

АГРОНОМИЯ

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология

Научная статья
УДК633.854.78:631.524.01: 631.524.022
doi: 10.28983/asj.y2024i11pp17-25

Экологическая пластичность сортов и гибридов подсолнечника в условиях Нижнего Поволжья по признакам «урожайность маслосемян» и «содержание жира»

Людмила Александровна Гудова, Андрей Владимирович Лекарев, Ольга Александровна Полевая, Анастасия Петровна Ермакова

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия
e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. Для получения высоких показателей урожайности и других хозяйственно-ценных признаков сорта и гибриды сельскохозяйственных культур должны характеризоваться высокой адаптивностью, что позволит полноценно использовать климатические и почвенные ресурсы. Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в 2020–2023 гг. Объектами исследований послужили 22 генотипа подсолнечника селекции института. Цель исследований – изучение экологической пластичности сортов и гибридов подсолнечника по признакам «урожайность маслосемян» и «содержание жира». В результате исследований установлено, что в среднем урожайность маслосемян варьировала от 2,21 до 3,0 т/га. Высокая урожайность (более 2,75 т/га) выявлена у сорта Саратовский 21 и простых гибридов ПГ 26×966, ПГ 32×935, ПГ 32×966, ПГ 16 ор.×50, ПГ 16у.×966. По содержанию жира (более 50,0 %) при минимальном и максимальном интервале 38,8–54,1 % выделили сорта и гибриды Саратовский 20, Саратовский 21, ЮВ 1071 и гибриды ПГ 32×966, ПГ 3116×966, ПГ 16 ор.×966, ПГ 16 у.×966. Коэффициент регрессии b_i изменялся от –0,40 до 4,44 по признаку «урожайность» и 0,48–1,96 по признаку «содержание жира». Простые гибриды ПГ 3116×931 и ПГ 32×Чер.66 ($b_i > 1$) относятся к высокопластичным интенсивного типа по признаку «урожайность», а ПГ 26×931, ПГ 26×934, ПГ 26×50 – по признаку «содержание жира» в семенах.

Ключевые слова: подсолнечник; сорт; гибрид; урожайность; содержание жира; коэффициент вариации; коэффициент регрессии; стабильность

Для цитирования: Гудова Л. А., Лекарев А. В., Полевая О. А., Ермакова А. П. Экологическая пластичность сортов и гибридов подсолнечника в условиях Нижнего Поволжья по признакам «урожайность маслосемян» и «содержание жира» // Аграрный научный журнал. 2024. № 11. С. 17–25. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i11pp17-25>.

AGRONOMY

Original article

Ecological plasticity of sunflower varieties and hybrids in the conditions of the Lower Volga region according to the characteristics of “oilseed yield” and “fat content”

Lyudmila A. Gudova, Andrey V. Lekarev, Olga A. Plevaya, Anastasiia P. Yermakova

Federal Agricultural Research Center for South-East Region, Saratov, Russia
e-mail: cell_selection@list

Abstract. To obtain high yields and other economically valuable traits, varieties and hybrids of agricultural crops must be characterized by high adaptability, which ensure full use of climatic and soil resources. The studies were conducted on the experimental field of the Federal Agricultural Research Center for South-East Region in 2020–2023. The objects of the research were 22 sunflower genotypes bred by the Center. The purpose of the research is to study the ecological plasticity of sunflower varieties and hybrids based on the traits of “oilseed yield” and “fat content”. As a result of the research, it was found out that, on average, the oilseed yield varied in the range of 2.21–3.00 t/ha. High yield (over 2.75 t/ha) had the variety Saratovsky 21 and simple hybrids PG 26×966, PG 32×935, PG 32×966, PG 16or.×50, PG 16u.×966. According to fat content (over 50.0 %) with a minimum and maximum range of 38.8–54.1 %, the varieties and hybrids Saratovsky 20, Saratovsky 21, YuV 1071 and hybrids PG 32×966, PG 3116×966, PG 16or.×966, PG 16u.×966 were distinguished. The regression coefficient b_i varied from –0.40 to 4.44 for the “yield” feature and 0.48–1.96 for the “fat content” feature. Simple hybrids PG 3116×931 and PG 32×Cher.66 ($b_i > 1$) belong to the highly plastic intensive type according to the “yield” trait, and PG 26×931, PG 26×934, PG 26×50 – according to the “fat content” trait.

Keywords: sunflower; variety; hybrid; yield; fat content; coefficient of variation; regression coefficient; stability





For citation: Gudova L. A., Lekarev A. V., Polevaya O. A., Yermakova A. P. Ecological plasticity of sunflower varieties and hybrids in the conditions of the Lower Volga region according to the characteristics of “oilseed yield” and “fat content”. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(11):17–25. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i11pp17-25>.

Введение. Для успешного внедрения новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур необходимо, чтобы их возделывание окупалось высокой и стабильной урожайностью, повышенным качеством продукции, устойчивостью к лимитирующим условиям среды. Нередко новые селекционные достижения не показывают желаемого результата в производственных условиях. Одним из факторов сложившейся ситуации является недооценка генотип-средового взаимодействия, наличие которого определяет, насколько сорта и гибриды способны реализовать свой потенциал в определенных условиях выращивания [4, 12]. Реакция разных генотипов на одну и ту же среду может отличаться точно так же, как и реакция одних и тех же генотипов на разные среды [7, 13].

Наличие генотип-средового взаимодействия служит причиной того обстоятельства, что новый сорт или гибрид не выдерживает конкуренции со стандартом в различных экологических условиях [7, 14]. Реакцию сорта или гибрида на разные климатические, почвенные, экологические условия можно оценить с помощью определенных характеристик. Одной из таких характеристик является экологическая пластичность и стабильность сорта (как мера онтогенетической адаптивности и гомеостатичности растений).

Для оценки взаимодействия генотип-среда широко используется метод S. A. Eberhart и W. A. Russell (1966). Данный метод предлагается для оценки сорта на изменение факторов внешней среды, т.е. для определения экологической пластичности следует использовать коэффициент регрессии b_i . Кроме оценки направления величины реакции сорта на изменение условий рассчитывают стабильность Sd_i^2 этой реакции, как степень отклонения от регрессии. При значении коэффициента регрессии $b_i > 1$ генотип отличается отзывчивостью на улучшение условий. При $b_i < 1$ сорт слабее реагирует на изменения условий среды в сравнении с совокупностью изучаемых образцов. При $b_i = 1$ изменение значения признака будет равнозначно изменению условий выращивания [17].

Значимость проблемы среды и взаимодействия генотипа и среды в селекции растений отражается во многих научных публикациях при работе с разными полевыми культурами [1, 3, 5, 9, 10, 15, 16, 17].

Цель исследования – использование коэффициента регрессии для оценки экологической пластичности сортов и простых гибридов подсолнечника по признакам «урожайность маслосемян» и «содержание жира» в условиях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Экспериментальную часть выполняли на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в период с 2020 по 2023 г. Сорта и гибриды подсолнечника селекции института (22 генотипа) изучали в питомнике конкурсного сортоиспытания. Делянки шестирядковые. Площадь делянок – 20 м². Повторность трехкратная. Размещение сортов и гибридов рендомизированное. Посев делянок проводили 15–17 мая, уборку в первой декаде сентября. Густота стояния растений – 45 тыс. раст./га.

В годы исследований не всегда складывались благоприятные условия для получения высокого урожая маслосемян подсолнечника. Температурный режим в период посева подсолнечника в 2020 и 2023 гг. соответствовал среднемноголетнему показателю, в 2021 г. среднесуточная температура воздуха была выше на 3,7 °С, в 2022 г. на 3,2 °С ниже. Температура воздуха в июне 2020, 2021 и 2022 гг. была выше на 0,8–2,4 °С), а в 2023 г. ниже на 1,1 °С в сравнении со среднемноголетним значением. В июле 2022 и 2023 гг. температурный режим соответствовал среднемноголетним данным, в 2020 и 2021 гг. температура воздуха была на 3,0 °С выше. Август в 2021–2023 гг. был жарче, превышение температуры составило 2,7–4,8 °С относительно среднемноголетней температуры. Среднесуточная температура первой декады сентября изменялась по годам исследований с 13,0 °С в 2022 и 2023 гг. до 18,1 °С в 2020 г. при среднемноголетнем значении 16,3 °С.

Также наблюдались различия по режиму увлажнения. В мае 2020 и 2023 гг. осадков выпало больше на 5,0 мм и 24,8 мм относительно среднемноголетних данных соответственно. В мае

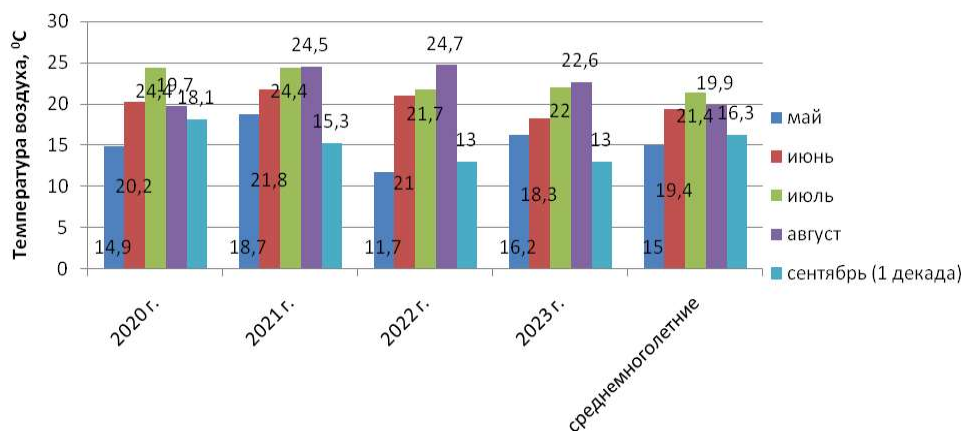


Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха в период вегетации подсолнечника, 2020–2023 гг.

Figure 1 – Average monthly air temperature during the sunflower growing season, 2020–2023

2021 и 2022 гг. осадков выпало меньше на 4,8 и 9,5 мм соответственно, что стало причиной неравномерных всходов. Июнь в 2020, 2021 и 2023 гг. характеризовался избыточной влажностью, а в аналогичном периоде 2022 г. осадков выпало на 10,3 мм меньше. Более контрастным по количеству выпавших осадков был июль. В 2020 г. июль характеризовался минимальным количеством осадков (всего 5,0 мм), аналогичный период 2022 и 2023 гг., напротив, отличался избытком влаги, осадков выпало больше относительно среднемноголетних данных на 10,5 мм и 9,3 мм соответственно.

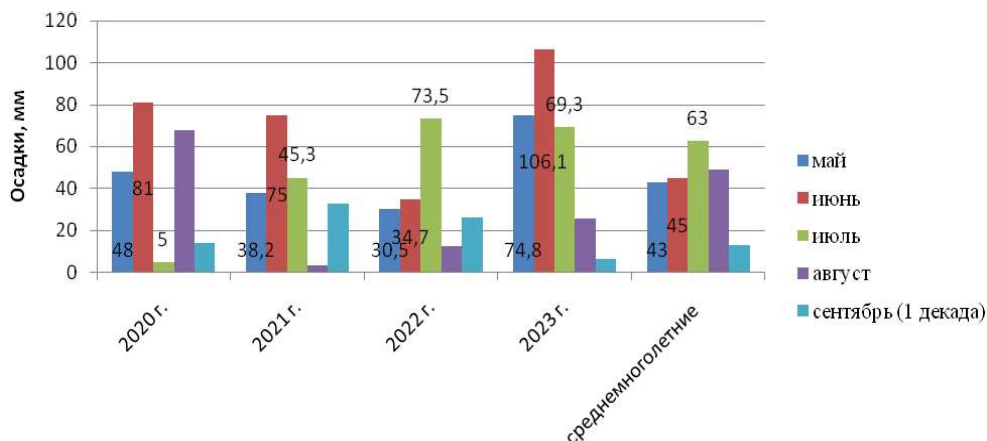


Рисунок 2 – Среднемесячное количество осадков в период вегетации подсолнечника 2020–2023 гг.

Figure 2 – Average monthly precipitation during the sunflower growing season, 2020–2023

Гидротермический коэффициент в годы исследований (май – 1-я декада сентября): 0,8 (засушливый) в 2020 г.; 0,7 (засушливый) в 2021 г.; 0,6 (очень засушливый) в 2022 г.; 0,9 (засушливый) в 2023 г. Для проведения необходимых учетов, наблюдений и измерений в опыте пользовались общепринятыми методиками [2, 11].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа (пакет программ AGROS, версия 2.07, 1998 г.). Экологическую пластичность сортов и гибридов определяли по S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966 г.) с использованием коэффициента регрессии (b_i), на основании чего сорта подразделяются на слабо отзывчивые при $b_i < 1$, отзывчивые при $b_i > 1$, а также линейно зависимые при $b_i \approx 1$, величина признака которых напрямую зависит от условий среды. В качестве меры рассеяния изучаемых признаков применяли среднее стандартное отклонение [17].

Результаты исследований. В результате анализа полученных данных определена вариабельность изучаемых признаков у сортов и гибридов подсолнечника.

Средняя урожайность за 3 года изменялась от 2,21 до 3,00 т/га. По данному признаку выделялись следующие генотипы: Саратовский 21, ПГ 26×966, ПГ 32×935, ПГ 32×966, ПГ 16ор.×50, ПГ 16у.×966, достоверно превышающие по урожайности стандарт и остальные гибриды.





Следует отметить, что в 2020 г. урожайность изменялась от 1,76 до 3,60 т/га (таблица 1). Высокое значение признака выявлено у сорта Саратовский 21 (3,60 т/га) и гибридов ПГ 26×966 (3,55 т/га), ПГ 16у.×966 (3,20 т/га). В 2021 г. урожайность маслосемян изменялась в интервале 1,66–3,13 т/га. К высокоурожайным относятся сорт Саратовский 20 и экспериментальный гибрид ПГ 3116×АТИ – 3,13 и 3,10 т/га соответственно. В 2022 г. изменения составили 1,52–3,44 т/га, в 2023 г. – 2,21–3,0 т/га. В 2022 г. к более урожайным относили: ПГ 32×966 (3,31 т/га), ПГ 16ор.×966 (3,09 т/га), ПГ 16ор.×50 (3,09 т/га), ПГ 16у.×966 (3,44 т/га). Урожайность свыше 3,0 т/га в 2023 г. определена у гибридов: ПГ 26×934, ПГ 26×966, ПГ 26×931, ПГ 26×ВС1пр., ПГ 26×50 ПГ 32×966, ПГ 32×Чер.66. Отмечалась сильная вариабельность признака у сортов по годам исследований. Коэффициент вариации составляет 8,2–32,6 %. Более стабильную урожайность по годам исследований формировали гибриды ПГ 32×966, ПГ 32×АТИ, ПГ 16ор.×50, коэффициент вариации составил 8,2–8,3 %. Значительный размах варьирования наблюдался у гибридов ПГ 26×931 ($V=33,1\%$), ПГ 32×Чер.66 ($V=32,6\%$).

Отрицательные значения индекса среды в 2020 г. ($I_j = -0,14$) и 2021 г. ($I_j = -0,16$) указывают на относительно неблагоприятные условия среды формирования урожая маслосемян. Средняя урожайность в 2020 и 2021 гг. составила 2,45 т/га. Условия 2022 и 2023 гг. ($I_j = 0,11$) более благоприятные, что подтверждается более высоким средним значением урожайности 2,75–2,76 т/га.

Таблица 1 – Урожайность маслосемян сортов и гибридов подсолнечника, 2020–2023 гг.

Table 1 – Oilseed yield of sunflower varieties and hybrids, 2020–2023

№ п/п	Сорт, гибрид (фактор А)	Урожайность, т/га				Среднее, т/га	Интервал, т/га	V, %
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.			
1	ЮВС 3 (St.)	1,81	2,51	2,67	2,58	2,39	1,81–2,67	16,5
2	Саратовский 20	2,12	3,13	2,44	2,60	2,57	2,12–2,60	16,4
3	Саратовский 21	3,60	2,51	2,82	2,59	2,88	2,51–3,60	17,3
4	Скороспелый 87	2,05	2,13	2,83	2,57	2,39	2,05–2,83	15,4
5	ЮВ 1071	2,25	2,85	2,56	1,98	2,41	1,98–2,85	15,6
6	ПГ 26×934	2,44	2,00	2,76	3,16	2,59	2,00–3,16	19,0
7	ПГ 26×966	3,55	2,10	2,75	3,13	2,88	2,10–3,55	21,3
8	ПГ 26×931	1,76	2,38	1,52	3,19	2,21	1,52–3,19	33,1
9	ПГ 26× ВС1пр.	2,24	2,44	2,24	3,10	2,51	2,24–3,10	16,3
10	ПГ 26×50	2,17	2,04	2,42	3,22	2,46	2,04–3,22	21,5
11	ПГ 32×935	2,46	2,77	2,79	2,93	2,74	2,46–2,93	7,2
12	ПГ 32×966	2,76	2,82	3,31	3,10	3,00	2,76–3,31	8,5
13	ПГ32×АТИ	2,47	2,35	2,92	2,70	2,61	2,47–2,92	8,3
14	ПГ 32×Чер.66	2,18	1,66	3,19	3,50	2,63	1,66–3,19	32,6
15	ПГ 32×50	2,05	2,38	2,93	2,75	2,53	2,05–2,93	15,5
16	ПГ 3116×АТИ	2,13	3,10	2,74	2,08	2,51	2,08–3,10	19,6
17	ПГ 3116×51	2,41	1,94	2,63	2,36	2,33	1,94–2,41	12,3
18	ПГ 3116×931	2,16	1,80	2,87	2,80	2,41	1,80–2,80	21,4
19	ПГ 16 ор.×966	2,10	2,59	3,09	2,42	2,55	2,10–3,09	16,2
20	ПГ 16 ор.×50	2,78	2,50	3,04	2,68	2,75	2,50–3,04	8,2
21	ПГ 16у.×966	3,20	2,90	3,44	2,34	2,97	2,34–3,20	16,0
22	ПГ 33у.×966	2,53	2,26	2,55	2,84	2,55	2,26–2,84	9,3
	$F_{\text{факт.}}^*$	33,35	5,71	2,57	2,55			
	НСР ₀₅ **	0,68	0,71	0,47	0,24			

№ п/п	Сорт, гибрид (фактор А)	Урожайность, т/га				Среднее, т/га	Интервал, т/га	V, %
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.			
	Среднее по фактору В (условия года)	2,42	2,42	2,75	2,76			
	V, %	20,5	16,8	15,6	14,1			

* $F_{\text{факт.}}$ – фактор А = 5,64, фактор В = 3,91, АВ = 4,05; ** $НСР_{05}$ = фактор А = 0,28, фактор В=0,29, АВ=0,64.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ позволил установить, что наибольшее влияние на изменчивость признака «урожайность маслосемян» оказывает взаимное влияние факторов А (генотип) и В (условия года) – 43,87 %. Факторы А и В по отдельности оказывают менее выраженное действие на изменчивость признака 9,45 и 14,11 %, соответственно.

Статистическая значимость влияния факторов на изучаемые признаки подсолнечника позволила провести оценку сортов по параметрам взаимодействия генотип–среда. Сравнение сортов по пластичности имеет смысл, когда дисперсия относительно регрессии примерно одинакова. Помимо оценки направления и величины реакции сорта на изменения условий среды рассчитывают стабильность Sd_i^2 этой реакции, как степень отклонения от регрессии. В литературных источниках существуют разные определения пластичности и стабильности. По одному из таких определений, под пластичностью понимают свойство генотипа изменять величину признака в различных условиях среды, а стабильность – как отсутствие пластичности [8]. В исследованиях по признаку «урожайность маслосемян» к высокопластичным относятся сорта и гибриды ПГ 3116×931 и ПГ 32×Чер.66 с высокой величиной коэффициента регрессии b_i относительно других генотипов. Это гибриды интенсивного типа, их урожайность увеличивается при улучшении условий возделывания (таблица 2).

Таблица 2 – Пластичность и стабильность сортов и гибридов подсолнечника по признаку «урожайность маслосемян»

Table 2 – Plasticity and stability of sunflower varieties and hybrids by the trait “oilseed yield”

№ п/п	Гибрид	b_i	Sd_i^2	t^*
1	ЮВС 3 (St)	1,34	1,15	0,29
2	Саратовский 20	–0,46	1,56	0,94
3	Саратовский 21	–0,94	1,75	1,11
4	Скороспелый 87	1,88	0,45	1,95
5	ЮВ 1071	–0,99	1,20	1,66
6	ПГ 26×934	2,33	0,83	1,60
7	ПГ 26×966	0,50	2,33	0,22
8	ПГ 26×931	0,69	2,72	0,11
9	ПГ 26× ВС1пр.	0,99	1,37	0,01
10	ПГ 26×50	2,16	1,22	0,95
11	ПГ 32×935	0,72	0,56	0,51
12	ПГ 32×966	1,28	0,36	0,76
13	ПГ32×АТИ	1,21	0,57	0,37
14	ПГ 32×Чер.66	4,44	0,77	4,45
15	ПГ 32×50	1,83	0,61	1,35
16	ПГ 3116×АТИ	–0,77	1,78	1,00
17	ПГ 3116×51	1,04	0,80	0,06
18	ПГ 3116×931	2,67	0,45	3,70



№ п/п	Гибрид	b_i	Sd_i^2	t^*
19	ПГ 16 ор. × 966	1,19	1,32	0,14
20	ПГ 16 ор. × 50	0,72	0,69	0,41
21	ПГ 16 у. × 966	-0,40	1,77	0,79
22	ПГ 33 у. × 966	0,56	0,72	0,47
	δ^{**}	1,21	0,64	

* t – критерий значимости отклонения от 1; ** δ – среднее стандартное отклонение.

У 15 гибридов из 22 b_i достоверно равен 1,0. Эти гибриды характеризуются адаптированностью и способностью формировать высокую урожайность в разнообразных условиях среды.

Сорта Саратовский 20, Саратовский 21, ЮВ 1071 и гибриды ПГ 3116×АТИ, ПГ 16у.×966 при $b_i < 1,0$ являются формами экстенсивного типа и не обладают адекватной способностью отзываться на улучшение условий среды, значения признака будут стабильным.

Достоверно высокая стабильность в изучаемом наборе (чем меньше Sd_i^2 , тем выше стабильность) определена у ПГ 32×966, ПГ 32×АТИ. У остальных генотипов наблюдалось варьирование урожайности маслосемян.

Содержание жира в семенах сортов и гибридов в среднем за период изучения составляло 38,80–54,10 % (таблица 3). Показатель выше 50,00 % определен у сортов Саратовский 20, Саратовский 21, ЮВ 1071 и экспериментальных гибридов ПГ 32×966, ПГ 3116×966, ПГ 16ор.×966, ПГ 16 у.×966. Содержание жира в семенах стандарта составило 49,30 %, гибриды с величиной показателя выше 50,45 % достоверно превосходят стандарт по масличности, а у 14 генотипов масличность на уровне стандарта.

По годам исследований наибольшая средняя величина содержания жира установлена в 2020 г. – 53,20 %, что сопоставимо с высоким индексом среды $I_j = 3,84$. Низкий показатель зафиксирован в 2021 г. – 45,30 %, индекс среды $I_j = -4,07$. В 2020 г. у всех сортов и гибридов содержание жира выше 50,70 %, за исключением гибрида ПГ 16ор.×50 с показателем 47,40 % соответственно. В 2021 г. максимальная масличность составила 49,00 % у сорта Саратовский 20. В 2022 г. содержание жира выше 50,00 % выявлено у 8 генотипов, а в 2023 г. – у 13 из 22. Индексы среды по годам исследований составили 0,61 в 2022 г. и 0,91 в 2023 г. В целом за годы исследований выявлена незначительная степень варьирования признака (3,3–9,9 %) у 16 сортов и гибридов, средняя величина степени варьирования ($V > 10,0\%$) у 6 гибридов. Сорт Саратовский 21 характеризуется самым низким коэффициентов вариации, степень варьирования признака составляла 48,9–52,5 %.

Таблица 3 – Содержание жира в семенах сортов и гибридов подсолнечника (2020–2023 гг.)

Table 3 – Fat content in seeds of sunflower varieties and hybrids (2020–2023)

№ п/п	Сорт, гибрид (фактор А)	Содержание жира, %				Среднее, %	Интервал, %	V , %
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.			
1	ЮВС 3 (St)	52,6	45,4	47,7	51,5	49,30	45,4–52,6	6,8
2	Саратовский 20	54,1	49,0	51,4	54,1	52,10	49,0–54,1	4,7
3	Саратовский 21	52,5	48,9	51,0	52,4	51,20	48,9–52,5	3,3
4	Скороспелый 87	54,8	47,6	50,6	44,2	49,30	43,9–54,8	9,1
5	ЮВ 1071	54,9	44,3	49,4	52,1	50,20	44,3–54,9	9,0
6	ПГ 26×934	54,4	40,2	50,2	53,2	49,49	40,2–54,4	13,0
7	ПГ 26×966	50,7	46,3	48,7	49,1	48,68	46,3–50,7	3,7
8	ПГ 26×931	54,2	38,8	43,4	47,2	45,91	38,8–54,2	14,2
9	ПГ 26× ВС1пр.	53,7	42,8	45,2	46,3	46,99	42,8–53,7	10,0



№ п/п	Сорт, гибрид (фактор А)	Содержание жира, %				Среднее, %	Интервал, %	V, %
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.			
10	ПГ 26×50	54,5	42,9	45,7	46,7	47,45	42,9–54,5	10,5
11	ПГ 32×935	52,6	45,9	48,0	51,9	49,59	45,9–52,6	6,4
12	ПГ 32×966	52,5	48,9	46,8	52,0	50,05	46,8–52,5	5,4
13	ПГ32×АТИ	53,3	48,8	47,4	47,2	49,17	47,2–53,3	5,8
14	ПГ 32×Чер.66	53,3	43,9	47,4	54,6	49,81	43,9–54,6	10,1
15	ПГ 32×50	54,5	46,5	48,4	47,7	49,28	46,5–54,5	7,2
16	ПГ 3116×АТИ	53,8	48,0	50,6	52,1	51,13	48,0–53,8	4,8
17	ПГ 3116×51	52,9	43,5	47,6	49,3	48,33	43,5–52,9	8,1
18	ПГ 3116×931	52,2	41,8	47,7	43,8	46,38	41,8–52,2	9,9
19	ПГ 16 ор. × 966	54,8	45,7	52,1	51,1	50,92	45,7–54,8	7,5
20	ПГ 16 ор. × 50	47,4	42,9	50,6	55,3	49,04	42,9–55,3	10,7
21	ПГ 16 у. ×966	54,5	48,1	50,6	51,8	51,25	48,1–54,7	5,2
22	ПГ 33 у. × 966	51,8	45,9		52,7	49,65	45,9–52,7	6,4
$F_{\text{факт.}}^*$		2,50	6,61	7,97	11,96			
HCP_{05}^{**}		3,11	3,23	2,21	2,74			
Среднее по фактору В (условия года)		53,2	45,3	48,6	50,3			
V, %		2,1	6,4	4,5	6,6			

* $F_{\text{факт.}}$ – фактор А =101,84, фактор В=9,29, АВ=5,21; ** HCP_{05} = фактор А = 1,13, фактор В=1,46, АВ=3,06.

Установлено, что изменчивость признака «содержание жира» на 47,9 % зависит от условий года и на 23,8 % от взаимодействия факторов А и В. Фактор А оказывает менее значимое влияние на изменчивость признака (14,2 %).

По признаку «содержание жира» к высокопластичным следует отнести гибриды ПГ 26×931, ПГ 26×934, ПГ 26×50 с коэффициентом линейной регрессии b_i достоверно выше 1,0. Сорт Саратовский 21 и простые гибриды ПГ 26×966, ПГ 32×966, ПГ 32×АТИ с $b_i < 1,0$ характеризуются как низкопластичные экстенсивного типа. 12 генотипов с b_i достоверно равным 1,0 хорошо приспособлены и проявляют соответствующую реакцию на изменения условия среды (таблица 4).

Высокая стабильность по признаку «содержание жира» выявлена у ПГ 3116×АТИ, ПГ 26×966, ПГ 3116×51, ПГ 16у.×96.

Таблица 4 – Пластичность и стабильность сортов и гибридов подсолнечника по признаку «содержание жира», 2020–2023 гг.

Table 4 – Plasticity and stability of sunflower varieties and hybrids by the trait “fat content”, 2020–2023

№ п/п	Гибрид	b_i	Sd_i^2	t^*
1	ЮВС 3 (St.)	0,97	0,21	0,12
2	Саратовский 20	0,70	0,19	1,58
3	Саратовский 21	0,48	0,13	4,11
4	Скороспелый 87	0,68	0,87	0,36
5	ЮВ 1071	1,36	0,11	3,11
6	ПГ 26×934	1,84	0,49	1,71
7	ПГ 26×966	0,55	0,05	9,18
8	ПГ 26×931	1,96	0,23	4,22



№ п/п	Гибрид	b_i	Sd_i^2	t^*
9	ПГ 26× ВС1пр.	1,33	0,37	0,90
10	ПГ 26×50	1,41	0,38	1,08
11	ПГ 32×935	0,91	0,23	0,37
12	ПГ 32×966	0,48	0,10	5,28
13	ПГ32×АТИ	0,51	0,49	1,00
14	ПГ 32×Чер.66	1,33	0,53	0,62
15	ПГ 32×50	0,94	0,39	0,16
16	ПГ 3116×АТИ	0,74	0,05	5,48
17	ПГ 3116×51	1,18	0,02	9,11
18	ПГ 3116×931	1,16	0,55	0,29
19	ПГ 16 ор. × 966	1,09	0,27	0,33
20	ПГ 16 ор. × 50	0,71	1,01	0,29
21	ПГ 16 у. ×966	0,84	0,05	3,23
22	ПГ 33 ул. × 966	0,84	0,34	0,49
	δ^{**}	0,41	0,26	

* t – критерий значимости отклонения от 1; ** δ – среднее стандартное отклонение.

Следует отметить, что сорт Саратовский 21 характеризуется низкой пластичностью по изучаемым признакам, в то время как основная часть экспериментальных гибридов характеризуется коэффициентом регрессии, равным 1,0.

Заключение. В результате исследований выделены сорта и гибриды подсолнечника, отличающиеся в условиях Нижнего Поволжья пластичностью признаков «урожайность маслосемян» и «содержание жира». Полученная информация за многолетний период на этапе конкурсного сортоиспытания позволяет контролировать не только среднее значение признаков, но и учитывать норму реакции сортов и гибридов подсолнечника. Так, в период 2020–2023 гг. установлено, что наибольшее влияние на изменчивость признака «урожайность маслосемян» оказывает взаимное влияние факторов А (генотип) и В (условия года) – 43,87 %, а на изменчивость признака «содержание жира» влияет фактор В – 47,9 %. Высокая пластичность по признаку «урожайность маслосемян» выявлена у гибридов ПГ 3116×931 и ПГ 32×Чер.66, по содержанию жира в семенах у ПГ 26×931, ПГ 26×934, ПГ 26×50. Коэффициент регрессии $b_i \approx 1,0$ установлен в 15 случаях по признаку «урожайность» и в 12 – по признаку «содержание жира», т.е. изменение значений признаков будет линейно соответствовать изменению условий среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов Н. И. Научные основы селекции пшеницы. Л.: Сельхозгиз, 1935. 248 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Драгавцев В. А. Основы наукоемких селекционных технологий для генетического улучшения экономически важных свойств растений // Аграрная Россия. 2008. № 4. С. 2–9.
4. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-географические основы). М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. 780 с.
5. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России: теория и практика. М.: ООО Изд-во Агрорус, 2004. 1109 с.
6. Кильчевский А. В. Генетико-экологические основы селекции растений // Вестник ВОГиС. 2005. Т. 9. № 4. С. 518–526.
7. Кильчевский А. В., Хотылева А. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.



8. Комаров Н. М. Некоторые аспекты проблемы взаимодействия «генотип-среда» // Достижения науки и техники АПК. 2012 № 7. С. 39–41.
9. Куркова И. В., Фокин С. А. Оценка адаптивной способности и экологической пластичности сортов и сортообразцов ярового ячменя Амурской селекции // Вестник КрасГАУ. 2018. № 2. С. 16–21.
10. Лекарев А. В., Солодовников А. П., Гудова Л. А. Оценка элементов структуры урожая и параметров адаптивности сортов и гибридов подсолнечника в Степном Поволжье // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 30–34.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 2019. 320 с.
12. Неттевич Э. Д. Повышать отдачу каждого сорта // Вестник РАСХН. 1992. № 4. С. 21–24.
13. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Оценка взаимодействия генотип-среда и гомеостатичность сортов ячменя // Известия ТСХА. 2013 г. Вып. 6. С. 82–93.
14. Соколова Д. В. Оценка взаимодействия генотип-среда у сортов свеклы столовой коллекции ВИР. Овощи России. 2018. № 6. С. 26–30. DOI:10.18619/2072-9146-2018-6-26-30.
15. Сюков В. В., Мадякин Е. В., Кочетков Д. В. Вклад генотип-средовых эффектов в формировании количественных признаков у инбредных и аутбредных растений // Вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 1. С. 141–147.
16. Филиппов У. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4. С. 221–230.
17. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop science. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.

REFERENCES

1. Vavilov N. I. Scientific foundations of wheat breeding. Leningrad, 1935. 248 p. (In Russ.).
2. Dospekhov B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.).
3. Dragavtsev V. A. Basics of science-intensive breeding technologies for genetic improvement of economically important plant properties. *Agrarian Russia*. 2008;(4):2–9. (In Russ.).
4. Zhuchenko A. A. Adaptive system of plant breeding (ecological and geographical foundations). Vol. 1. Moscow, 2001. 780 p. (In Russ.).
5. Zhuchenko A. A. Resource potential of grain production in Russia: theory and practice. Moscow, 2004. 1109 p. (In Russ.).
6. Kilchevsky A. V. Genetic and ecological foundations of plant breeding. *Bulletin of VOGiS*. 2005;9(4):518–526. (In Russ.).
7. Kilchevsky A. V., Khotyleva AV Ecological plant breeding. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 p. (In Russ.).
8. Komarov N. M. Some aspects of the problem of “genotype-environment” interaction. *Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex*. 2012;(7):39–41. (In Russ.).
9. Kurkova I. V., Fokin S. A. Evaluation of adaptive capacity and ecological plasticity of varieties and variety samples of spring barley of the Amur selection. *Bulletin of KrasSAU*. 2018;(2):16–21. (In Russ.).
10. Lekarev A. V., Solodovnikov A. P., Gudova L. A. Evaluation of yield structure elements and adaptability parameters of sunflower varieties and hybrids in the Steppe Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2021;(10):30–34. (In Russ.).
11. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Moscow, 2019. 320 p. (In Russ.).
12. Nettevich E. D. Increasing the yield of each variety. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 1992;(4):21–24. (In Russ.).
13. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Evaluation of genotype-environment interaction and homeostaticity of barley varieties. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2013;(6):82–93. (In Russ.).
14. Sokolova D. V. Evaluation of genotype-environment interaction in table beet varieties from the VIR collection. *Vegetables of Russia*. 2018;(6):26–30. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-6-26-30. (In Russ.).
15. Syukov V. V., Madyakin E. V., Kochetkov D. V. Contribution of genotype-environment effects to the formation of quantitative traits in inbred and outbred plants. *Bulletin of VOGiS*. 2010;14(1):141–147. (In Russ.).
16. Filippov U. G., Bragin R. N., Dontsov D. P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in ecological variety testing. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022;(4):221–230. (In Russ.).
17. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6(1):36–40.

Статья поступила в редакцию 28.04.2024; одобрена после рецензирования 25.05.2024; принята к публикации 02.06.2024.
The article was submitted 28.04.2024; approved after reviewing 25.05.2024; accepted for publication 02.06.2024.

