский сорт	1/1	1/2	7, 8, 9, 13
Пайдесское Зимнее	Эстония	Местный эстонский сорт	1/1	1/2	16
Серинка серая	Латвия	Стародавний литовский сорт	1/1	1/2	9, 13
Сеянец Требу	Страны Прибалтики	Стародавний прибалтийский сорт	1/1	1/2	9, 16
Штрейфлинг Красный	Страны Прибалтики	Стародавний прибалтийский сорт	1/1	1/2	9, 16
Ауксис	Литва	Макинтош × Графенштейнское красное	1/1	2/2	6, 13
Биргит Боннье	Швеция	Кортленд × Лорд Ламберне	1/1	2/2	14
Весееппле	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14
Гетеборг Фликеппле	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14

Окончание таблицы					
1	2	3	4	5	6
Дракенберг	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14
Ева-Лотта	Швеция	Кортланд × Джеймс Грив	1/1	2/2	14
Кавлос	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14
Спассеруд	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14
Стенкирке	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14
SR-0523 (ген V _m)	Швеция	Ред Мелба × Вольф Ривер	1/1	2/2	13
Хета	Финляндия	Лобо × Хувитус	1/1	2/2	14
Химмельсталуна	Швеция	Стародавний шведский сорт	1/1	2/2	14

способны выдерживать зимние морозы до минус 35°C и могут погибнуть или получить серьёзные повреждения.

Со средним уровнем эндогенного этилена в плодах (гетерозиготное состояние аллелей гена Md-ACS1) и хорошей сохраняемостью их потребительских свойств при хранении наиболее адаптивными для условий Поволжья и вовлечения в селекционный процесс можно считать следующие сорта яблони осеннего срока созревания селекции стран Северной Европы:

Майму (морозостойкость до минус 35°C). Плоды массой в среднем 100 г, выравненные, округлой формы, гладкие. Кожица гладкая, вишнёво-красная с фиолетовым налётом на освещённой стороне плода. Мякоть светло-кремовая, мелкозернистая, очень сочная, с сильным ароматом. Вкус кисло-сладкий.

Черри Кокс (морозостойкость до минус 35°C). Плоды среднего размера, массой в среднем 130 г, с желтовато-зелёной кожурой и красноватыми полоска-

ми. Мякоть желтовато-белая, плотная, мелкозернистая, сочная. Вкус кисло-сладкий с вишнёвыми ароматами, анисом и другими фруктовыми ароматами.

Выводы

Выращивание сортов яблони со сниженным уровнем биосинтеза этилена во время созревания плодов способствует более длительному сохранению твердости и потребительских качеств яблок при их хранении. При создании для условий Среднего Поволжья генотипов яблони осеннего срока созревания с низким или средним уровнем биосинтеза этилена в плодах в качестве родительских форм представляет интерес использование эстонского сорта Майму (морозостойкость до минус 35°C) и датского сорта Черри Кокс (морозостойкость до минус 35°C), которые имеют гетерозиготное состояние аллелей гена Md-ACS1.

Литература

1. Дулов, М. И. Площади плодовых насаждений, сбор урожая и урожайность яблок в странах мира / М. И. Дулов // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития : монография. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2022. – С. 393-419.
2. Дулов, М. И. Аллельный состав генов биосинтеза этилена в отечественной генплазме яблони осеннего срока созревания плодов / М. И. Дулов // Наукосфера. – 2023. – № 3-2. – С. 143-149.
3. Дулов, М. И. Частота встречаемости аллелей генов, вовлеченных в биосинтез этилена и лежкость плодов у сортов яблони российской и зарубежной селекции / М. И. Дулов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3(63). – С. 51-57.
4. Дулов, М. И. Полиморфизм генов биосинтеза этилена Md-ACS1 и Md-ACO1 у сортов яблони российской селекции зимнего срока созревания плодов / М. И. Дулов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2024. – № 1(59). – С. 53-60.
5. Садоводство в Среднем Поволжье / А. Н. Минин, А. А. Кузнецов, М. И. Антипенко [и др.]. – Самара : ООО «Слово», 2021. – 635 с. –
6. Урбанович, О. Ю. Аллельный состав генов Md-ACS1, Md-ACO1 и Md-Expr7 сортов яблони (Malus X domestica) с различным сроком хранения плодов / О. Ю. Урбанович, П. В. Кузмицкая, З. А. Козловская, Н. А. Картель // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2013. – № 3. – С. 47-55.
7. Шамшин, И. Н. Оценка генетического разнообразия сортов и форм яблони с использованием ДНК-маркеров : специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Шамшин Иван Николаевич, 2014. – 120 с.
8. Шамшин, И. Н. Распространение аллелей генов, вовлеченных в контроль лежкости плодов, среди сортов яблони / И. Н. Шамшин, О. В. Зорина, С. А. Мкртычян // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2. – С. 57-61.
9. Шамшин, И. Н. Каталог мировой коллекции ВИР / И. Н. Шамшин, А. В. Шлявас, А. А. Трифонова, К. В. Борис // Выпуск 864. Яблоня: Лежкость плодов и результаты анализа полиморфизма генов биосинтеза этилена Md-ACS1, Md-ACO1 и

- экспансина Md-EXP7 у сортов народной селекции из генетической коллекции яблони научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». – Санкт-Петербург, 2018. – 25 с.
10. Costa, F. Role of the genes Md-ACO1 and Md-ACS1 in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh.) / F. Costa, S. Stella, W. E. Van de Weg [et al.] // *Euphytica*. – 2005. – Vol. 141. – P. 181-190.
 11. Harada, T. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (Md-ACS1) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars / T. Harada, T. Sunako, Y. Wakasa [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2000. – Vol. 101. – P. 742-746.
 12. Kwon, Y. S. Validation Assay of Md-ACS1, Md-ACO1, and Md-PG1 Molecular Markers Associated with Storability in Apples / Y. S. Kwon, S.-H. Kwon, J.-H. Kim [et al.] // *Korean Journal of Breeding Science*. – 2020. – Vol. 52 (4). – P. 322-331.
 13. Lundmark, J. Genotyping ethylene production genes Md-ACS1 and Md-ACO1 for marker-assisted selection in apple / J. Lundmark // SLU, Swedish University of Agricultural Sciences. – Alnarp, 2019. – 27 s.
 14. Nybom, H. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm / H. Nybom, M. Ahmadi-Afzadi, J. Sehic, M. Hertog // *Tree Genetics & Genomes*. – 2012. – Vol. 9. – P. 279-290.
 15. Oraguzie, N. C. Influence of Md-ACS1 allelotype and harvest season within an apple germplasm collection on fruit softening during cold air storage / N. C. Oraguzie, R. K. Volz, C. J. Whitworth [et al.] // *Postharvest Biology and Technology*. – 2007. – Vol. 44. – P. 212-219.
 16. Shamshin, I. N. Ethylene and expansin biosynthesis related genes polymorphism in local apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars from VIR Collection of plant genetic resources / I. N. Shamshin, A. V. Shlyavas, A. A. Trifonova [et al.] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2018. – V. 22, № 6. – P. 660-666.

References

1. Dulov, M. I. Areas of fruit plantations, harvesting and apple yield in the countries of the world / M. I. Dulov // *Fundamental and applied science: state and development trends: monograph*. – Petrozavodsk : International Center for Scientific Partnership «New Science», 2022. – P. 393-419.
2. Dulov, M. I. Allelic composition of ethylene biosynthesis genes in the domestic apple tree genplasm of the autumn fruit ripening period / M. I. Dulov // *Naukosphere*. – 2023. – № 3-2. – P. 143-149.
3. Dulov, M. I. Frequency of occurrence of alleles of genes involved in ethylene biosynthesis and fruit shelf life in apple varieties of Russian and foreign breeding / M. I. Dulov // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. – 2023. – № 3(63). – P. 51-57.
4. Dulov, M. I. Polymorphism of Md-ACS1 and Md-ACO1 ethylene biosynthesis genes in Russian apple varieties of winter fruit ripening period / M. I. Dulov // *Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex*. – 2024. – № 1(59). – P. 53-60.
5. Gardening in the Middle Volga region / A. N. Minin, A. A. Kuznetsov, M. I. Antipenko [et al.]. – Samara : Slovo LLC, 2021. – 635 s.
6. Urbanovich, O. Y. Allelic composition of Md-ACS1, Md-ACO1 and Md-Expr7 genes of apple tree varieties (*Malus X domestica*) with different fruit shelf life / O. Y. Urbanovich, P. V. Kuzmitskaya, Z. A. Kozlovskaya, N. A. Kartel // *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of biological Sciences*. – 2013. – № 3. – P. 47-55.
7. Shamshin, I. N. Assessment of the genetic diversity of apple varieties and forms using DNA markers : specialty 06.01.05 “Breeding and seed production of agricultural plants” : dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / Shamshin Ivan Nikolaevich, 2014. – 120 s.
8. Shamshin, I. N. The distribution of alleles of genes involved in the control of fruit shelf life among apple varieties / I. N. Shamshin, O. V. Zorina, S. A. Mkrtychyan // *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. – 2015. – № 2. – P. 57-61.
9. Shamshin, I. N. Catalog of the world collection of VIR / I. N. Shamshin, A. V. Shlyavas, A. A. Trifonova, K. V. Boris // Issue 864. Apple tree: Fruit shelf life and results of polymorphism analysis of genes for ethylene biosynthesis Md-ACS1, Md-ACO1 and Md-EXP7 expansin in varieties of folk breeding from the genetic apple tree collections of the scientific and production base “Pushkin and Pavlovsky Laboratories of the Russian Academy of Sciences”. – Saint Petersburg, 2018. – 25 s.
10. Costa, F. Role of the genes Md-ACO1 and Md-ACS1 in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh.) / F. Costa, S. Stella, W. E. Van de Weg [et al.] // *Euphytica*. – 2005. – Vol. 141. – P. 181-190.
11. Harada, T. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (Md-ACS1) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars / T. Harada, T. Sunako, Y. Wakasa [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2000. – Vol. 101. – P. 742-746.
12. Kwon, Y. S. Validation Assay of Md-ACS1, Md-ACO1, and Md-PG1 Molecular Markers Associated with Storability in Apples / Y. S. Kwon, S.-H. Kwon, J.-H. Kim [et al.] // *Korean Journal of Breeding Science*. – 2020. – Vol. 52 (4). – P. 322-331.
13. Lundmark, J. Genotyping ethylene production genes Md-ACS1 and Md-ACO1 for marker-assisted selection in apple / J. Lundmark // SLU, Swedish University of Agricultural Sciences. – Alnarp, 2019. – 27 s.
14. Nybom, H. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm / H. Nybom, M. Ahmadi-Afzadi, J. Sehic, M. Hertog // *Tree Genetics & Genomes*. – 2012. – Vol. 9. – P. 279-290.

15. Oraguzie, N. C. Influence of Md-ACS1 allelotype and harvest season within an apple germplasm collection on fruit softening during cold air storage / N. C. Oraguzie, R. K. Volz, C. J. Whitworth [et al.] // Postharvest Biology and Technology. – 2007. – Vol. 44. – P. 212-219.
16. Shamshin, I. N. Ethylene and expansin biosynthesis related genes polymorphism in local apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars from VIR Collection of plant genetic resources / I. N. Shamshin, A. V. Shlyavas, A. A. Trifonova [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22, № 6. – P. 660-666.

M. I. Dulov

Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhiguli gardens»
dulov-tehfak@mail.ru

GENETIC POLYMORPHISM OF ETHYLENE BIOSYNTHESIS GENES AND IDENTIFICATION OF VALUABLE COMBINATIONS OF ALLELES IN APPLE VARIETIES OF THE AUTUMN RIPENING PERIOD OF FRUITS FROM THE NORDIC COUNTRIES

For the industrial production of apples, varieties are needed that not only have high yields, resistance to pests and diseases, but also have high commercial qualities of fruits and preserve them for a certain period of time, including after they are removed from storage and delivered to a retail chain. One of the effective methods for maintaining stable quality during the storage period of apples is the cultivation of varieties with a low level of ethylene biosynthesis in fruits during their ripening and storage. The purpose of the research is to analyze data on the genetic polymorphism of the most common apple varieties of the autumn ripening period of Northern European breeding with the identified composition of the Md-ACS1 and Md-ACO1 genes in order to provide breeders and apple producers with information on genotypes that carry valuable combinations of alleles and exhibit the ability to better preserve apples during storage. The object of the analysis of genetic polymorphism by alleles of ethylene biosynthesis genes in fruits was 51 apple varieties. It was found that the frequency of occurrence of Md-ACS1-2/2 alleles in Northern European apple tree genotypes averages 1,96%, Md-ACS1-1/2 alleles – 19,61%, Md-ACS1-1/1 alleles – 78,43%, Md-ACO1-1/1 alleles – 0%, Md-ACO1-1/2 alleles – 34,62%, and Md-ACO1-2/2 alleles – 65,38%. When creating autumn ripening apple tree genotypes for the conditions of the Middle Volga region with a low or medium level of ethylene biosynthesis in fruits, it is of interest to use the Estonian Maimu variety (frost resistance up to minus 35,0 OC) and the Danish Cherry Coke variety (frost resistance up to minus 35°C) as parental forms, which have a heterozygous state of the Md-ACS1 gene alleles.

Key words: apple tree, variety, fruit storage, ethylene biosynthesis, gene alleles, Md-ACS1, Md-ACO1, polymorphism.

Генетический полиморфизм генов биосинтеза этилена и выявление ценных комбинаций аллелей у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Восточной Европы

УДК 634.11: 575.174.015.3

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-40-44

М. И. Дулов (д.с.-х.н.)

Научно-исследовательский институт садоводства
и лекарственных растений «Жигулевские сады»,
dulov-tehfak@mail.ru

Производители и потребители яблок обращают большое внимание на наличие плодов с твердой, сочной мякотью и хрустящей структурой. Это важно как для вкусовых качеств плодов, так и для снижения восприимчивости их к патогенам, повышения сохранности и сроков годности при хранении. Цель исследований - проведение анализа данных генетического полиморфизма наиболее распространенных сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Восточной Европы с выявленным составом генов Md-ACS1 и Md-ACO1, чтобы предоставить селекционерам и производителям яблок информацию о генотипах, несущих ценные комбинации аллелей и проявляющих способность к лучшей сохраняемости яблок во время хранения. Объектом анализа генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена в плодах служили 18 сорта яблони. Определено, что в генотипах яблони селекции стран данного региона Европы частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2, что связано со значительно меньшим выделением этилена в период созревания плодов и способностью их дольше сохранять потребительские и вкусовые свойства, составляет в среднем 16,67%. При создании для условий Среднего Поволжья генотипов яблони осеннего срока созревания с низким уровнем биосинтеза этилена в плодах (аллели Md-ACS1-2/2) в качестве родительских форм, из сортов селекции стран Восточной Европы, представляет интерес использование сортов Сандер и Райка. Со средним уровнем этилена в плодах яблони и хорошей сохраняемостью их потребительских свойств при хранении наиболее адаптивными являются сорта Диамант и Лучезарное.

Ключевые слова: яблоня, сорт, хранение плодов, биосинтез этилена, аллели генов, Md-ACS1, Md-ACO1, полиморфизм.

Введение

Потребление яблок снижает риск возникновения различных заболеваний и преждевременного старения организма. Биохимический состав и потребительские качества свежих яблок изменяются в процессе их созревания, во многом зависят от сорта, почвенно-климатических условий и агротехнических приёмов выращивания, сроков уборки, условий и продолжительности хранения [2, 6]. В настоящее время производители и потребители яблок значительно больше стали обращать внимание на выращивание сортов с твердой, сочной мякотью и хрустящей структурой. Это важно не только для вкусовых качеств плодов, но и для снижения восприимчивости яблок к патогенам, повышения сохранности и сроков годности при хранении.

Размягчение тканей мякоти плодов, связанное с изменением плотности расположения клеток, клеточной стенки и мембран при хранении или реализации яблок происходит в результате протекания физиологических и биохимических процессов, среди которых важная роль принадлежит процессу эндогенного синтеза этилена [3, 11]. Чрезмерное размягчение мякоти яблок приводит к необратимому процессу старения плодов, и, следовательно, к короткому сроку хранения и снижению вкусовых качеств.

Среди генов, участвующих в процессе биосинтеза этилена в яблоках, наиболее известными являются 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатсинтаза (АЦК-синтаза, ACC-синтаза, Md-ACS1) и 1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота оксидаза (АЦК-оксидаза, ACC-оксидаза, Md-ACO1), аллельные типы которых можно различить с помощью ПЦР-анализа.

Цель исследований — проведение анализа данных генетического полиморфизма наиболее распространенных сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Восточной Европы с выявленным составом генов Md-ACS1 и Md-ACO1, чтобы предоставить селекционерам и производителям яблок информацию о генотипах, несущих ценные комбинации аллелей и проявляющих способность к лучшей сохраняемости яблок во время хранения.

Материал и методы исследования

Для обнаружения генов Md-ACS1 и Md-ACO1 использованы эффективные ДНК-маркеры, позволяющие выполнять ДНК-маркерный анализ генофонда для выявления генотипов, несущих наиболее ценные сочетания аллелей, а также проводить их идентификацию в селекционном материале для создания сортов, обладающих повышенной лежкостью плодов. Идентификация

аллелей гена Md-ACS1 проводится с помощью маркера Md-ACS1 [11], гена Md-ACO1 – маркера Md-ACO1 [12]. Аллелю Md-ACS1-1 соответствует фрагмент амплификации длиной 489 п. н., аллелю Md-ACS1-2 — длиной 655 п. н., аллелю Md-ACO1-1 — длиной 525 п. н., аллелю Md-ACO1-2 — длиной 587 п. н.

Объектом анализа генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена в плодах осеннего срока созревания служили 18 сортов яблони селекции стран Восточной Европы (Польша — 4, Чехия — 2, Республика Беларусь — 8, Украина — 4). Частота встречаемости аллелей гена Md-ACS1 определена на основе анализа установленного аллельного разнообразия данного гена у 18 сортов, аллелей гена Md-ACO1 — у 16 сортов яблони.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований об установленном составе аллелей генов Md-ACS1 и Md-ACO1 сортов яблони селекции стран Восточной Европы осеннего срока созревания плодов приведены в *таблице*. Данные российских и зарубежных ученых свидетельствуют, что в генотипах яблони селекции стран данного региона Европы частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2, что связано со значительно меньшим выделением этилена в период созревания плодов и способностью их дольше сохранять потребительские и вкусовые свойства, составляет в среднем 16,67%.

Аллель Md-ACS1-2/2 в гомозиготном состоянии имеет польский сорт Сандер, созданный от скрещива-

ния сортов Санрайз × Дельбарестивале, чешский сорт Ванда, полученный в результате скрещивания сортов Ван × Кордия, а также чешский сорт Райка, созданный при скрещивании сортов Катка × Чемпион. Данные сорта яблони целесообразно вовлекать в селекционные программы по созданию современных сортов в качестве исходных родительских форм. Это позволит, в зависимости от комбинаций скрещивания, до 40–50% увеличить количество гибридных семян с наличием ценных аллелей Md-ACS1-2/2 и получать сорта с твердой, сочной, хрустящей текстурой и длительным сроком хранения плодов. Способность сохранять твердость в период созревания и хранения важна не только для вкусовых качеств плодов, но и для снижения восприимчивости их к патогенам [4].

В выборке сортов яблони из стран Восточной Европы, с установленным состоянием АЦК-синтазы (1-аминоциклопропан-1-карбоксилатсинтаза, Md-ACS1), гетерозиготными генотипами (Md-ACS1-1/2) со средним уровнем биосинтеза этилена в плодах осеннего срока созревания польской селекции являются сорта Витос и Сава, белорусской селекции — сорта Минское, Сябрына, Диамант и Лучезарное.

Гомозиготные генотипы яблони по аллелю Md-ACS1-1, как правило, обладают высоким уровнем биосинтеза эндогенного этилена, что является нежелательным явлением, поскольку этилен способствует перезреванию яблок, снижает их товарные качества, лежкость и транспортабельность. Гомозиготность по аллелю Md-ACS1-1 характерна для сортов Скифское золото, Амулет, Белое Осеннее от Рыжего, Майское от

Состав аллелей генов Md-ACS1 и Md-ACO1 у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Восточной Европы

Сорт	Страна	Генетическое происхождение	Гены биосинтеза этилена		Источник
			Md-ACS1	Md-ACO1	
Сандер	Польша	Санрайз × Дельбарестивале	2/2	1/2	13
Ванда	Чехия	Ван × Кордия	2/2	2/2	13
Райка	Чехия	Катка × Чемпион	2/2	2/2	14
Минское	Республика Беларусь	Сеянец от св. опыления сорта Уэлси	1/2	1/2	7
Сябрына	Республика Беларусь	Прима × Лобо	1/2	1/2	5, 8, 9
Диамант	Республика Беларусь	Сеянец от св. опыления сорта Отава	1/2		9
Витос	Польша	Фантазия × Примула	1/2	2/2	14
Лучезарное	Республика Беларусь	Банановое × Коваленковское	1/2	2/2	7
Сава	Польша	Примула × Фантазия	1/2	2/2	7, 14
Скифское золото	Украина	Хонейголд × SR 0523	1/1		9
Амулет	Украина	Рубин × Амулет Присцилла	1/1	1/2	7
Белое Осеннее от Рыжего	Республика Беларусь	Местный сорт Гродненской области	1/1	1/2	10, 15
Майское от Рыжего	Республика Беларусь	Местный сорт Гродненской области	1/1	1/2	10, 15
Путивка	Украина	Стародавний украинский сорт	1/1	1/2	10, 15
Белорусское сладкое	Республика Беларусь	ВМ41497 × KBMF2	1/1	2/2	7
Кандиль Синап	Украина	Сеянец от св. опыления сорта Сары Синап	1/1	2/2	10
Коваленковское	Республика Беларусь	Сеянец от св. опыления сорта Лавфам	1/1	2/2	7
Коштеля	Польша	Стародавний польский сорт	1/1	2/2	7

Рыжего, Путивка, Белорусское сладкое, Кандиль Синап, Коваленковское и Коштеля.

Наличие в генотипе яблони аллеля Md-ACO1-1 гена Md-ACO1 (1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота оксидаза, АЦК-оксидаза) усиливает действие аллеля Md-ACS1-2 и обуславливает дополнительное снижение уровня биосинтеза этилена в плодах. Таких сортов яблони селекции стран Восточной Европы осеннего срока созревания плодов не обнаружено. Вместе с тем, определено, что в генотипе сорта Сандер при наличии аллеля Md-ACS1-2 в гомозиготе аллели гена Md-ACO1 находятся в гетерозиготном состоянии (Md-ACO1-1 + Md-ACO1-2), что дополнительно может снижать интенсивность биосинтеза этилена и, тем самым, дольше сохранять при хранении товарные и потребительские качества плодов.

Гомозиготность по аллелям Md-ACS1-1 и Md-ACO1-2, обуславливающих наибольшее продуцирование этилена в плодах и невысокую их лежкость, у сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Восточной Европы составляет в среднем соответственно 50 и 56,25%. Отсутствие данных гомозигот в генотипе может служить первым критерием на селекцию сортов яблони с твердыми, длительно хранящимися плодами.

Из сортов яблони осеннего срока созревания плодов гомозиготных по аллелю Md-ACS1-2/2 с низким уровнем биосинтеза этилена селекции стран Восточной Европы для условий Среднего Поволжья в качестве родительской формы представляет интерес использование сорта Сандер, который может выдерживать морозы до минус 40°C и имеет низкую восприимчивость к парше и мучнистой росе. Плоды данного сорта средней величины, округлой формы с ярко красным румянцем. Плоды сорта Сандер характеризуются сочной упругой мякотью с приятным вкусом, что определяет спрос у потребителей [1].

Достаточно высокую зимостойкость с гомозиготным состоянием в генотипе аллелей гена Md-ACS1-2 также имеет чешский сорт Райка, способный выдерживать морозы до минус 35°C. Плоды округло-конической формы, крупные (около 200 г и более), яркого темно-красного цвета. Мякоть желтая, сочная, ароматная, с кисло-сладким вкусом. У яблони сорта Райка иммуни-

тет к пяти расам парши — ген Rvi6 (Vf). Это означает, что устойчивость к заболеванию паршой — высокая.

Со средним уровнем эндогенного этилена в плодах (гетерозиготное состояние аллелей гена Md-ACS1) и хорошей сохраняемостью их потребительских свойств при хранении наиболее адаптивными для условий Поволжья и вовлечения в селекционный процесс можно считать следующие сорта яблони осеннего срока созревания селекции стран Восточной Европы:

Диамант (морозостойкость до минус 35°C). Плоды массой 150–200 г, округло-конической формы, слаборебристые. Основная окраска — светло-желтая, покровная — оранжево-красная в виде размытого румянца по части плода. Мякоть белая, сочная, кисло-сладкая, мелкозернистой консистенции, с приятным ароматом. Сорт имеет устойчивость к парше (ген Rvi6 (Vf)).

Лучезарное (морозостойкость до минус 40°C). Плоды крупные, массой 160–250 г, форма округло-коническая, иногда округлая. Окраска зеленовато-желтая, покровная — в виде полос оранжево-красного цвета. Мякоть мелкозернистая, среднеплотная, очень сочная, кисло-сладкого вкуса.

Выводы

У сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Восточной Европы в генотипах частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2, что связано со значительно меньшим выделением этилена в период созревания плодов и способностью их дольше сохранять потребительские и вкусовые свойства, составляет в среднем 16,67%.

При создании для условий Среднего Поволжья генотипов яблони осеннего срока созревания с низким уровнем биосинтеза этилена в плодах в качестве родительских форм, из сортов селекции стран данного региона Европы, представляет интерес использование сортов Сандер (морозоустойчивость до минус 40°C) и Райка (морозоустойчивость до минус 35°C). Со средним уровнем этилена в плодах яблони и хорошей сохраняемостью их потребительских свойств при хранении наиболее адаптивными являются сорта Диамант (морозоустойчивость до минус 35°C) и Лучезарное (морозоустойчивость до минус 40°C).

Литература

1. Гудковский, В. А. Эффективность различных технологий хранения плодов яблони сорта Сандер / В. А. Гудковский, А. В. Кожина, А. В. Сутормина [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2024. – № 1. – С. 129-137.
2. Дулов, М. И. Технология хранения продукции растениеводства / М. И. Дулов, А. П. Журавлев, А. А. Журавлева. – Самара : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 295 с.
3. Дулов, М. И. Аллельный состав генов биосинтеза этилена в отечественной генплазме яблони осеннего срока созревания плодов / М. И. Дулов // Наукосфера. – 2023. – № 3-2. – С. 143-149.
4. Дулов, М. И. Полиморфизм генов биосинтеза этилена Md-ACS1 и Md-ACO1 у сортов яблони российской селекции зимнего срока созревания плодов / М. И. Дулов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2024. – № 1(59). – С. 53-60.

5. Савельев, Н. И. Генетический полиморфизм исходных форм яблони по аллелям генов длительной лежкости и качества плодов / Н. И. Савельев, И. Н. Шамшин, А. М. Кудрявцев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 3. – С. 17-20.
6. Садоводство в Среднем Поволжье / А. Н. Минин, А. А. Кузнецов, М. И. Антипенко [и др.]. – Самара: ООО «Слово», 2021. – 635 с.
7. Урбанович, О. Ю. Аллельный состав генов Md-ACS1, Md-ACO1 и Md-Exp7 сортов яблони (*Malus X domestica*) с различным сроком хранения плодов / О. Ю. Урбанович, П. В. Кузмицкая, З. А. Козловская, Н. А. Картель // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2013. – № 3. – С. 47-55.
8. Шамшин, И. Н. Оценка генетического разнообразия сортов и форм яблони с использованием ДНК-маркеров : специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Шамшин Иван Николаевич, 2014. – 120 с.
9. Шамшин, И. Н. Распространение аллелей генов, вовлеченных в контроль лежкости плодов, среди сортов яблони / И. Н. Шамшин, О. В. Зорина, С. А. Мкртычян // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2. – С. 57-61.
10. Шамшин, И. Н. Каталог мировой коллекции ВИР / И. Н. Шамшин, А. В. Шлявас, А. А. Трифонова, К. В. Борис // Выпуск 864. Яблоня: Лежкость плодов и результаты анализа полиморфизма генов биосинтеза этилена Md-ACS1, Md-ACO1 и экспансина Md-EXP7 у сортов народной селекции из генетической коллекции яблони научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». – Санкт-Петербург, 2018. – 25 с.
11. Costa, F. Role of the genes Md-ACO1 and Md-ACS1 in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh) / F. Costa, S. Stella, W. E. Van de Weg [et al.] // Euphytica. – 2005. – Vol. 141. – P. 181-190.
12. Harada, T. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (Md-ACS1) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars / T. Harada, T. Sunako, Y. Wakasa [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 101. – P. 742-746.
13. Kwon, Y. S. Validation Assay of Md-ACS1, Md-ACO1, and Md-PG1 Molecular Markers Associated with Storability in Apples / Y. S. Kwon, S.-H. Kwon, J.-H. Kim [et al.] // Korean Journal of Breeding Science. – 2020. – Vol. 52 (4). – P. 322-331.
14. Nybom, H. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm / H. Nybom, M. Ahmadi-Afzadi, J. Sehic, M. Hertog // Tree Genetics & Genomes. – 2012. – Vol. 9. – P. 279-290.
15. Shamshin, I. N. Ethylene and expansin biosynthesis related genes polymorphism in local apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars from VIR Collection of plant genetic resources / I. N. Shamshin, A. V. Shlyavas, A. A. Trifonova [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – V. 22, № 6. – P. 660-666.

References

1. Gudkovsky, V. A. Efficiency of various technologies for storing Sander apple fruits / V. A. Gudkovsky, L. V. Kozhina, A. V. Sutormina [et al.] // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products. – 2024. – № 1. – P. 129-137.
2. Dulov, M. I. Technology of storage of crop production / M. I. Dulov, A. P. Zhuravlev, L. A. Zhuravleva. – Samara : Samara State Agricultural Academy, 2013. – 295 s.
3. Dulov, M. I. Allelic composition of ethylene biosynthesis genes in the domestic apple tree genplasm of the autumn fruit ripening period / M. I. Dulov // Naukosphere. – 2023. – № 3-2. – P. 143-149.
4. Dulov, M. I. Polymorphism of Md-ACS1 and Md-ACO1 ethylene biosynthesis genes in Russian apple varieties of winter fruit ripening period / M. I. Dulov // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. – 2024. – № 1(59). – P. 53-60.
5. Savelyev, N. I. Genetic polymorphism of the initial apple tree forms by alleles of genes for long-term shelf life and fruit quality / N. I. Savelyev, I. N. Shamshin, A. M. Kudryavtsev // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2014. – № 3. – P. 17-20.
6. Gardening in the Middle Volga region / A. N. Minin, A. A. Kuznetsov, M. I. Antipenko [et al.]. – Samara : Slovo LLC, 2021. – 635 s.
7. Urbanovich, O. Y. Allelic composition of Md-ACS1, Md-ACO1 and Md-Exp7 genes of apple tree varieties (*Malus X domestica*) with different fruit shelf life / O. Y. Urbanovich, P. V. Kuzmitskaya, Z. A. Kozlovskaya, N. A. Kartel // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of biological Sciences. – 2013. – № 3. – P. 47-55.
8. Shamshin, I. N. Assessment of the genetic diversity of apple varieties and forms using DNA markers : specialty 06.01.05 “Breeding and seed production of agricultural plants” : dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / Shamshin Ivan Nikolaevich, 2014. – 120 s.
9. Shamshin, I. N. The distribution of alleles of genes involved in the control of fruit shelf life among apple varieties / I. N. Shamshin, O. V. Zorina, S. A. Mkrtychyan // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. – 2015. – № 2. – P. 57-61.
10. Shamshin, I. N. Catalog of the world collection of VIR / I. N. Shamshin, A. V. Shlyavas, A. A. Trifonova, K. V. Boris // Issue 864. Apple tree: Fruit shelf life and results of polymorphism analysis of genes for ethylene biosynthesis Md-ACS1, Md-ACO1 and Md-EXP7 expansin in varieties of folk breeding from the genetic apple tree collections of the scientific and production base “Pushkin and Pavlovsky Laboratories of the Russian Academy of Sciences”. – Saint Petersburg, 2018. – 25 s.
11. Costa, F. Role of the genes Md-ACO1 and Md-ACS1 in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh) / F. Costa, S. Stella, W. E. Van de Weg [et al.] // Euphytica. – 2005. – Vol. 141. – P. 181-190.

12. Harada, T. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (Md-ACS1) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars / T. Harada, T. Sunako, Y. Wakasa [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 101. – P. 742-746.
13. Kwon, Y. S. Validation Assay of Md-ACS1, Md-ACO1, and Md-PG1 Molecular Markers Associated with Storability in Apples / Y. S. Kwon, S.-Il. Kwon, J.-H. Kim [et al.] // Korean Journal of Breeding Science. - 2020. – Vol. 52 (4). – P. 322-331.
14. Nybom, H. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm / H. Nybom, M. Ahmadi-Afzadi, J. Sehic, M. Hertog // Tree Genetics & Genomes. – 2012. – Vol. 9. – P. 279-290.
15. Shamshin, I. N. Ethylene and expansin biosynthesis related genes polymorphism in local apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars from VIR Collection of plant genetic resources / I. N. Shamshin, A. V. Shlyavas, A. A. Trifonova [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22, № 6. – P. 660-666.

M. I. Dulov

Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhiguli gardens»
dulov-tehfak@mail.ru

GENETIC POLYMORPHISM OF ETHYLENE BIOSYNTHESIS GENES AND IDENTIFICATION OF VALUABLE COMBINATIONS OF ALLELES IN APPLE VARIETIES OF THE AUTUMN RIPENING PERIOD OF FRUITS FROM EASTERN EUROPEAN COUNTRIES

Apple producers and consumers pay great attention to the presence of fruits with firm, juicy flesh and crispy texture. This is important both for the taste of fruits and for reducing their susceptibility to pathogens, increasing their safety and shelf life. The purpose of the research is to analyze data on the genetic polymorphism of the most common apple varieties of the autumn ripening period of Eastern European breeding with the identified composition of the Md-ACS1 and Md-ACO1 genes in order to provide breeders and apple producers with information on genotypes carrying valuable combinations of alleles and showing the ability to better preserve apples during storage. The object of the analysis of genetic polymorphism by alleles of ethylene biosynthesis genes in fruits was 18 apple varieties. It was determined that the frequency of Md-ACS1-2/2 alleles in the apple tree genotypes of the countries of this region of Europe, which is associated with significantly lower ethylene release during fruit ripening and their ability to preserve consumer and taste properties for longer, averages 16,67%. When creating autumn ripening apple tree genotypes for the conditions of the Middle Volga region with a low level of ethylene biosynthesis in fruits (Md-ACS1-2/2 alleles), the use of Sander and Raika varieties as parental forms from Eastern European breeding varieties is of interest. With an average level of ethylene in apple fruits and good preservation of their consumer properties during storage, the most adaptive varieties are Diamant and Radiant.

Key words: apple tree, variety, fruit storage, ethylene biosynthesis, gene alleles, Md-ACS1, Md-ACO1, polymorphism.

Генетический полиморфизм генов биосинтеза этилена и выявление ценных комбинаций аллелей у сортов яблони осеннего срока созревания плодов селекции стран Западной Европы

УДК 634.11: 575.174.015.3

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-45-49

М. И. Дулов (д.с.–х.н.)

Научно-исследовательский институт садоводства
и лекарственных растений «Жигулевские сады»,
dulov-tehfak@mail.ru

Важными показателями качества плодов яблони являются текстура, упругость и пригодность их для хранения. Способность сохранять твердость во время созревания и хранения во многом связана со скоростью выработки этилена в плодах. Цель исследований - проведение анализа данных генетического полиморфизма наиболее распространенных сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Западной Европы с выявленным составом генов Md-ACS1 и Md-ACO1, чтобы предоставить селекционерам и производителям яблочную информацию о генотипах, несущих ценные комбинации аллелей и проявляющих способность к лучшей сохраняемости яблок во время хранения. Объектом анализа генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена в плодах служили 52 сорта яблони. Установлено, что в генотипах яблони селекции стран Западной Европы частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2 составляет в среднем 9,80 %, аллелей Md-ACS1-1/2 — 39,22%, аллелей Md-ACS1-1/1 — 50,98%, аллелей Md-ACO1-1/1 — 4,44%, аллелей Md-ACO1-1/2 — 28,89%, а аллелей Md-ACO1-2/2 — 66,67%. При создании для условий Среднего Поволжья генотипов яблони осеннего срока созревания с низким уровнем биосинтеза этилена в плодах (аллели Md-ACS1-2/2) в качестве родительских форм, из сортов селекции стран Западной Европы, представляет интерес использование сортов Ребелла и Дельбарестиваль. Со средним уровнем этилена в плодах яблони и хорошей сохраняемостью их потребительских свойств при хранении наиболее адаптивными являются сорта Гринсливз, Королева Кокс, Оранжевый Пиппин Кокса и Приам.

Ключевые слова: яблоня, сорт, хранение плодов, биосинтез этилена, аллели генов, Md-ACS1, Md-ACO1, полиморфизм.

Введение

В настоящее время яблоню домашнюю (*Malus domestica* Borkh.) выращивают во всех умеренных и субтропических странах мира и производство яблок в мире превышает 115 млн. т., в том числе в Китае составляет около 50 млн. т. [3]. По сбору урожая яблочек Россия занимает 8 место в мире и ежегодно производит в среднем 1,8 млн. тонн [1]. Потребление яблок снижает риск возникновения различных заболеваний и преждевременного старения организма. Важными показателями качества плодов яблони являются текстура, упругость и пригодность их для хранения. Способность сохранять твердость во время созревания важна не только для вкусовых качеств плодов, но и для снижения восприимчивости их к патогенам, повышения сохранности и сроков годности при хранении.

После сбора урожая плоды яблони интенсивно дышат, что значительно влияет на плотность клеточной стенки и размягчение мякоти. Применение холодильных камер с регулируемой атмосферой и химических обработок имеют свою эффективность в поддержании стабильного качества плодов в период хранения, но значительно повышает себестоимость яблок. Наиболее эффективным вариантом частичной замены этих методов является выращивание сортов с низким уровнем

биосинтеза этилена в плодах во время их созревания и при хранении [2].

Цель исследований — проведение анализа данных генетического полиморфизма наиболее распространенных сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Западной Европы с выявленным составом генов Md-ACS1 и Md-ACO1, чтобы предоставить селекционерам и производителям яблочную информацию о генотипах, несущих ценные комбинации аллелей и проявляющих способность к лучшей сохраняемости яблок во время хранения.

Материал и методы исследования

Объектом анализа генетического полиморфизма по аллелям генов биосинтеза этилена в плодах осеннего срока созревания служили 52 сорта яблони селекции стран Западной Европы (Великобритания — 27, Германия — 13, Франция — 7, Нидерланды — 5). Частота встречаемости аллелей гена Md-ACS1 определена на основе анализа установленного аллельного разнообразия данного гена у 51 сорта, аллелей гена Md-ACO1 — у 45 сортов яблони.

Для идентификации аллелей гена Md-ACS1 используют маркер Md-ACS1 [12], гена Md-ACO1 — маркер Md-ACO1 [10]. Аллелю Md-ACS1-1 соответствует фрагмент амплификации длиной 489 п. н., аллелю

Md-ACS1-2 — длиной 655 п. н., аллелю Md-ACO1-1 — длиной 525 п. н., аллелю Md-ACO1-2 — длиной 587 п. н. Созданные ДНК-маркеры являются достаточно эффективными, имеют следующую нуклеотидную последовательность:

Md-ACS1 F.5'-AGAGAGATGCCATTTTTGTTTCG-TAC-3';

Md-ACS1 R.5'-CTACAAACTTGCGTGGGGATTATA-AGTGT-3';

Md-ACO1 F.5'-TCCCCCAATGCACCACTCCA-3';

Md-ACO1 R.5'-GATTCCTTGCCCTTCATAGCTTC-3'.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные российских и зарубежных ученых свидетельствуют, что в яблоках селекции стран Западной

Европы частота встречаемости аллелей Md-ACS1-2/2 составляет в среднем 9,80 %, аллелей Md-ACS1-1/2 — 39,22%, аллелей Md-ACS1-1/1 — 50,98%, аллелей Md-ACO1-1/1 — 4,44%, аллелей Md-ACO1-1/2 — 28,89%, а аллелей Md-ACO1-2/2 — 66,67%. Аллель Md-ACS1-2/2, что связано со значительно меньшим выделением этилена в период созревания плодов и способностью их дольше сохранять потребительские и вкусовые свойства, выявлена у сортов Ребелла и Алкмене, созданных в Германии (таблица), а также у сортов Энни Элизабет, Чарльз Росс (Великобритания), Дельбарестиваль (Франция).

Гетерозиготными генотипами (Md-ACS1-1/2) со средним уровнем биосинтеза этилена в плодах яблоки осеннего срока созревания являются сорта селекции Великобритании (Брэмли, Рибстон, Телеймон, Белый Пирмейн, Гринсливз, Королева Кокс, Лорд Ламбурне,

**. Состав аллелей генов Md-ACS1 и Md-ACO1 у сортов яблоки осеннего срока созревания
плодов стран Западной Европы**

Сорт	Страна	Генетическое происхождение	Гены биосинтеза этилена		Источник
			Md-ACS1	Md-ACO1	
1	2	3	4	5	6
Ребелла	Германия	Голден Делишес × Ремо	2/2	1/2	14, 15
Энни Элизабет	Великобритания	Сеянец сорта Апельсин Бленхейм	2/2	1/2	13
Алкмене	Германия	Оранжевый Пиппин Кокса × Герцогиня Ольденбургская	2/2	2/2	4, 6, 14, 16
Дельбарестиваль	Франция	Старк Джон Граймс × Голден Делишес	2/2	2/2	13
Чарльз Росс	Великобритания	Нонсач Пизгуда × Оранжевый Пиппин Кокса	2/2	2/2	13
Брэмли	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/2	1/2	4, 17
Гольштейн Кокс	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/2	1/2	15
Иветте	Нидерланды	Оранжевый Пиппин Кокса × Голден Делишес	1/2	1/2	13
Реанда	Германия	Кливия × клон M. Floribunda (BX 44.14)	1/2	1/2	6, 14, 15
Рибстоун	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/2	1/2	15
Телеймон	Великобритания	Джин × Трайдент	1/2	1/2	5, 7
Эколетте	Нидерланды	Эльстар × Прима	1/2	1/2	4
Белый Пирмейн	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/2		17
Гельбер Рихард	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/2	2/2	15
Гринсливз	Великобритания	Голден Делишес × Джеймс Грив	1/2	2/2	13
Кальвиль Блан д'Ивер	Франция	Стародавний французский сорт	1/2	2/2	4, 19
Королева Кокс	Великобритания	Клон сорта Оранжевый Пиппин Кокса	1/2	2/2	15
Лорд Ламбурне	Великобритания	Джеймс Грив × Пармен Ворчестер	1/2	2/2	4
Оранжевый Пиппин Кокса	Великобритания	Сеянец от св. опыления сорта Рибстон Пиппин	1/2	2/2	6, 9, 11, 15
Помона Кокса	Великобритания	Сеянец от св. опыления сорта Рибстон Пиппин	1/2	2/2	15
Приам	Франция	(F2 26829-2-2 × Голден Делишес) × Макинтош × Джонатан	1/2	2/2	13, 14 15
Реглиндис	Германия	Джеймс Грив × ВК 44.18	1/2	2/2	15
Санберн	Великобритания	Оранжевый Пиппин Кокса × Неизвестный сорт	1/2	2/2	13
Сантана	Нидерланды	Эльстар × Присцилла	1/2	2/2	4
Штюрмер Пиппин	Великобритания	Рибстон Пиппин × Нонпарель	1/2	2/2	13
Робертс Ред	Великобритания	Сеянец в результате скрещивания разных видов яблоки	1/1	1/1	13

Окончание таблицы					
1	2	3	4	5	6
Робертс Крэб	Великобритания	Сеянец в результате скрещивания разных видов яблони	1/1	1/1	13
Кингстон Блэк	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/1		14
Корт Пенду Плат	Франция	Стародавний французский сорт	1/1		4
Кэтсхед	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/1		4
Эгрмонт Рассет	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/1		4
Эдельборс дорфер	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/1		4
Элиза Ратке	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/1		16
Вустер Вудсил	Великобритания	Стародавний английский сорт		1/2	4
Дабинетт	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/1	1/2	4
Сеянец Рида	Великобритания	Сеянец от свободного опыления сорта Рида	1/1	1/2	13
Шпатблукхендер	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/1	1/2	4
Таффет апфель					
Ананас Ренетт	Нидерланды	Стародавний голландский сорт	1/1	2/2	15
Беатрикс	Нидерланды	Оранжевый Пиппин Кокса × Джонатан	1/1	2/2	13
Бленхейм Апельсин	Великобритания	Стародавний английский сорт	1/1	2/2	4, 15
Данцигер Кантапфель	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/1	2/2	4
Делькорф	Франция	Голден Делишес × Старк Джонграймс	1/1	2/2	4, 18
Джеймс Грив	Великобритания	Потта × Оранжевый Пиппин Кокса	1/1	2/2	4, 14, 15
Кримсон Суперб	Великобритания	Клон сорта Превосходный Лакстон	1/1	2/2	13
Лакстоне Суперб	Великобритания	Челлини × Кокс Оранж Пиппин	1/1	2/2	13
Мюскаде де Дьепп	Франция	Стародавний французский сорт	1/1	2/2	13
Орлеан Ренетт	Франция	Стародавний французский сорт	1/1	2/2	13
Принцен Апфель	Германия	Стародавний немецкий сорт	1/1	2/2	13
Ренет Лансберга	Германия	Сеянец Ренета Харберта	1/1	2/2	8
Ретина	Германия	M. Floribunda × (Кокс, Аполло, Ольденбург)	1/1	2/2	6, 15
Суперб Лакстон	Великобритания	Феллини × Оранжевый Пиппин Кокса	1/1	2/2	15
Таскан	Великобритания	Важак × Гринсвилз	1/1	2/2	14

Оранжевый Пиппин Кокса, Помона Кокса, Санберн, Штюрмер Пиппин), Германии (Гольштейн Кокс, Реанда, Гельбер Рихард, Реглиндис), Нидерландов (Иветт, Санта-на, Эколетте), Франции (Кальвиль Блан д'Ивер, Приам).

В анализируемой выборке сортов яблони при наличии аллеля Md-ACS1-2 в гомозиготе или в гетерозиготном состоянии Md-ACS1-1/2, с установленным состоянием АЦК-оксидазы, гомозигота Md-ACS1-1 не обнаружена. Однако, определено, что в генотипе сортов Робертс Ред и Робертс Крэб, полученных в Великобритании в результате скрещивания разных видов яблони, имеются аллели Md-ACS1-1/1 в сочетании с аллелями Md-ACS1-1/1. Вместе с тем, у сортов Брэмли, Гольштейн Кокс, Иветт, Мантуанское, Минское, Реанда, Рибстон, Сябрына, Телеймон и Эколетте гены Md-ACS1 и Md-ACS1, связанные с лежкостью яблок, находятся в гетерозиготном состоянии, что дополнительно может указывать на пониженную интенсивность биосинтеза этилена и, тем самым, на более продолжительное сохранение потребительских свойств плодов.

Гомозиготность по аллелям Md-ACS1-1 и Md-ACS1-2, обуславливающих наибольшее продуцирова-

ние этилена в плодах и невысокую их лежкость, у сортов яблони осеннего срока созревания селекции стран Европы составляет в среднем соответственно 50,98 и 66,67 %. Отсутствие данных гомозигот в генотипе может служить первым критерием на селекцию сортов яблони с твердыми, длительно хранящимися плодами.

Выводы

При создании для условий Среднего Поволжья генотипов яблони осеннего срока созревания с низким уровнем биосинтеза этилена в плодах (аллели Md-ACS1-2/2) в качестве родительских форм представляет интерес использование сортов Ребелла (морозостойкость до минус 34,4°C) и . Дельбарестиваль (морозостойкость до минус 33°C). Со средним уровнем эндогенного этилена в плодах яблони (гетерозиготное состояние аллелей гена Md-ACS1) и хорошей сохраняемостью их потребительских свойств при хранении наиболее адаптивными для условий Поволжья являются сорта Гринсливз (морозостойкость до минус 35°C), Королева Кокс. (морозостойкость до минус 34°C), Оранжевый Пиппин Кокса. (морозостойкость до минус 34°C) и Приам (морозостойкость до минус 38°C).

Литература

1. Дулов, М. И. Площади плодовых насаждений, сбор урожая и урожайность яблок в странах мира / М. И. Дулов // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития : монография. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2022. – С. 393-419.
2. Дулов, М. И. Частота встречаемости аллелей генов, вовлеченных в биосинтез этилена и лежкость плодов у сортов яблони российской и зарубежной селекций / М. И. Дулов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3(63). – С. 51-57.
3. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Данные в области продовольствия и сельского хозяйства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru> (Дата обращения 22.09.2025).
4. Сохранность плодов яблока/биосинтез этилена: [Электронный ресурс] // RosBREED. – Режим доступа. URL: <https://www.rosbreed.org/node/406>. (Дата обращения 10.09.2025).
5. Супрун, И. И. Изучение аллельного разнообразия генов синтеза этилена Md-ACS1 и Md-ACO1 в отечественной генплазме яблони / И. И. Супрун, С. В. Токмаков // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 2. – С. 298-302.
6. Урбанович, О. Ю. Аллельный состав генов Md-ACS1, Md-ACO1 и Md-Exp7 сортов яблони (*Malus X domestica*) с различным сроком хранения плодов / О. Ю. Урбанович, П. В. Кузмицкая, З. А. Козловская, Н. А. Картель // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2013. – № 3. – С. 47-55.
7. Шамшин, И. Н. Оценка генетического разнообразия сортов и форм яблони с использованием ДНК-маркеров : специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Шамшин Иван Николаевич, 2014. – 120 с.
8. Шамшин, И. Н. Каталог мировой коллекции ВИР / И. Н. Шамшин, А. В. Шлявас, А. А. Трифонова, К. В. Борис // Выпуск 864. Яблоня: Лежкость плодов и результаты анализа полиморфизма генов биосинтеза этилена Md-ACS1, Md-ACO1 и экспансина Md-EXP7 у сортов народной селекции из генетической коллекции яблони научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». – Санкт-Петербург, 2018. – 25 с.
9. Bai, S. Distribution of MdACS3 null alleles in apple (*Malus x domestica* Borkh.) and its relevance to the fruit ripening characters / S. Bai, A. Wang, M. Igarashi [et al.] // Breeding Science. – 2012. – Vol. 62 (1). – P. 46-52.
10. Costa, F. Role of the genes Md-ACO1 and Md-ACS1 in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh.) / F. Costa, S. Stella, W. E. Van de Weg [et al.] // Euphytica. – 2005. – Vol. 141. – P. 181-190.
11. Dougherty, L. Assessing the allelotypic effect of two aminocyclopropane carboxylic acid synthase-encoding genes MdACS1 and MdACS3a on fruit ethylene production and softening in *Malus* / L. Dougherty, Y. Zhu, K. Xu // Horticulture Research. – 2016. – Vol. 3. 16024.
12. Harada, T. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (Md-ACS1) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars / T. Harada, T. Sunako, Y. Wakasa [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 101. – P. 742-746.
13. Kwon, Y. S. Validation Assay of Md-ACS1, Md-ACO1, and Md-PG1 Molecular Markers Associated with Storability in Apples / Y. S. Kwon, S.-H. Kwon, J.-H. Kim [et al.] // Korean Journal of Breeding Science. – 2020. – Vol. 52 (4). – P. 322-331.
14. Lundmark, J. Genotyping ethylene production genes Md-ACS1 and Md-ACO1 for marker-assisted selection in apple / J. Lundmark // SLU, Swedish University of Agricultural Sciences. – Alnarp, 2019. – 27 s.
15. Nybom, H. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm / H. Nybom, M. Ahmadi-Afzadi, J. Shieh, M. Hertog // Tree Genetics & Genomes. – 2012. – Vol. 9. – P. 279-290.
16. Oraguzie, N. C. Influence of Md-ACS1 allelotype and harvest season within an apple germplasm collection on fruit softening during cold air storage / N. C. Oraguzie, R. K. Volz, C. J. Whitworth [et al.] // Postharvest Biology and Technology. – 2007. – Vol. 44. – P. 212-219.
17. Sunako, T. An allele of the ripening-specific 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene (ACS1) in apple fruit with a long storage life / T. Sunako, W. Sakuraba, M. Senda [et al.] // Plant Physiol. – 1999. – Vol. 119 (4). – P. 1297-1304.
18. Zhu, Y. Md-ACS1 and Md-ACO1 genotyping of apple (*Malus x domestica* Borkh.) breeding parents and suitability for marker-assisted selection / Y. Zhu, B. H. Barritt // Tree Genetics and Genomes. – 2008. – Vol. 4. – P. 555-562.
19. Zoufala, J. Apple genetic resources and their molecular analysis / J. Zoufala, P. Vejil, M. Melounova [et al.] // Agriculture. – 2009. – Vol. 55. – P. 69-79.

References

1. Dulov, M. I. Areas of fruit plantations, harvesting and apple yield in the countries of the world / M. I. Dulov // Fundamental and applied science: state and development trends: monograph. – Petrozavodsk : International Center for Scientific Partnership «New Science», 2022. – P. 393-419.
2. Dulov, M. I. Frequency of occurrence of alleles of genes involved in ethylene biosynthesis and fruit shelf life in apple varieties of Russian and foreign breeding / M. I. Dulov // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2023. – № 3(63). – P. 51-57.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Data in the field of food and agriculture. [electronic resource]. – Access mode. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru> (Accessed 22.09.2025).
4. Preservation of apple fruits/biosynthesis of ethylene: [Electronic resource] // RosBREED. – Access mode. URL: <https://www.rosbreed.org/node/406>. (Accessed 10.09.2025).

5. Suprun, I. I. Study of the allelic diversity of Md-ACS1 and Md-ACO1 ethylene synthesis genes in the domestic apple tree genoplasm / I. I. Suprun, S. V. Tokmakov // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. – 2013. – Vol. 17, № 2. – P. 298-302.
6. Urbanovich, O. Y. Allelic composition of Md-ACS1, Md-ACO1 and Md-Exp7 genes of apple tree varieties (*Malus X domestica*) with different fruit shelf life / O. Y. Urbanovich, P. V. Kuzmitskaya, Z. A. Kozlovskaya, N. A. Kartel // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of biological Sciences. – 2013. – № 3. – P. 47-55.
7. Shamshin, I. N. Assessment of the genetic diversity of apple varieties and forms using DNA markers : specialty 06.01.05 "Breeding and seed production of agricultural plants" : dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / Shamshin Ivan Nikolaevich, 2014. – 120 s.
8. Shamshin, I. N. Catalog of the world collection of VIR / I. N. Shamshin, A.V. Shlyavas, A. A. Trifonova, K. V. Boris // Issue 864. Apple tree: Fruit shelf life and results of polymorphism analysis of genes for ethylene biosynthesis Md-ACS1, Md-ACO1 and Md-EXP7 expansin in varieties of folk breeding from the genetic apple tree collections of the scientific and production base "Pushkin and Pavlovsky Laboratories of the Russian Academy of Sciences". – Saint Petersburg, 2018. – 25 s.
9. Bai, S. Distribution of MdACS3 null alleles in apple (*Malus X domestica* Borkh.) and its relevance to the fruit ripening characters / S. Bai, A. Wang, M. Igarashi [et al.] // Breeding Science. – 2012. – Vol. 62 (1). – P. 46-52.
10. Costa, F. Role of the genes Md-ACO1 and Md-ACS1 in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh.) / F. Costa, S. Stella, W. E. Van de Weg [et al.] // Euphytica. – 2005. – Vol. 141. – P. 181-190.
11. Dougherty, L. Assessing the allelotypic effect of two aminocyclopropane carboxylic acid synthase-encoding genes MdACS1 and MdACS3a on fruit ethylene production and softening in *Malus* / L. Dougherty, Y. Zhu, K. Xu // Horticulture Research. – 2016. – Vol. 3. 16024.
12. Harada, T. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (Md-ACS1) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars / T. Harada, T. Sunako, Y. Wakasa [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 101. – P. 742-746.
13. Kwon, Y. S. Validation Assay of Md-ACS1, Md-ACO1, and Md-PG1 Molecular Markers Associated with Storability in Apples / Y. S. Kwon, S.-H. Kwon, J.-H. Kim [et al.] // Korean Journal of Breeding Science. – 2020. – Vol. 52 (4). – P. 322-331.
14. Lundmark, J. Genotyping ethylene production genes Md-ACS1 and Md-ACO1 for marker-assisted selection in apple / J. Lundmark // SLU, Swedish University of Agricultural Sciences. – Alnarp, 2019. – 27 s.
15. Nybom, H. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm / H. Nybom, M. Ahmadi-Alfzadi, J. Sehic, M. Hertog // Tree Genetics & Genomes. – 2012. – Vol. 9. – P. 279-290.
16. Oraguzie, N. C. Influence of Md-ACS1 allelotype and harvest season within an apple germplasm collection on fruit softening during cold air storage / N. C. Oraguzie, R. K. Volz, C. J. Whitworth [et al.] // Postharvest Biology and Technology. – 2007. – Vol. 44. – P. 212-219.
17. Sunako, T. An allele of the ripening-specific 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene (ACS1) in apple fruit with a long storage life / T. Sunako, W. Sakuraba, M. Senda [et al.] // Plant Physiol. – 1999. – Vol. 119 (4). – P. 1297-1304.
18. Zhu, Y. Md-ACS1 and Md-ACO1 genotyping of apple (*Malus X domestica* Borkh.) breeding parents and suitability for marker-assisted selection / Y. Zhu, B. H. Barritt // Tree Genetics and Genomes. – 2008. – Vol. 4. – P. 555-562.
19. Zoufala, J. Apple genetic resources and their molecular analysis / J. Zoufala, P. Vejil, M. Melounova [et al.] // Agriculture. – 2009. – Vol. 55. – P. 69-79.

M. I. Dulov

Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhiguli gardens»
dulov-tehfak@mail.ru

GENETIC POLYMORPHISM OF ETHYLENE BIOSYNTHESIS GENES AND IDENTIFICATION OF VALUABLE COMBINATIONS OF ALLELES IN APPLE VARIETIES OF THE AUTUMN RIPENING PERIOD OF FRUITS FROM WESTERN EUROPEAN COUNTRIES

Important indicators of the quality of apple fruits are their texture, elasticity and suitability for storage. The ability to maintain hardness during maturation and storage is largely related to the rate of ethylene production in fruits. The purpose of the research is to analyze data on the genetic polymorphism of the most common apple varieties of the autumn ripening period of Western European breeding with the identified composition of Md-ACS1 and Md-ACO1 genes in order to provide breeders and apple producers with information on genotypes carrying valuable combinations of alleles and showing the ability to better preserve apples during storage. The object of the analysis of genetic polymorphism by alleles of ethylene biosynthesis genes in fruits was 52 varieties of apple trees. It was found that the frequency of occurrence of Md-ACS1-2/2 alleles in Western European apple tree genotypes averages 9,80%, Md-ACS1-1/2 alleles – 39,22%, Md-ACS1-1/1 alleles – 50,98%, Md-ACO1-1/1 alleles – 4,44%, Md-ACO1-1/2 alleles – 28,89 %, and Md-ACO1-2/2 alleles – 66,67%. When creating autumn ripening apple tree genotypes for the conditions of the Middle Volga region with a low level of ethylene biosynthesis in fruits (Md-ACS1-2/2 alleles), the use of Rebella and Delbrestval varieties as parental forms from Western European breeding varieties is of interest. With an average level of ethylene in apple fruits and good preservation of their consumer properties during storage, the most adaptive varieties are Greensleeves, Koroleva Coke, Orange Pippin Coke and Priam.

Key words: apple tree, variety, fruit storage, ethylene biosynthesis, gene alleles, Md-ACS1, Md-ACO1, polymorphism.

Результаты воздействия солевого стресса на сафлор красильный

УДК 633.85:631.53.048

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-50-54

Н. А. Зайцева (к.с.-х.н.), **А. Ф. Туманян** (д.с.-х.н.),
И. И. Климова, А. А. Донаева

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
rexham@rambler.ru

Проблема устойчивости растений к высокому содержанию солей в почве имеет первостепенное значение для современного растениеводства. Способность культурных растений выживать и развиваться в засоленных условиях, обусловлена целым комплексом специфических механизмов адаптации. Целью исследования являлась диагностика коллекционных сортов сафлора красильного различного эколого-географического происхождения на солеустойчивость.

Исследования проводились в лабораторных условиях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2023–2024 гг. Изучение устойчивости семян сафлора к засолению проводили посредством проращивания семян при различных концентрациях раствора NaCl, определяющих осмотическое давление раствора в 10, 11, 12 и 13 атмосфер. Установлено, что при содержании NaCl на уровне 10,0 и 11,0 атм. большая часть исследованных сортов демонстрирует толерантность к солевому стрессу. Увеличение концентрации раствора соли приводило к постепенному снижению энергии прорастания и процента всхожести семян. Наибольшая энергия прорастания семян — 60,1–62,6% отмечалась при осмотическом давлении в 10 атм., в среднем за годы изучения у образцов к-285, к-299, к-381, при концентрации в 11 атм. у к-285, к-299, к-488 — 40,1–52,2%, при 12 атм. — к-299, к-601, к-488 — 30,3–32,5%, а при 13 атм. — к-488, к-601 — 20,8–24,5%. Наибольшие показатели всхожести семян сафлора по всем изучаемым концентрациям отмечались у образцов к-271, к-285 из Индии, к-444, к-454, к-482 из Мексики, к-568 из Канады. В дальнейшем в селекции, как наиболее устойчивые к солевому стрессу, могут быть использованы сортаобразцы — к-475 из Пакистана, к-278 из Китая, к-568 из Канады, к-376 из Афганистана, к-435 из Мексики, к-271 из Индии, обладающие высокой толерантностью к солевому стрессу при осмотическом давлении в 10, 11 и 12 атм. и отличающиеся всхожестью семян от 47,4 до 98,8% при данных концентрациях соли.

Ключевые слова: сортобразец, сафлор красильный, солеустойчивость, концентрация соли, энергия прорастания, всхожесть.

Введение

Повышенное содержание солей в почвенном слое, где располагаются корни растений, создает сложные условия для их культивирования. Это негативно сказывается на развитии, нарушает нормальные процессы жизнедеятельности и, следовательно, снижает урожайность. Наиболее остро проблема засоления проявляется в регионах с засушливым климатом, где испарение влаги превышает количество осадков [3, 5, 10].

В связи с этим, создания солеустойчивых сортов сельскохозяйственных культур представляет собой важную и актуальную задачу для селекционеров и агрономов. Несмотря на активные исследования по созданию таких сортов, анализ генетических аспектов солеустойчивости в научной литературе представлен недостаточно. Объединение высокой урожайности и устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды в одном генотипе — задача непростая, требующая глубокого изучения физиологических и генетических механизмов адаптации [2, 6, 7, 9, 11].

Устойчивость к засолению особенно важна для регионов имеющих засоленные пахотные земли, в частности и для Астраханской области, где засоленные земли составляют — 39,5%. К сожалению, этот показатель

имеет тенденцию к росту из-за нерациональных методов земледелия и чрезмерного орошения [1, 8].

Сафлор, в свою очередь, отличается засухоустойчивостью и нетребовательностью к почвенным условиям. Его способность расти и давать стабильный урожай маслосемян на солонцеватых почвах в степных и полупустынных зонах отличает его от других культур [3, 10].

Определение солеустойчивых сортов и изучение механизмов воздействия солей важны как для науки, так и для практики. Разные сорта, вне зависимости от их устойчивости, реагируют на стресс, включая солевой, схожим образом. Отличия заключаются в степени нарушений, скорости и глубине метаболических изменений, а также в скорости восстановления после прекращения воздействия неблагоприятного фактора [7].

Целью нашего исследования было провести диагностику сортобразцов сафлора на солеустойчивость посредством оценки их энергии прорастания и всхожести в растворах NaCl имеющих различное осмотическое давление.

Простота и надежность метода позволяют использовать его для первоначальной оценки устойчивости различных сортов к засолению. Важно учитывать, что в молодом возрасте растения более восприимчивы к солям, а с возрастом их устойчивость возрастает. Это характерно для всех растений, и относительные разли-

чия между сортами сохраняются на протяжении всего жизненного цикла.

Материал и методы исследования

В 2023–2024 гг. в лабораторных условиях Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН было проведено исследование по определению устойчивости к засолению 37 образцов сафлора красивого из коллекции ВИР.

Для проведения эксперимента были отобраны кондиционные семена, предварительно обработанные раствором формалина (1 часть формалина на 100 частей воды) для предотвращения развития плесени. Семена сафлора размещали в стерильных чашках Петри по 50 штук и заливали солевым раствором. В каждую чашку Петри добавляли раствор соли с определенным уровнем осмотического давления — 10, 11, 12 и 13 атмосфер, которые соответствуют концентрации NaCl — 1,40%, 1,53%, 1,68%, 1,82%. В качестве контрольного варианта использовали дистиллированную воду (без добавления соли). Проращивание семян осуществляли в термостате при температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение семи суток. На четвертые сутки подсчитывали количество проросших семян и определяли энергию прорастания, на седьмые сутки — всхожесть. Опыт был выполнен в трех повторениях.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальное проращивание семян сафлора в солевых растворах продемонстрировало разную степень устойчивости исследуемых образцов.

На контрольном варианте с применением дистиллированной воды процент всхожести семян на всех образцах находился в пределах от 66 до 99,9%, а энергия прорастания составляла 58,2–99,9% (таблица).

Увеличение концентрации раствора последовательно уменьшало энергию прорастания и всхожесть семян, что, в свою очередь, вело к сокращению числа образцов, толерантных к засолению.

Наибольший процент всхожих семян при концентрации соли 10 атм. на 4 сутки при оценке энергии прорастания, в среднем за годы изучения, отмечался у образцов из Индии — к-285 и к-299 и Пакистана — к-381 — 60,1...62,6%. При концентрации соли в 11 атм. также выделялись образцы из Индии — к-285 и к-299 и Бангладеш — к-488, имевшие энергию прорастания от 40,1 до 52,2 %. Наибольший процент всхожести при концентрации соли 12 атм. отмечен у образцов из Индии — к-299, Австралии — к-601 и Бангладеш — к-488 — 30,3–32,5 %, а при концентрации в 13 атм. у образцов из Бангладеш — к-488 и Австралии — к-601 — 20,8–24,5%. Остальные образцы имели низкие показатели всхожести, которые при концентрации соли в 13 атм. варьировали от 0 до 16,8%, при концентрации

соли в 12 атм. от 0 до 20%, при 11 атм. от 0 до 32,3%, при концентрации в 10 атм. в среднем энергия прорастания варьировала от 2,8 до 56,1%.

Результаты двухлетних исследований показали, что образцы к-271 (Индия), к-278 (Китай), к-310 (Израиль), к-376 (Афганистан), к-435 (Мексика), к-475 (Пакистан), к-568 (Канада) демонстрировали максимальную всхожесть от 81,6 до 98,8% при концентрации солевого раствора 10 атмосфер, на контроле (дистиллированная вода) всхожесть составляла 84,2–99,9% (таблица).

Образцы к-271 (Индия), к-278 (Китай), к-376 (Афганистан), к-475 (Пакистан), к-568 (Канада) показывали всхожесть при концентрации соли в 11 атм. от 70,7 до 81,8%.

При увеличении концентрации солевого раствора в 12 атм. всхожесть большинства сортообразцов снижалась, но при этом была выше 50% у образцов к-273, к-285, к-412 (Индия), к-376 (Афганистан), к-475 (Пакистан), к-568 (Канада).

Всхожесть при концентрации соли в 13 атм. снижалась до минимальных значений у большинства сортообразцов и составляла от 0 до 28,9%, при этом выделились пять сортообразцов, которые имели всхожесть выше 30%, а именно к-568 (Канада) — 53,7%, к-482 (Мексика) — 40,8%, к-444 (Мексика) — 39,3%, к-454 (Мексика) — 34,0%, к-285 (Индия) — 31,0% (таблица).

При оценке всхожести по всем изучаемым концентрациям соли выделились образцы, которые имели высокие показатели всхожести на всех вариантах солевого стресса, их можно отнести к наиболее толерантным к засолению — к-271 и к-285 из Индии, к-444, к-454 и к-482 из Мексики, к-568 из Канады.

Также высокие показатели устойчивости к соли, при ее концентрации в 10 и 11 атм. показывали сорт стандарт Астраханский 747 и образцы к-17 (Афганистан), к-317 (Австрия), к-332 (Марокко), к-600 (Франция), к-603 (Казахстан) показавшие всхожесть на уровне от 73,3–75,0% при концентрации соли 10 атм. и 40,5–63,6% при концентрации 11 атм.

По результатам изучения все испытываемые сортообразцы можно разделить на группы устойчивости:

- I — высокоустойчивые — проросло более 80% семян;
- II — устойчивые — от 61 до 80%;
- III — среднеустойчивые от 41 до 60%;
- IV — слабоустойчивые от 21 до 40%;
- V — не устойчивые менее 20%.

При уровне осмотического давления 10 атм. сортообразцы распределились на три группы устойчивости. К высокоустойчивым можно отнести 7 образцов (к-475, к-278, к-568, к-310, к-376, к-435, к-271), к группе устойчивых 20 образцов, к группе среднеустойчивых 10 образцов. При уровне осмотического давления в 11 атмосфер к группе высокоустойчивых можно было отнести только образец к-376 из Афганистана, к группе устойчивых 8 образцов (к-17, к-350, к-435, к-600,

Показатели энергии прорастания и всхожести сортообразцов сафлора в различных концентрациях NaCl, %, среднее за 2023-2024 гг.												
№ каталога ВИР	Название	Происхождение	Энергия прорастания, %					Всхожесть, %				
			Конт-роль	Концентрация NaCl, атм.				Конт-роль	Концентрация NaCl, атм.			
				10	11	12	13		10	11	12	13
-	Астрахан-ский 747 St	Россия	76,5	20,0±7	22,5±10	20,0±9	6,4±6	90,3	73,3±10	51,1±11	17,8±8	15,6±8
K-17	Местный	Афганистан	84,6	32,3±7	32,2±10	8,4±6	4,7±4	90,2	73,3±10	62,2±10	42,2±11	4,4±4
K-270		Индия	94,1	16,9±8	12,8±7	2,4±3	4,6±4	90,0	62,2±10	57,8±11	20,0±9	17,8±8
K-271		Индия	92,1	14,4±4	12,7±7	11,7±8	10,3±10	99,9	98,8±1	79,6±8	69,4±9	22,4±9
K-273	Местный	Индия	90,0	14,3±8	2,7±3	0	0	84,2	57,1±11	47,6±11	45,2±11	26,2±10
K-278		Китай	58,4	44,6±13	38,0±13	18,2±10	10,5±8	86,6	82,5±9	77,5±10	40,0±11	20,0±9
K-285		Индия	88,6	60,5±11	40,1±11	16,6±8	14,7±8	84,5	78,6±9	59,5±11	52,4±11	31,0±10
K-299	Местный	Индия	94,3	60,1±10	52,0±11	32,4±10	16,8±8	94,3	66,0±10	57,4±10	25,5±9	19,1±8
K-303		Марокко	80,1	16,0±8	12,4±7	8,2±6	0	82,1	43,9±10	39,0±11	31,7±11	12,2±7
K-310		Израиль	88,3	20,0±9	0	0	0	84,0	83,3±8	50,0±11	16,7±8	7,1±6
K-317	/47-53/T 2/1/	Австрия	66,5	32,2±12	20,1±10	14,0±9	0	78,9	74,7±10	55,3±12	28,9±11	28,9±11
K-325	A-20448 n 4051	США	99,9	48,0±10	8,4±6	2,6±3	0	84,2	64,3±11	59,5±11	42,9±11	16,7±8
K-326	S-8 Selection R A	ФРГ	96,5	40,0±10	28,1±9	20,0±8	16,5±8	96,3	43,8±10	41,7±10	18,8±8	18,8±8
K-332		Марокко	84,1	34,5±11	30,6±10	20,5±9	0	88,3	75,0±10	40,5±11	37,8±9	15,9±8
K-350		Судан	74,2	34,4±11	28,1±11	16,8±9	4,7±5	74,0	62,2±12	62,2±12	40,5±12	16,2±9
K-366	Passifik	Иран	94,5	14,6±7	0	0	0	82,0	65,9±11	41,5±11	36,6±11	17,1±9
K-376	n 1043	Афганистан	90,0	42,1±11	22,8±9	18,38±8	0	88,6	86,4±8	81,8±8	70,5±10	13,6±8
K-378	Местный	Азербайджан	84,1	40,3±11	20,1±9	8,3±6	0	72,7	55,6±12	38,9±12	36,1±12	19,4±10
K-381	Daloka-Sind	Пакистан	84,2	62,6±11	30,0±10	18,1±9	14,2±8	84,4	69,0±10	54,8±11	26,2±10	14,3±8
K-411	Budakalaszi	Венгрия	78,7	24,4±10	24,0±10	16,8±9	12,5±8	78,1	56,4±12	48,7±12	35,9±11	12,8±8
K-412	116-4-2	Индия	90,0	38,6±10	18,1±8	16,1±8	6,0±5	78,7	69,2±11	56,4±12	51,3±12	20,5±9
K-422	Местный	Россия, Нахичевань	98,3	16,5±8	10,2±6	0	0	94,6	63,8±10	31,9±10	23,4±9	6,4±5
K-435		Мексика	84,4	30,0±10	22,4±9	18,8±9	2,6±3	96,1	86,8±8	63,2±11	47,4±12	26,3±10
K-444		Мексика	76,3	38,0±11	16,5±9	4,7±5	4,3±5	80,2	78,6±11	46,4±14	46,4±14	39,3±13
K-454	Ute	Мексика	88,0	22,3±9	22,3±9	12,1±7	10,0±7	94,0	59,6±10	48,9±11	42,6±10	34,0±10
K-459		США	92,5	8,4±6	4,0±4	4,0±4	0	86,5	67,4±10	39,5±11	9,3±6	0
K-475		Пакистан	96,2	16,2±8	8,8±6	8,8±6	0	98,0	81,6±8	73,5±9	63,3±10	22,4±9
K-476	Kino	Пакистан	96,0	20,1±8	12,7±7	12,4±7	4,3±4	92,5	50,0±11	39,1±10	34,8±10	15,2±8
K-482		Мексика	80,6	48,6±11	20,5±9	12,3±7	12,3±7	98,1	67,3±10	49,0±10	44,9±10	40,8±10
K-487		Бангладеш	96,1	40,7±10	28,1±9	16,5±8	4,2±8	78,2	51,3±12	43,6±11	30,6±11	17,9±9
K-488	S-319	Бангладеш	92,2	48,0±11	40,3±10	32,5±9	20,8±9	75,8	66,0±10	42,4±12	39,4±12	18,2±10
K-542		Мексика	84,0	12,6±7	12,6±7	0	0	84,2	45,2±11	35,7±11	35,7±11	28,6±10
K-557		Канада	68,7	34,0±12	18,0±10	10,2±7	4,6±5	82,4	65,9±11	53,7±11	36,6±11	19,5±9
K-568	г.о.	Канада	68,3	56,1±12	32,0±12	16,0±9	8,5±7	92,4	82,9±8	70,7±10	58,5±11	53,7±11
K-585		Молдавия	96,0	2,8±3	2,6±3	2,6±3	0	96,0	66,7±10	43,8±10	10,4±6	0
K-600		Франция	76,4	38,4±11	30,0±11	14,1±8	8,0±6	88,6	75,0±9	63,6±11	38,6±11	15,9±8
K-601	Sironaria	Австралия	98,8	40,1±10	32,3±10	30,3±9	24,5±9	86,4	44,2±11	39,5±11	37,2±11	20,0±9
K-603	местный	Казахстан	62,1	26,0±11	12,5±8	6,2±6	2,4±4	86,1	74,4±10	53,5±11	34,9±11	7,0±6

к-568, к-475, к-278, к-271), к группе среднеустойчивых 23 образца, к группе слабоустойчивых 5 образцов. По устойчивости к засолению из сортообразцов проращиваемых при осмотическом давлении 12 атм. к группе устойчивых (II) относились к-475, к-271, к-376, к группе среднеустойчивых 12 образцов, к группе слабоустойчивых 17 образцов, к группе не устойчивых 5 образцов. При осмотическом давлении в 13 атм. сортообразцы

распределились по трем группам — III – среднеустойчивые — к-482 и к-568, IV — слабоустойчивые — 10 образцов и V — не устойчивые — 25 образцов.

Выводы

На основании полученных экспериментальных данных, можно выделить образцы – к-475 из Пакистана, к-278 из Китая, к-568 из Канады, к-376 из Афганиста-

на, к-435 из Мексики, к-271 из Индии, обладающие высокой толерантностью к солевому стрессу при осмотическом давлении в 10, 11 и 12 атм. и отличающиеся всхожестью семян от 47,4 до 98,8% при данных концентрациях соли.

Выделившиеся по устойчивости к засолению образцы представляют практический интерес для возделывания в почвенно-климатических условиях Астраханской области, а также для дальнейшего использования в качестве исходного материала при селекции.

Литература

1. Арыстангулов, С.С. Оценка солеустойчивости семян сафлора выращенных в условиях Акдалинского массива рисосеяния / С.С. Арыстангулов // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 4. – С. 87-90.
2. Бахтаулова, А.С. Определение солеустойчивости риса посевного (*Oryza sativa*) в условиях орошаемого земледелия Алматинской области/ А.С. Бахтаулова, М.Ф. Жакупжанова, А. Камбарова, М. Янига // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. – 2019. – Т. 95. – №3. – С. 46-52.
3. Зайцева, Н.А. Оценка солеустойчивости сафлора красильного/ Н.А. Зайцева, И.И. Климова, Е.В. Ячменёва // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. -2022. -№ 4 (68). – С. 89-96.
4. Кулиев, Т.Х. Определение солеустойчивости растений в лабораторных условиях / Т.Х. Кулиев, Д. Алибаева //В сб. «Перспективы развития науки и образования». мат-лы Междунаро. науч.-практич. конф. – 2014. – С. 68-69.
5. Мустафаев, Ж.С. Экосистемное обоснование способов освоения засоленных земель Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Л.В. Кирейчева, Л.К. Жусупова // Агроэкология. – 2015. – № 2-2 (4). –С. 4-9.
6. Стаценко, А.П. Оценка солеустойчивости полевых культур/ А.П. Стаценко, А.А. Блинохватов // Инновационная техника и технология. – 2019. – № 2 (19). – С. 34-37.
7. Федулов, Ю.П. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды : учеб. пособие / Ю.П. Федулов, В.В. Котляров, К.А. Доценко. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 64 с.
8. Ячменёва, Е.В. Экологическая устойчивость сафлора красильного в аридной зоне Северного Прикаспия/ Е.В. Ячменёва, А.С. Дьяков// Аграрный научный журнал. – 2024. – № 2. – С. 62–66.
9. Acosta-Motos, J.R. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms / J.R. Acosta-Motos, M.F. Ortuno, A. Bernal-Vicente, P. Diaz-Vivancos, M. J. Sanchez-Blanco, J. A. Hernandez // Agronomy. – 2017. – № 7 (1). – P. 18.
10. Hamed, M. In vitro Salt Tolerance of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes using Different Explants. / M. Hamed, P. Golkar, A.Arzeni// Plant Tissue Culture and Biotechnology. – 2016. – №26(2). – p. 231-242.
11. Tussipkan, D. Soil salinity and salt tolerance of plants. Bulletin of the Karaganda university/ D. Tussipkan, M.B. Ramazanov, Sh.A. Manabayeva// Biology. Medicine. Geography Series. – 2024. – Т. 113. – № 1. – С. 48-57.

References

1. Ary'stangulov, S.S. Ocenka soleustojchivosti semyan saflora vy'rashenny'x v usloviyax Akdalinskogo massiva risoseyaniya / S.S. Ary'stangulov // Pochvovedenie i agrokhimiya. – 2010. – № 4. – S. 87-90.
2. Baxtaulova, A.S. Opredelenie soleustojchivosti risa posevnogo (*Oryza sativa*) v usloviyax oroshaemogo zemledeliya Almatinskoy oblasti/ A.S. Baxtaulova, M.F. Zhakupzhanova, A. Kambarova, M. Yaniga // Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Medicina. Geografiya. – 2019. – T. 95. – №3. – S. 46-52.
3. Zajceva, N.A. Ocenka soleustojchivosti saflora krasil'nogo/ N.A. Zajceva, I.I. Klimova, E.V. Yachmenyova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie. – 2022. – № 4 (68). – S. 89-96.
4. Kuliev, T.X. Opredelenie soleustojchivosti rastenij v laboratorny'x usloviyax / T.X. Kuliev, D. Alibaeva //V sb. «Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya». mat-ly' Mezhdunarod. nauch.-praktich. konf. – 2014. – S. 68-69.
5. Mustafayev, Zh.S. E'kossistemnoe obosnovanie sposobov osvoeniya zasolenny'x zemel' Zh.S. Mustafayev, A.T. Kozy'keeva, L.V. Kirejcheva, L.K. Zhusupova // Agro'e'kologiya. – 2015. – № 2-2 (4). – S. 4-9.
6. Stacenko, A.P. Ocenka soleustojchivosti polevy'x kul'tur/ A.P. Stacenko, A.A. Blinoxvatov // Innovacionnaya texnika i texnologiya. – 2019. – № 2 (19). – S. 34-37.
7. Fedulov, Yu.P. Ustojchivost' rastenij k neblagopriyatny'm faktoram sredy' : ucheb. posobie / Yu.P. Fedulov, V.V. Kotlyarov, K.A. Docenko. – Krasnodar : KubGAU, 2015. – 64 s.
8. Yachmenyova, E.V. E'kologicheskaya ustojchivost' saflora krasil'nogo v aridnoj zone Severnogo Prikaspiya/ E.V. Yachmenyova, A.S. D'yakov// Agrarny'j nauchny'j zhurnal. – 2024. – № 2. -S. 62–66.
9. Acosta-Motos, J.R. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms / J.R. Acosta-Motos, M.F. Ortuno, A. Bernal-Vicente, P. Diaz-Vivancos, M. J. Sanchez-Blanco, J. A. Hernandez // Agronomy. – 2017. – № 7 (1). – P. 18.
10. Hamed, M. In vitro Salt Tolerance of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes using Different Explants. / M. Hamed, P. Golkar, A.Arzeni// Plant Tissue Culture and Biotechnology. -2016. -№26(2). -r. 231-242.
11. Tussipkan, D. Soil salinity and salt tolerance of plants. Bulletin of the Karaganda university/ D. Tussipkan, M.B. Ramazanov, Sh.A. Manabayeva// Biology. Medicine. Geography Series. – 2024. – T. 113. – № 1. – S. 48-57.

N. A. Zaitseva, A. F. Tumanyan, I. I. Klimova, A. A. Donaeva

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
rexham@rambler.ru

RESULTS OF THE EFFECT OF SALT STRESS ON SAFFLOWER

The problem of plant tolerance to high soil salt levels is of paramount importance for modern crop production. The ability of cultivated plants to survive and thrive in saline conditions is determined by a complex set of specific adaptation mechanisms. The aim of the study was to evaluate collection varieties of safflower of various ecological and geographical origins for salt tolerance. The studies were conducted in laboratory conditions at the Pavlodar Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in 2023–2024. The tolerance of safflower seeds to salinity was studied by germinating the seeds at various NaCl solution concentrations, determining the osmotic pressure of the solution at 10, 11, 12, and 13 atmospheres. It was found that at NaCl concentrations of 10 and 11 atm, most of the studied varieties demonstrated tolerance to salt stress. Increasing the salt solution concentration led to a gradual decrease in germination energy and seed germination rate. The highest seed germination energy – 60.1...62.6% was observed at an osmotic pressure of 10 atm., on average over the years of study for samples k-285, k-299, k-381, at a concentration of 11 atm. for k-285, k-299, k-488 – 40.1...52.2%, at 12 atm. – k-299, k-601, k-488 – 30.3...32.5%, and at 13 atm. – k-488, k-601 – 20.8...24.5%. The highest safflower seed germination rates across all studied concentrations were observed in samples K-271, K-285 from India, K-444, K-454, K-482 from Mexico, and K-568 from Canada. The following varieties may be further used in breeding as the most resistant to salt stress: K-475 from Pakistan, K-278 from China, K-568 from Canada, K-376 from Afghanistan, K-435 from Mexico, and K-271 from India. These varieties exhibit high tolerance to salt stress at osmotic pressures of 10, 11, and 12 atm and are distinguished by seed germination rates ranging from 47.4 to 98.8% at these salt concentrations.

Key words: variety sample, safflower, salt tolerance, salt concentration, germination energy, germination.

Правила оформления статей

Статьи принимаются на русском и английском языках.

Материалы для публикации представляются в виде файла в формате Microsoft Word for Windows с расширением .doc или .docx.

Статья и аннотация должны быть написаны хорошим литературным языком. В ней не должны содержаться базисные, общеизвестные, сведения по профильной научной тематике. При использовании единиц измерения необходимо придерживаться международной системы единиц СИ.

Дублирование данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо.

Рекомендуемый объем статей – от 6 до 16 страниц формата А4 в редакторе Microsoft Office Word, шрифт «Times New Roman», кегль 14, интервал 1,5, абзацный отступ – 1 см, все поля – 2 см. Выравнивание текста статьи по ширине.

Графическая информация должна быть черно-белой (за исключением фотографий). Графики, диаграммы, схемы и др. рекомендуется представлять в файлах формата TIFF, Adobe Illustrator, Photoshop, Visio (за исключением диаграмм, выполненных в Microsoft Office). Рисунки должны быть четкими и выполняться на белом фоне. Каждый рисунок должен быть снабжен подрисуночной подписью. Оси графиков должны иметь подписи без сокращений. Элементы схем, чертежей и др. должны иметь подписи или обозначения, расшифровка которых должна содержаться в подрисуночной подписи.

Таблицы выполняются в форматах Microsoft Word или Excel. Каждая строка таблицы должна оформляться именно как отдельная строка. Разделение строк и столбцов таблицы с помощью знаков «пробел», «Enter» не допускается.

Формулы. Простые формулы рекомендуется выполнять в Microsoft Word, более сложные — в Редакторе формул Microsoft Equation Editor или аналогичном редакторе. Все входящие в формулу параметры должны быть расшифрованы. Расшифровку приводят один раз, когда параметр встречается впервые. Выполнение формул в виде рисунков не допускается.

Список литературы должен быть не менее 6 источников. Ссылки на работы авторов должны занимать не более 50% списка литературы. Оформляется строго по ГОСТ Р 7.0.5-2008, выравнивание по ширине.

Помимо списка литературы, приводится также транслитерированный список литературы на кириллице и перевод названия публикации на английский.

После списка литературы и ее транслитерированного списка необходимо вставить перевод на английский язык названия статьи, фамилии и инициалы автора(ов), сведения о них, название места работы/учебы, аннотации и ключевых слов. Для англоязычных статей делается перевод на русский язык.

Перспективные линии *Carthamus tinctorius* L. в богарных условиях аридной зоны Северного Прикаспия

УДК 633.85:631.53.048

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-55-60

Н. А. Зайцева (к.с.–х.н.), **Н. В. Тютюма** (д.с.–х.н.),
А. Ф. Туманян (д.с.–х.н.), **А. А. Донаева**
 Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
 rexham@rambler.ru

Сафлор является перспективной, но малораспространенной культурой. Изменения климата наблюдаемые в настоящее время по всей территории России и мира, приводят к увеличению средней температуры. По данным экспертов за последние 100 лет средняя температура увеличилась на 0,3–0,6°C, но к 2050 году темпы увеличения глобальной температуры возрастут и составят 0,3°C уже за 10 лет. В настоящее время на прикаспийских территориях наблюдаются климатические изменения, такие как часто случающиеся теплые зимы с оттепелями, смещение сезонов почти на месяц, летние длительные засухи, суховеи и пыльные бури приводящие к увеличению испарения и засухам. В таких условиях на первый план выходят культуры, способные адаптироваться и давать стабильные урожаи, к которым можно отнести и сафлор красильный. Опыты закладывались по общепринятым методикам на опытных полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» начиная с 2018 года. Проводилось изучение образцов сафлора полученных в результате свободного переопыления коллекционных образцов и дальнейшим шестикратным инцухтированием элитного растения. В результате изучения были выделены по основным биометрическим параметрам и элементам продуктивности образцы которые могут быть использованы в дальнейшей селекции: по массе семян с 1 м² – СФ-13, СФ-15, СФ-16, СФ-19, СФ-21, СФ-66 – 73,31–87,11 г., по массе семян с одного растения – СФ-20, СФ-4, СФ-18, СФ-15, СФ-25 – 5,35–10,69 г., по числу семян в корзинке – СФ-2, СФ-4, СФ-5, СФ-16, СФ-18, СФ-19, СФ-23, СФ-66, СФ-77 – 16,6–20,9 шт. по количеству корзинок на растении – СФ-20 – 13,4 шт., количеству продуктивных ветвей – СФ-20, СФ-25 – 7,3–8,1 шт.

Ключевые слова: сафлор красильный, свободное переопыление, инцухтирование, линия, селекция.

Введение

Carthamus tinctorius L. одна из самых древних масличных культур широко распространенных по всему миру [8].

Изменяющиеся климатические условия выращивания сельскохозяйственных культур на планете определяют потребность в засухоустойчивых и рентабельных культурах, к которым можно отнести и сафлор красильный, который толерантен к условиям засухи за счет его развитой корневой системы, способной извлекать влагу из глубоких слоев почвы, а затем, за счет структуры вегетативной массы ее рационально расходовать [2–4].

В настоящее время в мире ведется всестороннее изучение коллекций сафлора. Основным направлением селекции является повышение продуктивности, так как изначально растения сафлора малопродуктивны и урожайности данной культуры при сопоставлении с другими низкие, а также на повышение масличности и качества масла. При создании новых сортов, необходимо длительное изучение и отбор перспективных образцов и линий, сочетающих в себе комплекс желаемых признаков [1, 5–7].

Целью нашего исследования является всесторонняя оценка перспективных образцов для получения новых сортов сафлора в условиях аридного климата Северного Прикаспия.

Материал и методы исследования

Изучение перспективных линий сафлора проводили в селекционном питомнике, расположенном на опытных неорошаемых полях ФГБНУ ПАФНЦ РАН. Почвы опытного участка светло-каштановые, солонцеватые, содержание гумуса менее 0,8%, pH 7,2–7,8. Климат места проведения опыта острозасушливый, изменчивый, осадки в летний период не редко полностью отсутствуют, а испаряемость в два раза превышает количество выпадающих осадков, засухи и суховеи случаются часто.

В селекционном питомнике высевались образцы, которые были получены в результате свободного переопыления коллекционных образцов в 2018 году с дальнейшим индивидуальным отбором и последующим шестикратным инцухтированием элитного растения. Объем 35 образцов.

В качестве стандарта при изучении использовали районированный сорт сафлора шиповой формы «Астраханский 747», выведенный в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН».

Посев проводился вручную, широкорядным способом с междурядьем 0,30 м, через каждые 20 номеров высевался стандартный сорт «Астраханский 747». Нормы высева из расчета 175000 семян на гектар. Повторность трехкратная, размещение делянок рендомизированное.

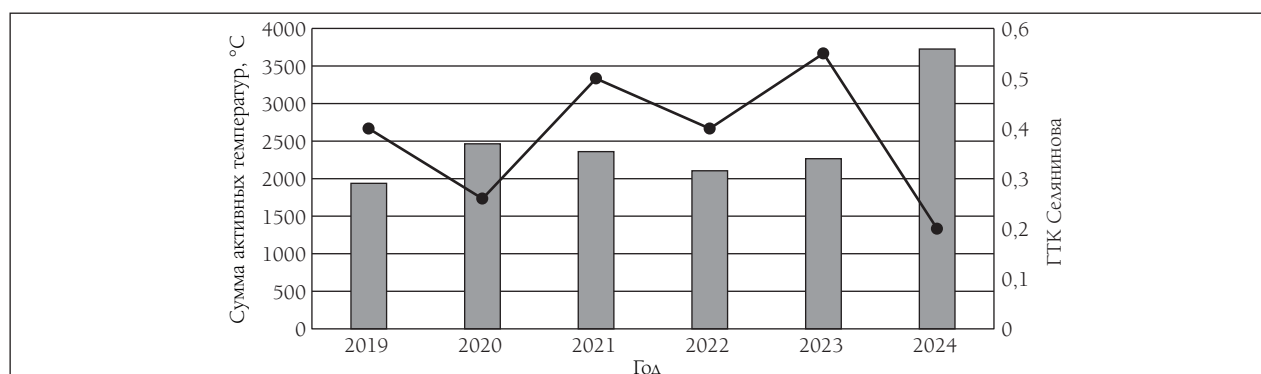


Рис. 1. Основные параметры погодных условий периода вегетации сафлора: столбцы — сумма активных температур; линия — ГТК

Площадь под каждым образцом — 2 м², общая площадь опыта — 300 м².

Для исключения перекрестного опыления на все изучаемые образцы надевались изоляторы из нетканого материала, пропускающего воздух, но не пропускающего пыльцу и насекомых.

Погодные условия в период изучения складывались по-разному. Наибольшая сумма активных температур воздуха (свыше +10°C) отмечалась в 2024 г. — 3725,1°C,

минимальная сумма отмечалась в 2019 г. — 1937°C (рис. 1).

Гидротермический коэффициент по Селянину, как видно из рис. 1, был минимальным в 2020 и 2024 годах — 0,2–0,26, что говорит об очень сильной засухе. Более влажными можно считать вегетационные периоды 2021 и 2023 гг. с ГТК — 0,5–0,55, но они также относятся к засушливым.

Табл. 1. Биометрические параметры и элементы продуктивности сафлора, среднее 2019–2024 гг.

Название	Высота растений, м	Количество ветвей, шт.		Расстояние до первой ветви, м	Количество корзинок на одно растение, шт.	Диаметр корзинок, мм	Число семян в корзинке, шт.	Кол-во выпавших семян в одной корзинке, шт.	Масса семян с одной корзинки, г	Масса семян с одного растения, г	Масса семян с 1 м ² , г
		продуктивных	непродуктивных								
Астраханский 747 St	0,53	4,7	1,6	0,30	5,1	2,00	16,5	16,5	0,68	3,86	48,38
СФ-1	0,54	3,8	0,9	0,38	3,9	1,80	14,3	13,9	0,56	2,38	59,97
СФ-2	0,51	6,1	1,7	0,32	6,1	1,76	18,7	18,6	0,71	4,45	46,62
СФ-3	0,51	4,8	1,7	0,33	4,8	1,68	15,2	14,7	0,61	3,42	31,06
СФ-4	0,58	5,5	2,5	0,29	6,5	2,06	20,6	20,6	0,78	6,98	68,75
СФ-5	0,60	4,2	2,3	0,38	4,2	1,72	16,6	16,4	0,54	2,37	44,64
СФ-6	0,53	4,0	2,1	0,39	4,0	1,64	14,0	14,0	0,38	1,63	29,61
СФ-7	0,50	4,8	1,7	0,33	4,9	1,75	14,4	14,4	0,63	3,20	44,72
СФ-8	0,50	3,7	1,6	0,34	4,0	1,85	12,0	12,0	0,53	2,34	36,36
СФ-9	0,48	5,2	1,7	0,26	5,2	1,65	15,5	15,3	0,53	3,26	34,82
СФ-10	0,48	3,4	1,2	0,31	3,5	1,69	14,2	14,2	0,50	1,83	31,11
СФ-11	0,49	2,5	2,2	0,33	2,5	1,53	11,2	10,9	0,32	1,11	19,85
СФ-12	0,44	3,2	2,3	0,25	3,2	1,73	14,4	14,1	0,46	1,52	24,98
СФ-13	0,54	4,3	1,7	0,33	4,8	1,43	12,2	12,2	0,48	2,81	73,31
СФ-14	0,51	4,3	2,7	0,28	5,2	1,58	11,0	11,0	0,49	3,12	27,27
СФ-15	0,56	4,4	1,3	0,31	6,9	1,79	15,6	15,6	0,65	5,35	84,77
СФ-16	0,48	6,0	1,4	0,23	7,8	1,77	18,8	18,8	0,74	4,60	83,49
СФ-17	0,58	4,5	1,9	0,39	4,6	1,73	14,2	14,2	0,46	2,12	44,49
СФ-18	0,60	6,5	1,7	0,33	8,5	1,91	17,9	17,9	0,65	6,53	76,59
СФ-19	0,52	5,7	1,6	0,32	5,8	1,99	20,3	20,3	0,73	4,74	81,09
СФ-20	0,44	7,3	1,2	0,21	13,4	1,62	14,6	14,6	0,67	10,69	34,17
СФ-21	0,55	5,6	1,8	0,31	6,3	1,66	13,1	13,1	0,44	2,84	87,11
СФ-22	0,52	5,5	1,2	0,32	7,3	1,73	15,9	15,9	0,68	2,89	51,26
СФ-23	0,51	5,6	1,7	0,32	7,2	1,79	17,3	17,3	0,57	3,32	45,73

Результаты исследования и их обсуждение

Высеянная коллекция сафлора в 2017 г. свободно переопылилась и в результате этого методом индивидуального отбора в 2018 г. были отобраны 35 образцов, которые в дальнейшем изучались с 2019 по 2024 годы.

В среднем за годы изучения наибольшая высота растений отмечалась у линий СФ-5, СФ-18 и СФ-66 — 0,6 м, минимальные показатели были у СФ-12, СФ-20, СФ-24 — 0,44 м. Таким образом, согласно классификатору вида *Carthamus tinctorius* L. (1985) к низким (высота растений менее 45 см) в нашем опыте относились три образца, остальные можно отнести к средним (высота растений 45–70 см) (табл. 1).

По степени ветвистости все изучаемые образцы можно отнести к средневетвистым (количество ветвей 4–8 шт.) и только образце СФ-24 — 8,3 шт. ветвей, относится к сильноветвистым (количество ветвей более 8 шт.).

Расстояние до первой ветви у изучаемых образцов варьировало и составляло. Минимальные значения — 0,21–0,26 м отмечались у СФ-20, СФ-16, СФ-9, максимальные 0,38–0,39 у СФ-2, СФ-5, СФ-6, СФ-17, СФ-66. У сорта стандарта Астраханский 747 расстояние до первой ветви составляло 0,3 м.

По количеству корзинок на одном растении в среднем за годы изучения выше стандартного сорта Астраханский 747 — 5,1 шт., были 15 образцов из 35, у которых данный показатель варьировал от 5,2 до 13,4 шт. (СФ-20).

По диаметру корзинок изучаемые образцы за исключением СФ-4 — 2,06 мм и СФ-66 — 2,02 мм, не превосходили стандарт Астраханский 747 — 2 мм.

Наибольшее число семян в корзинке формировалось у линий СФ-77 — 20,2 шт., СФ-19 — 20,3 шт., СФ-4 — 20,6 шт., СФ-66 — 20,9 шт. Также выше стандартного сорта Астраханский 747, у которого в одной корзинке в среднем формировалось до 16,5 шт. семян, были показатели у образцов СФ-2, СФ-5, СФ-16, СФ-18, СФ-23 — 16,6–18,8 шт.

По массе семян в одной корзинке превышали стандартный сорт Астраханский 747 только 7 образцов — СФ-77 — 0,7 г, СФ-32, СФ-2 — 0,71 г, СФ-19 — 0,73, СФ-16 — 0,74 г, СФ-4 — 0,78 г, СФ-66 — 0,86 г. Минимальные значения данного признака были у СФ-11 — 0,32 г. и СФ-31 — 0,35 г. У остальных образцов масса семян с корзинки варьировала от 0,38 до 0,68 г.

Масса семян с одного растения в опыте варьировала по годам и изучаемым образцам и в среднем составляла у стандартного сорта Астраханский 747 — 3,86 г. Большинство изучаемых образцов согласно классификатору относятся к очень малопродуктивным (масса семян с одного растения менее 5 г), 4 образца можно отнести к малопродуктивным с массой от 5 до 10 г — СФ-15 — 5,35 г, СФ-25 — 5,54 г, СФ-18 — 6,53 г, СФ-4 — 6,98, а образец СФ-20 с массой 11 г можно отнести к среднепродуктивным с массой от 11 до 16 г (табл. 1).

Наибольшая масса семян с 1 м² от 81,09 г до 87,11 г отмечалась у образцов СФ-66, СФ-21, СФ-19, СФ-15, СФ-16. У 21 образца масса была ниже стандарт-

Табл. 2. Коэффициенты корреляции исследуемых показателей

Параметр	Высота растений, м	Количество продуктивных ветвей, шт.	Количество непродуктивных ветвей, шт.	Расстояние до первой ветви, м	Количество корзинок на одном растении, шт.	Диаметр корзинок, мм	Число семян в корзинке, шт.	Кол-во выполненных семян в одной корзинке, шт.	Масса семян с одной корзинки, г	Масса семян с одного растения, г	Масса семян с 1 м ² , г
Высота растений, м	1										
Количество продуктивных ветвей, шт.	0,20	1									
Количество непродуктивных ветвей, шт.	-0,08	-0,06	1								
Расстояние до первой ветви, м	0,62*	-0,25	-0,15	1							
Количество корзинок на одном растении, шт.	0,08	0,87*	-0,16	-0,42*	1						
Диаметр корзинок, мм	0,43*	0,17	-0,30	0,15	0,10	1					
Число семян в корзинке, шт.	0,41*	0,32	-0,45*	0,07	0,25	0,71*	1				
Количество выполненных семян в одной корзинке, шт.	0,41*	0,33*	-0,45*	0,06	0,26	0,72*	1,00	1			
Масса семян с одной корзинки, г	0,31	0,41*	-0,48*	-0,07	0,40*	0,71*	0,85*	0,85*	1		
Масса семян с одного растения, г	0,21	0,77*	-0,17	-0,36*	0,88*	0,34*	0,43*	0,44*	0,61*	1	
Масса семян с 1 м ² , г	0,50*	0,27	-0,39*	0,10	0,25	0,36*	0,56*	0,57*	0,53*	0,32	1

* Значимый на 5%-ном уровне коэффициент.

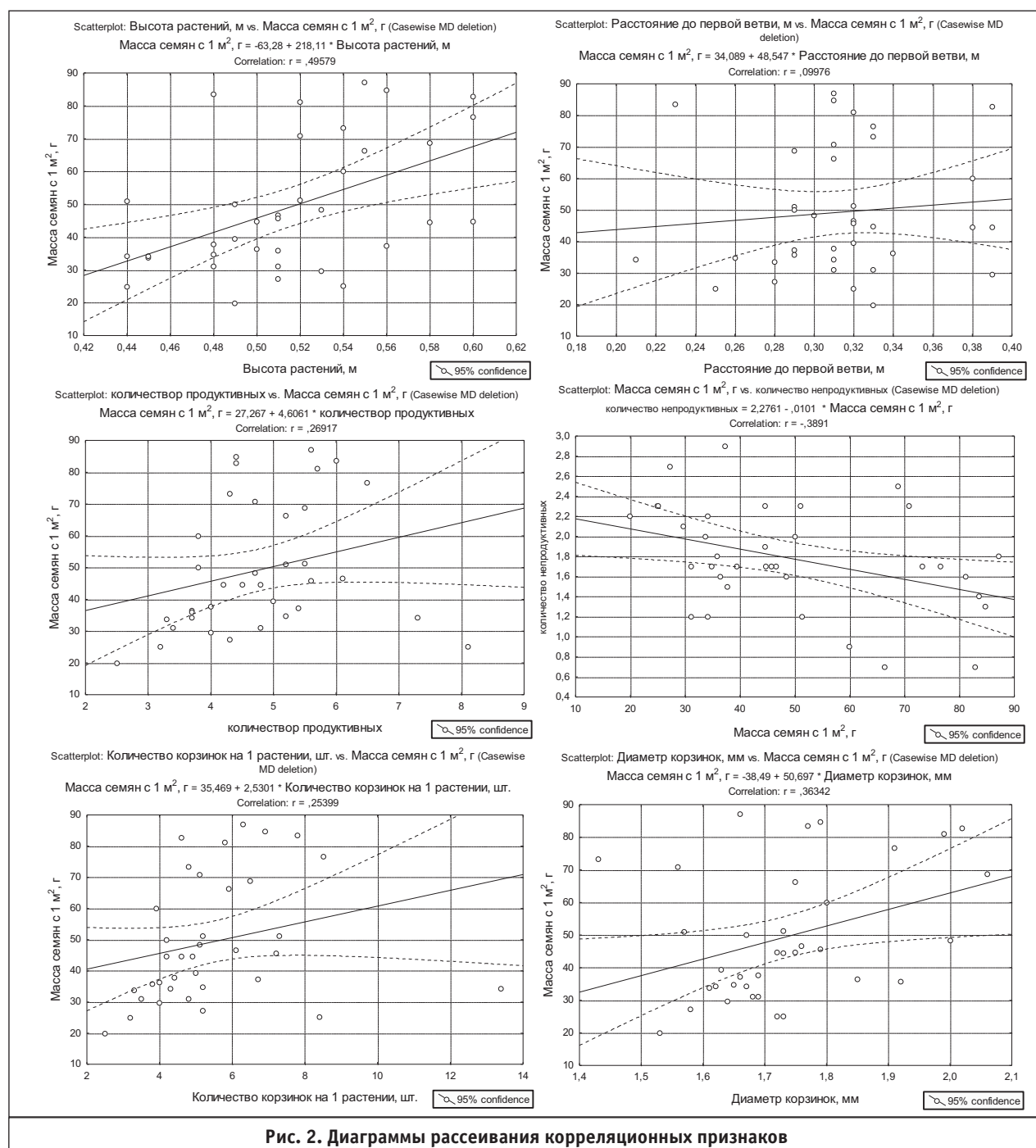


Рис. 2. Диаграммы рассеивания корреляционных признаков

ного сорта Астраханский 747 — 48,38 г и составляла в среднем от 19,85 г до 46,62 г. У остальных 9 образцов средняя масса с 1 м² была выше стандарта и составляла от 50,04 г до 73,31 г.

Корреляционный анализ изучаемых линий в среднем за 2019–2024 гг. изучения показал, что масса семян с 1 м² в большей степени зависит от количества выполненных семян на одном растении — $r=0,57$, числа семян в корзинке $r=0,56$, высоты растений $r=0,50$, корреляционные связи средней силы (табл. 2). Масса семян с одного растения имеет сильные корреляцион-

ные связи с количеством корзинок на растении ($r=0,88$), количеством продуктивных ветвей ($r=0,77$), связи средней силы с массой семян с одной корзинки ($r=0,61$). Количество выполненных семян тесно коррелирует с диаметром корзинки ($r=0,72$). Число семян в корзинке коррелирует с диаметром корзинки ($r=0,71$). Диаметр корзинки имеет средние корреляционные связи с высотой растений ($r=0,43$). Количество корзинок на одном растении имеет сильные корреляционные связи с количеством продуктивных ветвей ($r=0,87$), а расстояние

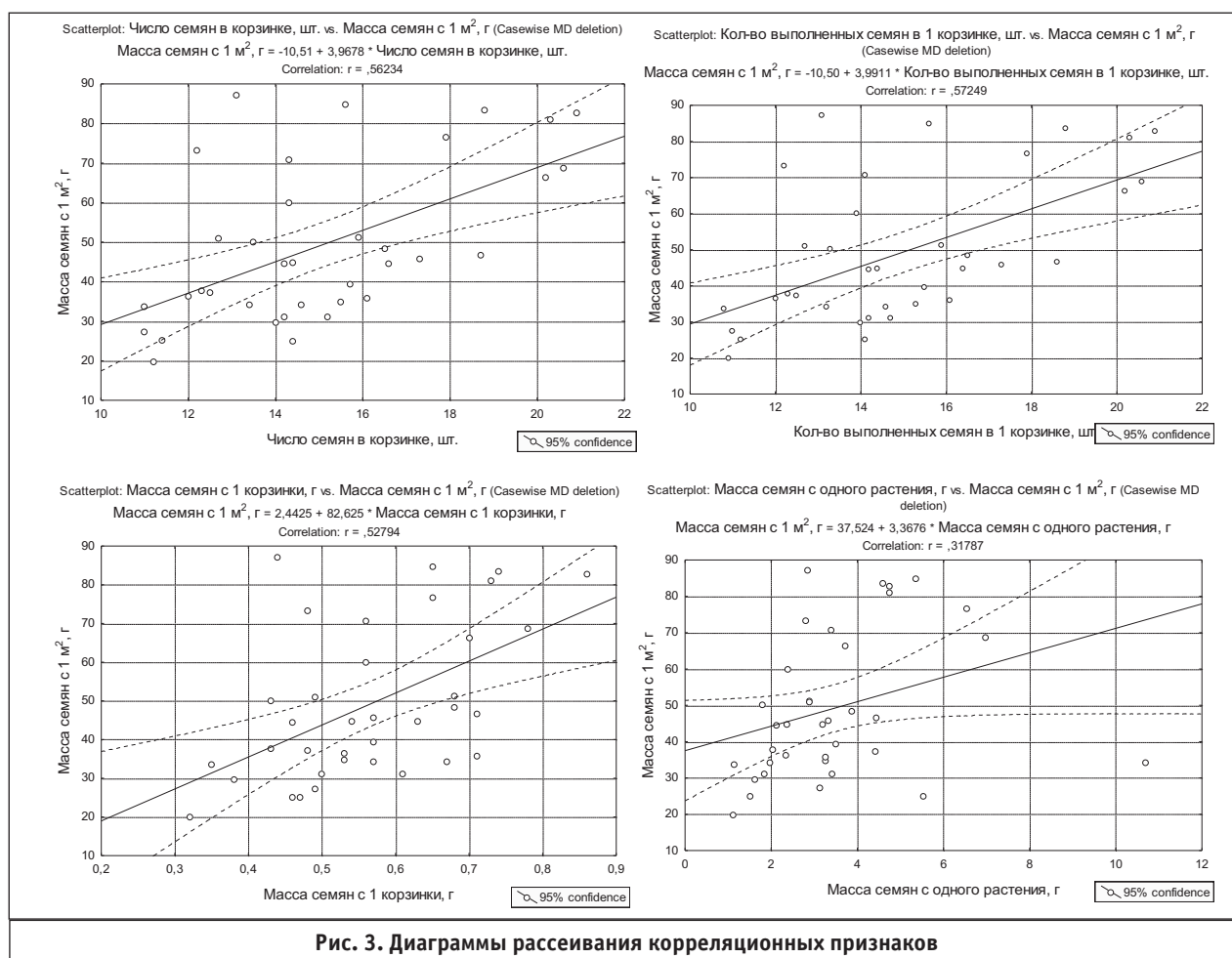


Рис. 3. Диаграммы рассеивания корреляционных признаков

до первой ветви имеет средние корреляционные связи с высотой растений ($r=0,62$) (табл. 2).

На диаграммах (рис. 2, 3) наглядно представлены зависимости массы семян с 1 м² от остальных показателей. Корреляции с высотой растений, количеством продуктивных ветвей, количеством корзинок на растении, диаметром корзинок, числом семян в корзинке, количеством выполненных семян в корзинке, массой семян с корзинки и массой семян с одного растения положительные, восходящие. Корреляция с количеством непродуктивных ветвей, отрицательная, нисходящая.

Выводы

Проведенное с 2019 по 2024 гг. в селекционном питомнике изучение образцов сафлора красильного полученных путем свободного переопыления с последующим индивидуальным отбором и шестикратным инцухтурированием элитного растения позволило выделить перспективные линии — СФ-4, СФ-16, СФ-18, СФ-19, СФ-20, СФ-66 отличающиеся высоким выходом массы семян с 1 м², массой семян с одного растения числом семян в корзинке, диаметром корзинок, количеством продуктивных ветвей на растении.

Литература

1. Балхова Л., Абдуллаев А., Маниязова Н. А., Кобилов Ю. Т. Урожайность и качество зерна различных сортов сафлора в разных условиях водобеспечения. Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2022. № 2-1 (96). – С. 102-105.
2. Зайцева Н. А., Ячменева Е. В., Климова И. И. Селекционная ценность сафлора красильного в аридных условиях Северного Прикаспия. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2022. Т. 17. № 4. – С. 466-472
3. Кшникаткина, А. Н. Продуктивность и качество сортообразцов сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья / А. Н. Кшникаткина, Т. Я. Прахова, А. А. Шанин // Нива Поволжья. – 2019. – № 1 (50). – С. 2-7.
4. Леонтьев В.И., Сухарева Е.П., Рябова Е.Н. Возделывание сафлора красильного в сухостепной зоне темно-каштановых почв Нижнего Поволжья // Научно-агрономический журнал. – 2013. – № 1 (92). – С. 34-38.

5. Ali F, Yilmaz A., Nadeem M.A., Habyarimana E., Subaşı I., Nawaz M.A., et al. Mobile genomic element diversity in world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) panel using iPBS-retrotransposon markers/ Ali F, Yilmaz A., Nadeem M.A., Habyarimana E., Subaşı I., Nawaz M.A., et al.// PLoS ONE. -2019. -14(2): e0211985.
6. Singh, V. Cold Pressed Oils. Chapter 7 – Safflower./ V. Singh, N. Nimbkar. -Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications. -2020. –P. 323-333.
7. Temirbekova, S. Introduction of Safflower as an Oilseed Crop in the Central Region of the Russian Federation/ S.Temirbekova, Y.Afanaseva. // Mod Concep Dev Agrono. MCDA. 000710. – 2021. – 9(2). P. 902-903.
8. Zong-Jin, Pu The Comprehensive Evaluation of Safflowers in Different Producing Areas by Combined Analysis of Color, Chemical Compounds, and Biological Activity / Zong-Jin Pu, Shi-Jun Yue, Guisheng Zhou and all.// Molecules. – 2019. – 24 (18).

References

1. Balxova L., Abdullaev A., Maniyazova N. A., Kobilov Yu. T. Urozhajnost' i kachestvo zerna razlichny'x sortov saflora v razny'x usloviyax vodobespecheniya. Vestnik Boxtarskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Nosira Xusrava. Seriya estestvenny'x nauk. – 2022. № 2-1 (96). – S. 102-105.
2. Zajceva N. A., Yachmeneva E. V., Klimova I. I. Selekcionnaya cennost' saflora krasil'nogo v aridny'x usloviyax Severnogo Prikaspiya. Vestnik Rossijskogo universiteta družby' narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. – 2022. T. 17. № 4. – S. 466-472
3. Kshnikatkina, A. N. Produktivnost' i kachestvo sortoobrazczov saflora krasil'nogo v usloviyax Srednego Povolzh'ya / A. N. Kshnikatkina, T. Ya. Praxova, A. A. Shhanin // Niva Povolzh'ya. – 2019. – № 1 (50). – S. 2-7.
4. Leont'ev V.I., Suxareva E.P., Ryabova E.N. Vozdely'vanie saflora krasil'nogo v suxostepnoj zone temno-kashtanovy'x pochv Nizhnego Povolzh'ya // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. -2013. -№ 1 (92). – S. 34-38.
5. Ali F, Yilmaz A., Nadeem M.A., Habyarimana E., Subaşı I., Nawaz M.A., et al. Mobile genomic element diversity in world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) panel using iPBS-retrotransposon markers/ Ali F, Yilmaz A., Nadeem M.A., Habyarimana E., Subaşı I., Nawaz M.A., et al.// PLoS ONE. -2019. – 14(2): e0211985.
6. Singh, V. Cold Pressed Oils. Chapter 7 – Safflower./ V. Singh, N. Nimbkar. -Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications. – 2020. – P. 323-333.
7. Temirbekova, S. Introduction of Safflower as an Oilseed Crop in the Central Region of the Russian Federation/ S.Temirbekova, Y.Afanaseva. // Mod Concep Dev Agrono. MCDA. 000710. – 2021. – 9(2). P. 902-903.
8. Zong-Jin, Pu The Comprehensive Evaluation of Safflowers in Different Producing Areas by Combined Analysis of Color, Chemical Compounds, and Biological Activity / Zong-Jin Pu, Shi-Jun Yue, Guisheng Zhou and all.// Molecules. – 2019. – 24 (18).

N. A. Zaitseva, N. V. Tyutyuma, A. F. Tumanyan, A. A. Donaeva

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Rexham@rambler.ru

PROMISING LINES OF *CARTHAMUS TINCTORIUS* L. IN DRYLAND CONDITIONS OF THE ARID ZONE OF THE NORTHERN CASPIAN REGION

Safflower is a promising but under-utilized crop. Climate change currently observed throughout Russia and the world is leading to an increase in average temperatures. According to experts, the average temperature has increased by 0.3–0.6°C over the past 100 years, but by 2050, the rate of global temperature increase will accelerate, reaching 0.3°C over just 10 years. Currently, the Caspian Sea region is experiencing climate change, including frequent warm winters with thaws, a shift in seasons by almost a month, prolonged summer droughts, dry winds, and dust storms leading to increased evaporation and droughts. Under these conditions, crops capable of adapting and producing stable yields, such as safflower, are becoming more important. Experiments have been conducted using generally accepted methods in the experimental fields of the Pavlodarsk-on-Amur Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences since 2018. A study was conducted on safflower samples obtained as a result of free cross-pollination of collection samples and subsequent six-fold inbreeding of the elite plant. As a result of the study, the following samples were selected based on the main biometric parameters and productivity elements that can be used in further selection: by seed weight per 1 m² – SF-13, SF-15, SF-16, SF-19, SF-21, SF-66 – 73.31...87.11 g, by seed weight per plant – SF-20, SF-4, SF-18, SF-15, SF-25 – 5.35...10.69 g, by the number of seeds in a basket – SF-2, SF-4, SF-5, SF-16, SF-18, SF-19, SF-23, SF-66, SF-77 – 16.6...20.9 pcs. by the number of baskets on the plant – SF-20 – 13.4 pcs., by the number of productive branches – SF-20, SF-25 – 7.3...8.1 pcs.

Key words: safflower, open cross-pollination, inbreeding, line, selection.

Агrobiологическое сортоизучение перца сладкого в условиях светло-каштановых почв Астраханской области

УДК 631.527.12

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-61-64

Н. В. Тютюма¹ (д.с.–х.н.), С. Т. Авдеева²¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,²Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева,
pniiiaz@mail.ru

Наиболее ценной, среди овощных культур с высокими пищевыми показателями, является перец сладкий (*Capsicum annuum* L.). В его плодах содержится большое количество витаминов, минеральных веществ, сахаров, они отличаются высокими вкусовыми качествами. Сочетание отличных вкусовых и диетических свойств обуславливает устойчивый круглогодичный спрос на данную продукцию. Однако средняя урожайность этой культуры в Российской Федерации является низкой и составляет 18 т/га. В настоящее время отечественное овощеводство испытывает потребность в разработке сортов и гибридов перца, адаптированных к климатическим условиям России, подходящих для разных категорий производителей и отвечающих высоким требованиям к качеству плодов по различным направлениям использования. Целью наших исследований являлось агrobiологическое изучение образцов перца сладкого и выделение генотипов по продуктивности и мелкоплодности для селекционных целей. Объектами исследований являлись сортообразцы перца сладкого селекции ВНИИОБ – филиала Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН. Для выполнения поставленной цели в 2023–2025 гг. на базе ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» был заложен полевой опыт по изучению сортов и линий перца сладкого для выделения образцов по хозяйственно-ценным признакам. Наблюдения, учеты и отборы проводили согласно общепринятых методик. Трехлетние исследования 15 сортообразцов перца сладкого селекции ВНИИОБ позволили выделить следующие сортообразцы: по мелкоплодности 5 сортообразцов – сорта Малютка, Золотистая Малютка и линии П1, П2 и П3; по толщине перикарпия — сорта Атомор (7,5 мм), Спринтер (10,1 мм) и Людмила (11,2 мм); по урожайности — Новичок ВНИИОБ (50,7 т/га), Мраморный (50,4 т/га), Людмила (50,1 т/га), Дар Каспия (55,6 т/га) и Профессор Авдеев (57,9 т/га). Среди мелкоплодных сортов максимальная урожайность была отмечена у линии П2 — 39,6 т/га.

Ключевые слова: перец сладкий, сортообразцы, урожайность, масса одного плода, толщина перикарпия.

Введение

Наиболее ценной, среди овощных культур с высокими пищевыми показателями, является перец сладкий (*Capsicum annuum* L.). В его плодах содержится большое количество витаминов, минеральных веществ, сахаров, они отличаются высокими вкусовыми качествами. Сочетание отличных вкусовых и диетических свойств обуславливает устойчивый круглогодичный спрос на данную продукцию [9, 10]. О растущей популярности перца сладкого свидетельствует увеличивающиеся площади под посадки этой культуры. По данным ФАО, мировое товарное производство перца составляет более 27 млн. т, площадь — более 1,7 млн. га. На сегодняшний день в мире по производству перца лидируют: Китай (производится более половины мирового производства — более 14 млн. т), Мексика и Турция — около 2 млн. т. Общая посевная площадь сладкого перца в России во всех категориях хозяйств составляет 37 тыс. га, из них: в сельскохозяйственных организациях — 7 тыс. га; в КФХ — 5 тыс. га; в хозяйствах населения — 250 тыс. га [12]. Однако средняя урожайность этой культуры в мире остается довольно низкой — до 15,5 т/га. Средняя

урожайность в Российской Федерации составляет 18 т/га [1].

Одним из важных факторов для получения высоких урожаев перца сладкого является использование высокоурожайных сортов [5, 7]. В настоящее время отечественное овощеводство испытывает потребность в разработке сортов и гибридов перца, адаптированных к климатическим условиям России, подходящих для разных категорий производителей и отвечающих высоким требованиям к качеству плодов по различным направлениям использования [3, 11]. В связи с этим, возникает необходимость создания новых, высокоурожайных сортов с улучшенными хозяйственно ценными признаками, повышенной устойчивостью к факторам среды, устойчивых к болезням и вредителям, а также экономически выгодных в производстве. Одним из перспективных направлений в производстве перца сладкого является выращивание мелкоплодных сортов данной культуры, которые используют для цельноплодного консервирования, а также пригодны для комбайновой уборки [2].

Целью наших исследований являлось агrobiологическое изучение образцов перца сладкого и выделение

генотипов по продуктивности и мелкоплодности для селекционных целей.

Материал и методы исследования

Для выполнения поставленной цели в 2023–2025 гг. на базе ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» был заложен полевой опыт по изучению сортов и линий перца сладкого для выделения образцов по хозяйственно-ценным признакам.

Наблюдения, учеты и отборы проводили согласно Методическим указаниям по селекции перца сладкого и баклажана для открытого и защищенного грунта, методики полевого опыта в овощеводстве, методики полевого опыта [4, 6, 8]. Опыт однофакторный, расположение делянок систематическое, повторность опыта четырехкратная. Общая площадь под опытом — 1875 м² (0,19 га). Густота посадки перца сладкого 60 тыс./га. Под каждым вариантом опыта занято 125 м². Объектами исследований являлись сортообразцы перца сладкого селекции ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН».

Результаты исследования и их обсуждение

Трехлетнее агробиологическое изучение 15 сортообразцов перца сладкого показало, что пять сортообразцов (сорта Малютка, Золотистая Малютка и линии П1, П2 и П3) выделились по размеру плодов — средняя масса одного плода составила 14,2 г (табл. 1).

Толщина перикарпия является важным критерием для пригодности перца сладкого для транспортировки

и лежкости плодов, а также улучшает их пищевую ценность. У пяти сортообразцов (сорта Атомор, Дар Каспия, Спринтер, Людмила и Классика) толщина перикарпия составила 6 мм и выше, что говорит о том, что эти образцы можно отнести к толстостенным. Максимальные значения этого показателя были зафиксированы у плодов сортов перца сладкого Спринтер и Людмила — 10,1 и 11,2 мм, соответственно.

Минимальные значения толщины перикарпия были зафиксированы у сорта Цыганский барон (3,5 мм) и у линий П1, П2 и П3 — 3,0, 2,9 и 3,0 мм, соответственно.

В табл. 2 представлены данные по биологической и товарной урожайности сортообразцов перца сладкого.

Анализ данных табл. 2 показывает, что товарность всех изучаемых сортообразцов превысила 90% и составила, в среднем, 96,4%. Товарная урожайность пяти сортообразцов перца сладкого превысила 50 т/га и составила в среднем 52,9 т/га. Максимальные значения биологической и товарной урожайности были отмечены у сорта Профессор Авдеев и составили 58,7 и 57,9 т/га, соответственно. Минимальная урожайность в опыте была зафиксирована у сорта Малютка и составила 30,2 т/га (биологическая) и 28,9 т/га (товарная).

Выводы

Трехлетние исследования 15 сортообразцов перца сладкого селекции ВНИИООБ позволили выделить следующие сортообразцы:

– по мелкоплодности 5 сортообразцов — сорта Малютка, Золотистая Малютка и линии П1, П2 и П3;

Табл. 1. Характеристика признаков плодов образцов перца сладкого (среднее за 2023–2025 гг.)

Название образца	Средняя масса плода, г	Форма плода	Окраска плода в технической зрелости	Окраска плода в полной зрелости	Толщина перикарпия, мм
Новичок ВНИИООБ	115,1	Кубовидная	Кремовая	Красная	5,2
Атомор	110,7	Пирамидальная	Темно-зеленая	Желто-оранжевая	7,5
Мраморный	111,2	Конусовидная	Желтоватая	Светло-красная	5,5
Дар Каспия	128,2	Пирамидальная	Темно-зеленая	Темно-красная	6,5
Спринтер	115,1	Томатовидная	Темно-зеленая	Красная	10,1
Людмила	125,7	Томатовидная	Светло-зеленая	Желтая	11,2
Профессор Авдеев	180,3	Призмовидная	Зеленая	Оранжевая	5,5
Оранже-Классик	95,1	Конусовидная	Зеленая	Желто-оранжевая	4,5
Классика	47,6	Конусовидная	Зеленая	Темно-красная	6,0
Цыганский Барон	45,0	Конусовидная	Фиолетовая	Темно-красная	3,5
Малютка	9,8	Конусовидная	Зеленая	Темно-красная	4,0
Золотистая Малютка	12,6	Плоско-округлая	Светло-зеленая	Желто-оранжевая	4,5
Линия П1	15,2	Удлиненно-призмовидная	Светло-зеленая со светлыми полосами	Красная	3,0
Линия П2	17,2	Удлиненно-призмовидная	Зеленая со светлыми полосами	Желтая	2,9
Линия П3	16,3	Удлиненно-призмовидная	Зеленая со светлыми полосами	Оранжевая	3,0
НСР ₀₅ 2023	2,5	—	—	—	1,2
НСР ₀₅ 2024	2,7	—	—	—	0,9
НСР ₀₅ 2025	3,0	—	—	—	1,0

Табл. 2. Урожайность образцов перца сладкого (среднее за 2023...2025 гг.)

Название образца	Биологическая урожайность, т/га	Товарность, %	Товарная урожайность, т/га
Новичок ВНИИОБ	52,8	96,1	50,7
Атомор	49,6	96,3	47,8
Мраморный	51,4	98,0	50,4
Дар Каспия	56,5	98,4	55,6
Спринтер	50,9	91,5	46,6
Людмила	55,1	91,0	50,1
Профессор Авдеев	58,7	98,6	57,9
Оранжевый Классик	48,5	98,2	47,6
Классика	45,1	96,9	43,7
Цыганский Барон	47,7	95,6	45,6
Малютка	30,2	95,9	29,0
Золотистая Малютка	33,2	96,4	32,0
Линия П1	37,8	97,2	36,7
Линия П2	40,3	98,3	39,6
Линия П3	37,4	97,4	36,4
НСР ₀₅ 2023	10,3	-	8,4
НСР ₀₅ 2024	11,7	-	8,0
НСР ₀₅ 2025	10,0	-	8,1

– по толщине перикарпия — сорта Атомор (7,5 мм), Спринтер (10,1 мм) и Людмила (11,2 мм);

– по урожайности — Новичок ВНИИОБ (50,7 т/га), Мраморный (50,4 т/га), Людмила (50,1 т/га), Дар Каспия (55,6 т/га) и Профессор Авдеев (57,9 т/га).

Среди мелкоплодных сортов максимальная урожайность была отмечена у линии П2 — 39,6 т/га.

Все выделившиеся по урожайности, размерам плода и толщине перикарпия, сортообразцы представляют большой интерес для использования их в селекционной работе, их изучение в дальнейшем будет продолжено.

Литература

- Авдеев, А. Ю. Новые сорта перца для различных целей выращивания / А. Ю. Авдеев, О. П. Кигашпаева, Ф. К. Бажмаева, С. Т. Сисенгалиева // Орошаемое земледелие. – 2016. – № 1. – С. 9-10.
- Авдеев, А.Ю. Новые сорта перца сладкого для транспортировки и цельноплодного консервирования / А.Ю. Авдеев, С.Т. Сисенгалиева // Мат. Международной научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 130-летию со дня рождения А.П. Шехурдина «Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве». – Саратов, 2016. – С.9-12.
- Авдеев, А. Ю. Селекция перца сладкого для различных направлений использования / А. Ю. Авдеев, О. П. Кигашпаева, Ф. К. Бажмаева, С. Т. Сисенгалиева // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 2 (42). – С. 6-9.
- Алпатьев, А.В. Методические указания по селекции сортов и гибридов перца и баклажана для открытого и защищенного грунта. / А.В. Алпатьев, А.С. Агапова, В.В. Хренова и др. – М.: Б.и., 1997. –88 с.
- Бажмаева, Ф.К. Хозяйственно-ценные признаки коллективных сортообразцов перца сладкого в Астраханской области / Ф.К. Бажмаева, Ю.И. Авдеев // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – №5. – С. 55-56.
- Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. -М.: Агропромиздат, 1985. – 354с.
- Кигашпаева, О.П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства / О. П. Кигашпаева, А. В. Гулин, А.С. Каракалжиев, В. Ю. Джабраилова, Л. П. Лаврова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. – № 3 (67). – С. 161-170.
- Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: Изд-во РАСХН, 2011. – 650 с.
- Солдатенко, А.В. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко, А. Ф. Разин, В. Ф. Пивоваров, М. В. Шатилов, М. И. Иванова, О. В. Россинская // Овощи России. – 2019. – № 2. – С. 9-15.
- Ушаев, И.Г. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России / И. Г. Ушаев, В. В. Чекалин // Овощи России. – 2019. – № 2. – С. 3-8.
- Brighton, F Morphological and organoleptic properties of a nutritious product – dried sweet pepper / F Brighton, L. Matsulevich // Biotechnology. Agricultural industry. – 2015. – № 7. – P. 98-99.
- FAOSTAT [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fao.org/> (дата обращения: 23.11.2025).

References

1. Avdeev, A. Y. New varieties of pepper for various growing purposes / A. Y. Avdeev, O. P. Kigashpaeva, F. K. Bazhmaeva, S. T. Sisengalieva // Irrigated agriculture. 2016. No. 1. pp. 9-10.
2. Avdeev, A.Y. New varieties of sweet pepper for transportation and whole-fruit canning / A.Y. Avdeev, S.T. Sisengalieva // Mat. The International scientific and practical Internet conference of young scientists and specialists dedicated to the 130th anniversary of the birth of A.P. Shekhurdin "Modern technologies in agricultural science and production". Saratov, 2016. pp.9-12.
3. Avdeev, A. Y. Sweet pepper breeding for various uses / A. Y. Avdeev, O. P. Kigashpaeva, F. K. Bazhmaeva, S. T. Sisengalieva // Problems of agroindustrial complex development in the region. – 2020. – № 2 (42). – Pp. 6-9.
4. Alpatiev, A.B. Methodological guidelines for the breeding of varieties and hybrids of pepper and eggplant for open and protected soil. / A.B. Alpatiev, A.C. Agapova, V.V. Khrenova et al. – M.: B.I., 1997. -88 p.
5. Bazhmaeva, F.K. Economically valuable signs of collective cultivars of sweet pepper in the Astrakhan region / F.K. Bazhmaeva, Yu.I. Avdeev // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2008. – No. 5. – pp. 55-56.
6. Dospekhov, B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. -M.: Agropromizdat, 1985. – 354s.
7. Kigashpaeva O. P. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper breeding of the All-Russian Scientific Research Institute of irrigated vegetable growing and melon growing / O. P. Kigashpaeva, A.V. Gulin, A. S. Karakadzhiev, V. Y. Dzhabrailova, L. P. Lavrova // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education. 2022. – № 3 (67). – Pp. 161-170.
8. Litvinov, S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow: Publishing House of RAS, 2011. 650 p.
9. Soldatenko, A.V. Vegetables in the Russian food security system / A.V. Soldatenko, A. F. Razin, V. F. Pivovarov, M. V. Shatilov, M. I. Ivanova, O. V. Rossinskaya // Vegetables of Russia. 2019. No. 2. pp. 9-15.
10. Ushachev, I. G. Import substitution and ensuring food security in Russia / I. G. Ushachev, V. V. Chekalin // Vegetables of Russia. – 2019. – No. 2. – pp. 3-8.
11. Brighton, F. Morphological and organoleptic properties of a nutritious product – dried sweet pepper / F. Brighton, L. Matsulevich // Biotechnology. Agricultural industry. – 2015. – No. 7. – p. 98-99.
12. FAOSTAT [Electronic resource] – URL: <https://www.fao.org/> (date of access: 11/23/2025).

N. V. Tyutyuma¹, S. T. Avdeeva²

¹Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,

² Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

pniiaz@mail.ru

AGROBIOLOGICAL VARIETAL STUDY OF SWEET PEPPER BREEDING IN THE CONDITIONS OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE ASTRAKHAN REGION

*The most valuable among vegetable crops with high nutritional values is sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Its fruits contain a large amount of vitamins, minerals, and sugars, and they have high taste qualities. The combination of excellent taste and dietary properties leads to a steady year-round demand for these products. However, the average yield of this crop in the Russian Federation is low and amounts to 18 t/ha. Currently, the domestic vegetable industry is in need of developing varieties and hybrids of pepper adapted to the climatic conditions of Russia, suitable for different categories of producers and meeting high quality requirements for fruits in various fields of use. The purpose of our research was the agrobiological study of sweet pepper samples and the identification of genotypes by productivity and low fertility for breeding purposes. The objects of research were cultivars of sweet pepper selected by VNIIOB, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution PAFSC RAS. To achieve this goal, in 2023–2025, field experience was established on the basis of the Federal State Budgetary Institution «PAFNTS RAS» to study varieties and lines of sweet pepper to isolate samples based on economically valuable characteristics. Observations, records and selections were carried out according to generally accepted methods. Three-year studies of 15 varieties of sweet pepper selected by VNIIOB allowed us to identify the following varieties: in terms of small-fruited varieties, 5 varieties were Malyutka, Zolotaya Malyutka and lines P1, P2 and P3; in terms of pericarp thickness, Atomor (7.5 mm), Sprinter (10.1 mm) and Lyudmila (11.2 mm) varieties; in terms of yield, they are Novichok VNIIOB (50.7 t/ha), Marble (50.4 t/ha), Lyudmila (50.1 t/ha), Dar Kaspiya (55.6 t/ha) and Professor Avdeev (57.9 t/ha). Among the small-fruited varieties, the maximum yield was noted in the P2 line – 39.6 t/ha.*

Key words: sweet pepper, cultivars, yield, weight of 1 fruit, thickness of pericarp.

Влияние отраслевых кластеров на повышение конкурентоспособности в национальной экономике

УДК 332.1

DOI: 10.32935/2221-7312-2025-66-4-65-68

И. В. Оробинская (д.э.н.), И. П. Литвинов

Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I,
orob-irina@yandex.ru

Экономические процессы по своей природе являются динамическими. В частности, во время производственных процессов между предприятиями могут происходить процессы обмена знаниями, ресурсами, инновациями, что положительно сказывается на эффективности производства и экономическом росте. В условиях ограниченности ресурсов экономика необходимо находить новые подходы для повышения производительности. В таких условиях имеют место быть процессы стимулирования развития отдельных регионов. В настоящее время это закономерный процесс экономического развития. В условиях процессов деглобализации роль отдельных территориальных субъектов будет лишь возрастать, что наблюдалось и ранее. Нам представляется, что данные моменты позволяют современным экономистам обобщить знания и представить их под названием кластерного подхода. Представляется, что, исследуемый подход — это концепция регионального экономического развития, которая делает акцент на конкуренции, рассматривает ее основу не на уровне отдельных фирм или стран, а на уровне региональных кластеров. Роль синергии, подчеркивает, что ценность кластера больше, чем сумма его частей, благодаря синергетическим эффектам (совместные НИОКР, общий маркетинг, формирование стандартов). Анализ исследования кластеров позволяет выстроить логическую цепочку: от фундаментальных экономических процессов (динамика, кооперация) через вызовы времени (ограниченность ресурсов, деглобализация) к закономерному появлению адекватного ответа — кластерной модели. Таким образом, это не просто академическая теория, а практический инструмент, который сегодня используют правительства и компании по всему миру для того, чтобы оставаться конкурентоспособными в быстро меняющейся глобальной среде.

Ключевые слова: отраслевой кластер, региональная экономика, конкурентоспособность, АПК, государственная поддержка, импортозамещение, синергетический эффект.

Введение

Важную роль в популяризации и развитии кластерного подхода сыграл американский экономист Майкл Портер. Его труд «Конкурентное преимущество стран» обобщил ряд важных моментов, касающихся кластеров. Дело в том, что размещение смежных и вспомогательных отраслей в кластере увеличивает их совместные конкурентные преимущества, способствуя тем самым и общему экономическому росту. Отдельный кластер состоит из различных отраслей, связанных между собой разнообразными связями, способствующие повышению их производительности. Типы данных связей могут быть весьма разнообразными, но можно отметить основные из них. Связи как с поставщиком, так и с покупателем, в том числе сеть каналов сбыта способствует более эффективному производству и доставке производственного продукта, снижает логистические издержки [2].

Однако стоит отметить, что кластер характеризуется не только синергетическим эффектом, возникающим при объединении экономических субъектов, хотя это тоже важный критерий. Важной чертой кластера являются региональные инновационные системы, представляющие собой специальных экономических субъектов, деятельность которых направлена на разработку и внедрение инноваций в производственный процесс.

Портер описывает также, что рост и концентрация кластера способствует впоследствии повышению эко-

номического развития и всего региона. Если предприятия находятся рядом с потребителями, также имеется доступ, как к рабочей силе, так и к интеллектуальным ресурсам, то это приводит к развитию инноваций и повышению экономики отдельного региона.

Кластерный подход решает также и ряд других задач. Благодаря развитым кластерам повышается инвестиционный климат, увеличивается занятость населения, происходит развития инфраструктуры. Развитые страны мира также в построении своего экономического развития обращают внимание на развитие региональных отраслевых кластеров, поскольку без них экономический рост становится затруднительной задачей.

Материал и методы исследования

Теоретической и методологической основой исследования послужили фундаментальные положения теории кластеров М. Портера и концепции регионального развития, а также научные труды отечественных ученых, законодательные и нормативно-правовые акты, материалы государственной статистики и территориальных органов власти. В качестве методов проведения экономического исследования использованы монографический, абстрактно-логический, системный, сравнительный и др. методы.

Результаты исследования и их обсуждение

На наш взгляд целесообразно более подробно рассмотреть вопрос методологии оценки кластеров. В настоящее время это динамично-развивающаяся экономическая тема, поэтому единой системы оценки не существует, но существуют общепринятые методы, которые рекомендуется применять для анализа.

Анализ мнений экспертов. Анализируется мнение экспертов, что позволяет получить информацию о состоянии кластера.

Анализ коэффициентов локализации. Под этим понимается анализ долей отраслей в пределах определённого региона, что позволяет выявить специализацию территории, уровень развития сферы, определить потенциальные тренды.

Исследование матриц межотраслевого баланса. Данный тип анализа позволяет понять процесс производства и потребления совокупного общественного продукта в отраслях в рамках территории.

Анализ инновационного обмена. Это позволяет пометить тренды и скорость инноваций в рамках отраслей региона.

Сетевой анализ. Исследование кластерного взаимодействия между экономическими субъектами. Можно осуществить в виде визуализации разветвленных сетей.

Важным вопросом является также и методологический подход в формировании и идентификации кластера. Подход не является универсальным, но позволит, получить базовую информацию о наличии и состоянии того ли иного кластера [1]. Можно выделить четыре последовательных этапа, для изучения данного вопроса.

1. Анализ и оценка условий формирования кластера. На данном этапе изучается входная информация для понимания условий и предпосылок формирования кластера.

2. Определение структуры кластера. Необходимо определить «ядро» кластера, а также существующие экономические связи, установленные в нем.

3. Анализ и обоснование методологического обеспечения кластера. Кластерное образование обеспечивается также информационными и образовательными ресурсами, поэтому необходимо исследовать данные связи.

4. Оценка результативности кластера. Необходимо понимать экономический эффект, который приносит данный кластер на экономику региона.

Кластерный подход также применим и конкретным отраслям экономики. В качестве примеров можно выделить кластеры в сфере АПК [3]. Главной целью формирования такого кластера является комплексное развитие, повышение конкурентоспособности региона в сфере сельского хозяйства, достижение экономического роста и выполнение ряда социальных функций.

Кластерная система в своей структуре имеет свои особенности, которые необходимо можно рассмотреть. Среди них можно выделить: ведущее предприятие кластера; территориальная концентрация экономических субъектов; экономические связи между субъектами кластера; продолжительная во времени координация экономических субъектов.

Это основные принципы лежат в обеспечении координации внутри кластера, что, в общем, способствует повышению эффективности:

- поставщики сырья, оборудования и других производственных компонентов;
- производители и переработчики продукции;
- инфраструктурные предприятия, включающие логистику.

В то же время отраслевой кластер в АПК создает ряд преимуществ:

- создание полного цикла производства продукции, что способствует повышению предложения продукции на рынке;
- оптимизация транспортных затрат; территориальное расположение снижает издержки, в том числе и временные;
- снижение затрат на обеспечение инфраструктуры;
- повышение эффективности обучения кадров;
- повышение доступа к информации.

В России формирование кластеров считается перспективным направлением, поскольку это поможет решить ряд задач. Среди основных моментов можно выделить: повышение доступности сельскохозяйственной продукции, снижение влияние импортеров, поддержка АПК, создание рабочих мест. От синергетического эффекта кластера получают преимущество все субъекты: производители, перерабатывающие предприятия, торговые предприятия, производители сельскохозяйственной техники [5]. Развитие региональных кластеров также способствует выполнению задач по достижению устойчивого развития и экономического роста субъекта.

Исследования показывают, что кластерный подход важен в стратегическом развитии, поскольку данная концепция обеспечивает комплексное развитие ряда связанных предприятий АПК. Если имеет место быть территориальная концентрация производственных, перерабатывающих предприятий вместе со вспомогательными организациями, то образующийся синергетический эффект обеспечивает повышение эффективности производства. Это происходит главным образом потому, поскольку расположенные в близости экономические субъекты способны оптимизировать свои производственные процессы, снизить издержки на сырье и логистику, обеспечить более своевременные поставки производственного продукта потребителям.

Проблемы, тормозящие кластерное развитие в АПК	
Проблема	Характеристика
Неразвитость инфраструктуры и проблемы энергоснабжения	Из-за устаревания инфраструктуры и проблем с обеспеченности энергией удаленных экономических субъектов происходит снижение эффективности сельского хозяйства. Из-за этого повышаются издержки, ограничивается доступ к рынкам, снижается технологичность производства. Для решения данных проблем нужны меры, позволяющие улучшить ситуацию. Среди таких мер стоит выделить: инвестиции в модернизацию сети энергоснабжения, субсидии и льготы для стимулирования развития инфраструктуры, введение налоговых льгот. Данные решения способны стимулировать развитие сельского хозяйства и обеспечить растущие потребности предприятий АПК, использующих современные технологии. Региональные власти также должны отслеживать актуальную ситуацию и своевременно реагировать на возникающие проблемы, что окажет положительное влияние на развитие отраслевых кластеров
Отсутствие сильных связей между экономическими субъектами и органами государственной власти	Бюрократизация ряда процессов, отсутствие прозрачных каналов диалога и обмена информации снижает возможность кластерного развития. Необходима также четкая правовая база, которая способна регулировать спорные моменты, возникающая в ходе экономической деятельности в АПК. Необходим диалог власти бизнеса, проведение встреч, форумов для прозрачного обмена информацией
Проблемы сбыта	Проблема доступа к рынкам способна в значительной мере тормозить кластерное развитие. Неразвитость инфраструктуры, непрозрачные механизмы, ограничение информации снижают доходы производителей АПК. Прозрачный доступ, грамотные и понятные правила позволят повысить конкурентоспособность региональных товаров, повысит интерес производителей, что будет способствовать стимулированию развития кластеров региона
Износ техники и недостаток инноваций	Ведение сельскохозяйственного процесса устаревшими способами снижает продуктивность производства, конкурентоспособность продукции на рынке. Это тормозит экономический рост, снижает роль региона во вкладе в экономику страны

Стоит отметить, что помимо позитивных моментов, существует ряд проблем, которые тормозят кластерное развитие в АПК. Рассмотрим их более подробно в таблице.

Для решения данных проблем необходимы меры, в виде субсидий, льгот, которые простимулируют предприятия к обновлению агротехники и внедрению передовых научных разработок. Для этого необходимо со стороны государства стимулировать развитие отношения среди финансовых учреждений и предприятий АПК, также способствовать развитию лизинга путем развития государственного-частного партнерства.

Однако, как было отмечено, формирование и развитие региональных отраслевых кластеров — это важное направление в развитии экономики страны. Дело в том, что помимо позитивных процессов, глобализация принесла ряд вызовов, с которыми столкнулись страны. Из-за доступных рынков цен страны пользовались возможностью импортировать необходимую продукцию [8]. Однако данные, на первый взгляд выгодные, экономические решения в долгосрочной перспективе приводили к экономическим проблемам уже внутри страны. Поскольку дешевый импорт подрывает развитие собственных региональных кластеров. Данная проблема вскрывается особенно остро, когда страна

уже не может позволить себе сравнительно дешевый импорт из-за изменения рыночной ситуации в международной экономике или политической ситуации, например, ввод санкций, пошлин и т.д. Поэтому развитие региональных кластеров, в частности АПК является важной приоритетной задачей любого суверенного государства, которое хочет обеспечить свою экономику продовольственной независимостью.

Выводы

Итак, благодаря анализу роли отраслевых кластеров можно сделать ряд важных выводов. Экономический рост и технологический процесс XXI века сложно представить без создания и внедрения инноваций. Однако данный процесс носит комплексный характер и не должен быть отделен от различных экономических субъектов. Кластерный подход помогает в обобщении и применении данных принципов. Нами были описаны кластеры АПК. Для России это перспективное направление, помогающие решить цели импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны. Таким образом, развитие региональных отраслевых кластеров - это важная задача национальной экономики, осуществление которой может справиться стране с вызовами и на макроэкономическом уровне.

Литература

1. Абдуллоева, Х. Р. Методологические подходы к идентификации потенциала регионального кластера / Х. Р. Абдуллоева // Теория и практика современной науки. – 2024. – № 1(103). – С. 10-15.
2. Гашенко, И. В. Обеспечение налоговой безопасности государства в сфере противодействия современным вызовам и угрозам / И. В. Гашенко, Ю. С. Зима, И. В. Оробинская // Учет и статистика. – 2022. – № 2(66). – С. 71-80.

3. Кушнаренко, Т. В. Кластер как основа региональной инновационной системы / Т. В. Кушнаренко, И. А. Жеухин // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2024. – № 3(79).
4. Оробинская, И. В. Проблемные аспекты применения НДС предприятиями АПК России / И. В. Оробинская, А. Г. Казьмин // Налоги и финансовое право. – 2014. – № 12. – С. 79-84.
5. Рейхерт, Н. В. Роль региональных кластеров в системе импортозамещения / Н. В. Рейхерт, С. М. Сапожникова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2022. – № 2(136). – С. 45-52.
6. Шапошникова, Б. Д. Формирование региональных агропромышленных кластеров / Б. Д. Шапошникова, С. Т. Евсеев, Н. Е. Стрелец // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 1(60). – С. 362-366.
7. Лозинский, С. Р. Научно-образовательные кластеры в сфере АПК / С. Р. Лозинский, С. С. Лозинский // Бизнес и образование: интеграционная модель развития: Материалы Международной научно-практической конференции, Новосибирск-Бишкек-Семей, 09 декабря 2014 года / Ответственный редактор: И.Г. Воробьева. – Новосибирск-Бишкек-Семей: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Новосибирский филиал, 2014. – С. 343-349.
8. Хочуева, З. М. Региональные особенности кластеров АПК / З. М. Хочуева, С. Б. Чигирова // Экономика и социум. – 2014. – № 4-5(13). – С. 201-206.

References

1. Abdulloeva, H. R. Methodological approaches to identifying the potential of a regional cluster / H. R. Abdulloeva // Theory and practice of modern science. – 2024. – № 1(103). – Pp. 10-15.
2. Gashenko, I. V. Ensuring the tax security of the state in the field of countering modern challenges and threats / I. V. Gashenko, Yu. S. Winter, I. V. Orobinskaya // Accounting and statistics. – 2022. – № 2(66). – Pp. 71-80.
3. Kushnarenko, T. V. Cluster as the basis of a regional innovation system / T. V. Kushnarenko, I. A. Zheukhin // Regional economics and management: an electronic scientific journal. – 2024. – № 3(79).
4. Orobinskaya, I. V. Problematic aspects of VAT application by Russian agro-industrial enterprises / I. V. Orobinskaya, A. G. Kazmin // Taxes and Financial law, 2014, No. 12, pp. 79-84.
5. Reichert, N. V. The role of regional clusters in the import substitution system / N. V. Reichert, S. M. Sapozhnikova // Regional problems of economic transformation. – 2022. – № 2(136). – Pp. 45-52.
6. Shaposhnikova, B. D. Formation of regional agro-industrial clusters / B. D. Shaposhnikova, S. T. Evseev, N. E. Strelets // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2024. – № 1(60). – Pp. 362-366.
7. Lozinsky, S. R. Scientific and educational clusters in the field of agriculture / S. R. Lozinsky, S. S. Lozinsky // Business and education: an integration model of development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk-Bishkek-Semey, December 09, 2014 / Editor-in-chief: I.G. Vorobyeva. Novosibirsk-Bishkek-Semey: Russian Plekhanov University of Economics, Novosibirsk Branch, 2014. pp. 343-349.
8. Khochuyeva, Z. M. Regional features of agro-industrial complex clusters / Z. M. Khochuyeva, S. B. Chigirova // Economics and society. – 2014. – № 4-5(13). – Pp. 201-206.

I. V. Orobinskaya, I. P. Litvinov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
orob-irina@yandex.ru

THE IMPACT OF INDUSTRY CLUSTERS ON THE IMPROVEMENT OF COMPETITIVENESS IN THE NATIONAL ECONOMY

Economic processes are dynamic in nature. In particular, during production processes, knowledge, resources, and innovations can be exchanged between enterprises, which has a positive effect on production efficiency and economic growth. With limited resources, economies need to find new approaches to increase productivity. In such conditions, there are processes of stimulating the development of individual regions. Currently, this is a natural process of economic development. In the context of deglobalization processes, the role of individual territorial entities will only increase, which was observed earlier. It seems to us that these points allow modern economists to summarize knowledge and present it under the name of the cluster approach. It seems that the approach under study is a concept of regional economic development that focuses on competition and considers its basis not at the level of individual firms or countries, but at the level of regional clusters. The role of synergy emphasizes that the value of a cluster is greater than the sum of its parts, due to synergetic effects (joint R&D, common marketing, and the formation of standards). The analysis of cluster research allows us to build a logical chain: from fundamental economic processes (dynamics, cooperation) through the challenges of time (limited resources, deglobalization) to the natural emergence of an adequate response – a cluster model. Thus, it is not just an academic theory, but a practical tool that governments and companies around the world are using today in order to remain competitive in a rapidly changing global environment.

Key words: industry cluster, regional economy, competitiveness, agro-industrial complex, government support, import substitution, synergetic effect.