

Реакция сортов и гибридов подсолнечника на погодные условия и их параметры адаптивности

Андрей Владимирович Лекарев, Людмила Александровна Гудова, Ольга Александровна Полевая,
Лидия Валентиновна Солопченко, Сания Касымовна Алимова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»,
г. Саратов, Россия
e-mail: cell_selection@list

Аннотация. В регионах с контрастными погодными условиями, куда относится Саратовская область, необходимо вести селекцию и оценивать селекционный материал не только по показателям продуктивности, но и по приспособленности к абиотическим факторам среды. Экспериментальная часть выполнена на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в 2015–2021 гг. В изучении находилось 10 генотипов, которые оценивали по способности формировать наибольшую продуктивность в различные по режиму увлажнения и теплообеспеченности годы. ГТК в годы исследований составлял: 2015 – 0,61, 2016 – 0,47, 2017 – 0,95, 2018 – 0,52, 2019 – 0,6, 2020 – 0,83, 2021 – 0,58. В качестве показателей адаптивности использовали коэффициент вариации, устойчивость к стрессу и генетическую гибкость, индекс засухоустойчивости, коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания. По многолетним данным средняя урожайность маслосемян изучаемых сортов и гибридов варьировала от 1,98 до 2,54 т/га. В отдельные годы урожайность сортов Саратовский 20, Степной 81, Степной 82, Любимчик и гибрида ЮВС 7 превышала 3,0 т/га. У 9 из 10 сортов и гибридов отмечается высокая вариабельность признака ($V = 21,7–33,1\%$). Средняя изменчивость урожайности выявлена у гибрида ЮВС 3 ($V = 19,1\%$). Сорта Степной 81, Любимчик характеризуются высокой генетической гибкостью ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 2,50$ и $2,75$ соответственно) и отзывчивостью на благоприятные условия среды ($K_p = 2,52$ и $2,23$, соответственно). Гибрид ЮВС 3 отличается высокой стрессоустойчивостью ($Y_{\min} + Y_{\max} = -1,15$) и засухоустойчивостью ($DSI = 0,92$). Высокая генетическая гибкость ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 2,45$) и засухоустойчивость ($DSI = 0,98$) выявлена у ЮВС 7. Сорта и гибриды с высокими адаптационными свойствами целесообразно включать в дальнейший селекционный процесс в качестве исходного материала.

Ключевые слова: подсолнечник; сорт; гибрид; исходный материал; урожайность; стрессоустойчивость; генетическая стабильность; коэффициент вариации; засухоустойчивость.

Для цитирования: Лекарев А. В., Гудова Л. А., Полевая О. А., Солопченко Л. В., Алимова С. К. Реакция сортов и гибридов подсолнечника на погодные условия и их параметры адаптивности // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 33–37. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp33-37>.

AGRONOMY

Original article

Reaction of sunflower varieties and hybrids to weather conditions and their adaptability parameters

Andrey V. Lekarev, Lyudmila A. Gudova, Olga A. Polevaya, Lidia V. Solopchenko, Saniya K. Alimova

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

Abstract. In regions with contrasting weather conditions, which include the Saratov region, it is necessary to conduct selection and evaluate breeding material not only in terms of productivity, but also in terms of adaptability to abiotic environmental factors. The experimental part was carried out on the experimental field of the Federal Agricultural Research Center for South-East Region in 2015–2021. There were 10 genotypes in the study, which were evaluated by the ability to form the highest productivity in different years in terms of moisture and heat supply. The HTC in the years of research was as follows: 2015 – 0.61, 2016 – 0.47, 2017 – 0.95, 2018 – 0.52, 2019 – 0.6, 2020 – 0.83, 2021 – 0.58. The coefficient of variation, stress resistance and genetic flexibility, the drought resistance index, and the coefficient of responsiveness to favorable growing conditions were indicators of adaptability. According to long-term data, the average yield of oilseeds of the studied varieties and hybrids varied from 1.98 to 2.54 t/ha. In some years, the yield of varieties Saratovskiy 20, Stepnoy 81, Stepnoy 82, Lyubimchik and hybrid YuVS 7 exceeded 3.0 t/ha. In 9 out of 10 varieties and hybrids, a high variability of the trait is noted ($V = 21.7–33.1\%$). The average yield variability was found in the UVS 3 hybrid ($V = 19.1\%$). Varieties Stepnoy 81, Lyubimchik are characterized by high genetic flexibility ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 2.50$ and 2.75 , respectively) and responsiveness to favorable environmental conditions ($K_p = 2.52$ and 2.23 , respectively). The hybrid YuVS 3 is characterized by high stress resistance ($Y_{\min} + Y_{\max} = -1.15$) and drought resistance ($DSI = 0.92$). High genetic flexibility ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 2.45$) and drought resistance ($DSI = 0.98$) had SVS 7. It is advisable to include varieties and hybrids with high adaptive properties in the further breeding process as initial material.

Keywords: sunflower; variety; hybrid; raw material; productivity; stress tolerance; genetic stability; variation coefficient; drought resistance.

For citation: Lekarev A. V., Gudova L. A., Polevaya O. A., Solopchenko L. V., Alimova S. K. Reaction of sunflower varieties and hybrids to weather conditions and their adaptability parameters. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(6):33–37. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp33-37>.

Введение. Продуктивность полевых культур в России очень часто зависит от агроклиматических условий: увлажнения, теплообеспеченности, термических условий холодного периода, континентальности климата. Изменение каждого из них есть фактор, определяющий получение высокой урожайности сельскохозяйственных растений [16, 18]. Саратовская область характеризуется резко континентальным климатом с высоким дефицитом влаги, что нередко





служит причиной негарантированного урожая семян подсолнечника. Несмотря на то, что подсолнечник, благодаря мощной корневой системе лучше других культур противостоит засухе, его фактическая урожайность ниже потенциальной продуктивности [9]. Из всех абиотических стрессов именно засуха зачастую является основным лимитирующим фактором стабильного производства семян этой культуры. Устойчивость к неблагоприятным условиям среды, как фактор, определяющий урожайность растений, важно учитывать при внедрении сортов в производство в конкретном регионе и при поиске генетических источников для дальнейшего селекционного процесса [2, 5, 3, 11, 15, 17, 19–22].

Подсолнечник является засухоустойчивой культурой. Около 60 % влаги культура расходует в период от формирования корзинки до окончания цветения, что в 1,5–3,0 раза больше, чем от всходов до образования корзинки, и значительно выше, чем в период формирования и налива семян. В период от всходов до образования корзинки подсолнечник расходует в среднем около 20 % от суммарного водопотребления, а во время от цветения до созревания – 18–30 %. Дефицит влаги во время формирования корзинки – цветения способствует развитию пустозерности в центральной части корзинки. [10, 12, 14]. После образования корзинки основная потребность во влаге удовлетворяется за счет почвенных запасов, находящихся в слое ниже 40–50 см, поэтому без создания к началу вегетации хороших почвенных запасов влаги во всем корнеобитаемом слое получить высокий урожай подсолнечника затруднительно [14].

В настоящее время разработаны различные статистические модели и показатели адаптивности, устойчивости, стабильности, которые используют для объективной и более полной характеристики сортов сельскохозяйственных культур и всего селекционного материала в целом [1, 7].

Цель исследований – оценка сортов и гибридов подсолнечника по показателям адаптивности.

Методика исследований. Исследования выполняли на опытном поле ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в 2015–2021 гг. Посев опытных делянок проводили во второй декаде мая по черному пару. Сорта и гибриды размещали на 6 рядковых делянках в трехкратной повторности. Размещение делянок систематическое. Площадь делянки составила 25,0 м². Норма высева – 45 тыс. раст./га. В изучении находилось 8 сортов (Саратовский 20 (St), Саратовский 21, Скороспелый 87, Скороспелый 88, Степной 81, Степной 82, Саратовский 82, Любимчик) и 2 гибрида (ЮВС 3, ЮВС 7) подсолнечника. Уход за посевами заключался в предпосевном внесении почвенного гербицида; проведении двух междурядных обработок. Экспериментальная часть выполнена в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [13] и Методикой полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) [6].

Индекс засухоустойчивости (DSI) рассчитывали по формуле Фишера и Маурера (цит. по: Янченко и др., 2004) [23]. Устойчивость к стрессу ($Y_{\min} + Y_{\max}$) и компенсаторную способность сорта ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$) определяли по А.А. Rossielle, J. Hemblin [24] в изложении А.А. Гончаренко [4]. Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) вычисляли по методу В.А. Зыкина [8]. Коэффициент вариации (V) и выравненности (B) рассчитывали по методике Б.А. Доспехова [6].

Результаты исследований. Метеоусловия в годы исследований складывались по-разному для роста и развития подсолнечника. Благоприятные условия мая, как правило, обеспечивали получение дружных всходов, однако дефицит осадков июня и июля не всегда способствовали получению высокого урожая семян, поскольку у подсолнечника фаза образования и цветения корзинок является критическим периодом водопотребления. Расчет гидротермического коэффициента позволяет распределить года следующим образом: 2016, 2018, 2021 гг. как острозасушливые по влагообеспеченности (ГТК 0,47–0,58), рис. 1; 2015 и 2020 гг. – засушливые (ГТК = 0,6); 2017 и 2020 гг. – годы с недостаточным увлажнением (ГТК 0,95 и 0,83 соответственно). Следует отметить, что практически во все годы исследований август характеризуется низким значением гидротермического коэффициента. Исключением является 2020 г. – самый низкий ГТК (0,07) приходится на июль.



Рис. 1. Гидротермический коэффициент в период вегетации подсолнечника, 2015–2021 гг.

Анализируя погодные условия в годы исследований, можно отметить, что наиболее критичным для подсолнечника по количеству осадков и температуре воздуха за период май – август были 2016, 2018, 2021 гг. Однако, по факту более благоприятный 2017 г. оказался менее продуктивным для всего ассортимента сортов, особенно сравнительно с 2018 и 2021 гг. Так, урожайность маслосемян сортов и гибридов в 2017 г. варьиро-

вала от 1,42 до 3,16 т/га (табл. 1). Самая высокая урожайность выявлена у гибрида ЮВС 7. Для сравнения: в 2016 г., когда наблюдался дефицит влаги, урожайность варьировала от 1,30 до 1,76 т/га. Более высокий показатель отмечается у сорта Степной 82 и гибрида ЮВС 7. А в 2018 г. урожайность 3,0 т/га и выше сформировали сорт Любимчик и гибрид ЮВС 7. В условиях 2021 г. максимальное значение признака установлено у сорта Саратовский 20 – 3,13 т/га, а самое низкое у гибрида ЮВС 7 – 2,08 т/га.

Таблица 1

Урожайность маслосемян сортов и гибридов подсолнечника, т/га

Сорт/гибрид	Год исследований						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Саратовский 20 (St)	1,80	1,59	1,48	2,80	2,46	2,46	3,13
Саратовский 21	1,82	1,65	1,82	2,90	2,59	2,60	2,51
Скороспелый 87	1,85	1,45	1,48	2,70	2,38	2,11	2,13
Скороспелый 88	1,36	1,30	1,80	2,80	2,44	2,24	2,52
Степной 81	1,87	1,68	1,42	2,90	2,45	3,59	2,10
Степной 82	1,89	1,76	1,58	2,90	2,10	3,03	2,68
Саратовский 82	1,84	1,35	1,72	2,50	2,06	1,78	2,61
Любимчик	1,90	1,70	2,26	3,80	2,54	3,16	2,46
ЮВС 3	1,87	1,59	2,12	2,74	2,20	1,81	2,51
ЮВС 7	1,93	1,74	3,16	3,0	2,60	1,81	2,08
НСР ₀₅	0,28	0,12	0,56	0,44	0,20	0,61	0,81

Средняя урожайность маслосемян изучаемых сортов и гибридов от 1,98 до 2,54 т/га (рис. 2). Наибольшая средняя урожайность зафиксирована у сорта Любимчик. В отдельные годы сорта Саратовский 20, Степной 81, Степной 82, Любимчик и гибрид ЮВС 7 формировали урожайность выше 3,0 т/га.

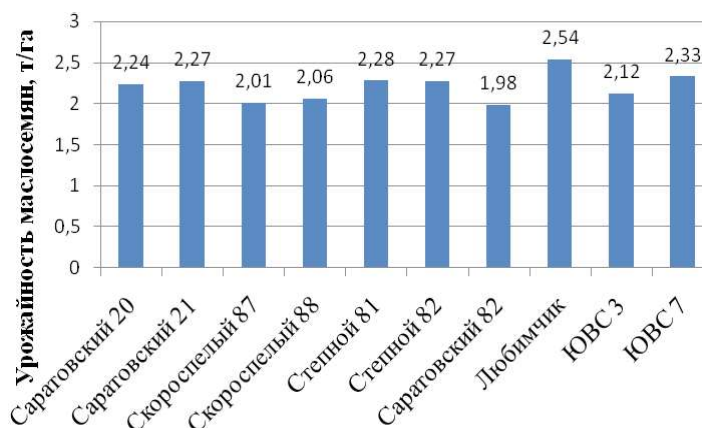


Рис. 2. Урожайность маслосемян подсолнечника в среднем за 2015–2021 гг.

Относительную стабильность количественных признаков у сортов и гибридов можно охарактеризовать с помощью коэффициента вариации V , надежность использования которого для количественных признаков отмечал Б.А. Доспехов [5]. У изучаемых генотипов отмечается высокая вариабельность признака $V = 21,7–33,1$ %. Исключением является гибрид ЮВС 3, у него наблюдается средняя изменчивость признака ($V = 19,1$ %). Коэффициент выравненности (агрономической стабильности) позволяет определить уровень хозяйственной ценности. Определенный интерес представляют формы с коэффициентом выравненности более 70 %. Практически все изучаемые сорта и гибриды проявляют агрономическую стабильность, исключением является сорт Степной 81 с коэффициентами выравненности 66,9 %.

Для регионов с низким уровнем влагообеспеченности особую значимость приобретают сорта, обладающие устойчивостью к лимитирующему фактору. Адаптивные способности к стрессу оценивали через показатель стрессоустойчивости, которую определяли как разность между минимальным и максимальным значением признака, чем меньше разрыв между значениями, тем выше стрессоустойчивость сорта. Данный показатель варьировал от $-1,15$ до $-2,17$. Высокая стрессоустойчивость определена у гибрида ЮВС 3, низкая – у сортов Степной 81 и Любимчик.

Характеристику изучаемых сортов дополняет генетическая гибкость, которая отражает среднюю урожайность в контрастных условиях. Высокие значения указывают на высокую гибкость сорта. Изучаемый ассортимент сортов характеризуется высоким значением показателя генетической гибкости. Исключение составляет сорт Саратовский 82, у которого показатель несколько ниже остальных (1,98). Также следует отметить сорта Степной 81, Любимчик и гибрид ЮВС 7 с самым высоким значением генетической гибкости.

Индекс засухоустойчивости определяет стабильность сортов в различные по влагообеспеченности годы. Чем меньше его значение, тем более устойчив сорт. DSI менее 1,0 выявлены у сортов Саратовский 21 и гибридов ЮВС 3 и ЮВС 7.



Параметры адаптивности сортов и гибридов подсолнечника

Сорт/гибрид	Коэффициент вариации V , %	Стрессоустойчивость $(Y_{\min} + Y_{\max})$	Генетическая гибкость $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	Индекс засухоустойчивости DSI	Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия K_p
Саратовский 20	28,1	-1,65	2,30	1,15	2,11
Саратовский 21	21,7	-1,25	2,27	0,94	1,75
Скороспелый 87	22,7	-1,25	2,07	1,01	1,86
Скороспелый 88	28,4	-1,5	2,05	1,17	2,15
Степной 81	33,1	-2,17	2,50	1,32	2,52
Степной 82	25,7	-1,45	2,30	1,05	1,91
Саратовский 82	22,6	-1,26	1,98	1,05	1,93
Любимчик	28,5	-2,1	2,75	1,01	2,23
ЮВС 3	19,1	-1,15	2,16	0,92	1,72
ЮВС 7	25,0	-1,42	2,45	0,98	1,81

Для оценки адаптивности сорта используется также коэффициент отзывчивости на условия внешней среды, который представляет собой отношение между показателем, полученным в благоприятных условиях и неблагоприятных. Если K_p больше 1,0, то сорт положительно отзывается на условия возделывания, при K_p менее 1,0 – отрицательно. Как видно из табл. 2 коэффициент отзывчивости варьировал от 1,72 до 2,52. Наибольшая отзывчивость на улучшение условий среды (K_p более 2,0) выявлена у сортов Саратовский 20, Скороспелый 88, Степной 81, Любимчик.

Заключение. Изучение сортов и гибридов подсолнечника селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в 2015–2021 гг. позволило выявить генотипы, наиболее приспособленные к различным условиям влаго- и теплообеспеченности. Так, высокая стрессоустойчивость отмечена у гибрида ЮВС 3, высокая генетическая гибкость у сортов Степной 81, Любимчик и гибрид ЮВС 7. Индексы засухоустойчивости менее 1,0 выявлены у сортов Саратовский 21, ЮВС 3 и ЮВС 7, что характеризует их стабильность в различные по влагообеспеченности годы. Наибольшая отзывчивость на улучшение условий среды выявлена у сортов Саратовский 20, Скороспелый 88, Степной 81, Любимчик. Средняя урожайность маслосемян изучаемых сортов и гибридов варьировала от 1,98 до 2,54 т/га. В отдельные годы сорта Саратовский 20, Степной 81, Степной 82, Любимчик и гибрид ЮВС 7 формировали урожайность выше 3,0 т/га. Полученные результаты представляют определенный интерес в селекции на устойчивость к абиотическим факторам среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохина Т. А., Чирко Е. М. Оценка адаптивности сортов проса белорусской селекции // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках XIX Междунар. специализированной выставки «Агрокомплекс – 2009» (3–5 марта 2009 г.). Уфа, 2009. Ч. II. С. 89–93.
2. Беккер Х. Селекция растений. М., 2015. 425 с.
3. Бинарные посева подсолнечника с донником и люцерной и их влияние на биогенность почвы / С.И. Коржов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 26–30.
4. Гончаренко А. А. Об адаптивной и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
5. Гончарова Э. А. Стратегия диагностики и прогнозы устойчивости сельскохозяйственных растений к погодно-климатическим аномалиям // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 1. С. 24–31.
6. Доспехов Б. А. Методике полевого опыта. М., 1985. 351 с.
7. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
8. Зыкин В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод рекомендации. Новосибирск, 1984. С. 24.
9. Ильинская И. Н. Особенности водопотребления и эффективность использования оросительной воды при возделывании подсолнечника // Орошаемое земледелие. 2019. № 2. С. 30–31.
10. Кураш О. В. Зависимость урожайности подсолнечника от влажности почвы и предшественников // Зерновое хозяйство. 2002. № 1. С. 25–26.
11. 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.
12. Лихачев Н. И. Агротехнологии подсолнечника в Алтайском крае. Барнаул, 2005 33 с.
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 194 с.
14. Морозов В. К. Подсолнечник. Саратов, 1959. 228 с.
15. Отзывчивость гибридов подсолнечника на минимизацию основной обработки почвы в Заволжье / А.П. Солодовников [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 22–27.
16. Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2008. Т. 2. 288 с.
17. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов по подсолнечник на черноземе обыкновенном / А. В. Ващенко [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. №1. С. 4–8.



18. Сиротенко О. Д. Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования. М., 2007. 77 с.
19. Солодовников А. П., Субботин А. Г., Гусева Ю. А. Влажность почвы и урожайность гибридов подсолнечника при различных способах основной обработки темно-каштановой почвы // Кормопроизводство. 2022. № 1. С. 16–20.
20. Способы повышения плодородия почвы и урожайности подсолнечника в Нижнем Поволжье / Ю.Н. Плескачев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 2. С. 28–31.
21. Темирбекова С. К., Ван Мансвелт Я. Д. Создание адаптивных сортов, устойчивых и толерантных к абиотическим и биотическим стрессорам сортов (форм) для использования в экологическом сельском хозяйстве // Фундаментальные и прикладные исследования в биологическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС: мат. Док. Соц. Международ. науч. практич. конференции. 2016. Т.2. С. 581–587.
22. Урожайность гибридов подсолнечника на различных фонах минерального питания в засушливых условиях Нижнего Поволжья / А. Г. Субботин [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 66–70.
23. Янченко В. И., Розова М. В., Мельник В. М. Использование засухоустойчивого генофонда твердой яровой пшеницы в создании высокоадаптивных сортов сибирского экотипа // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. Алматы, 2004. № 31–36. С. 12 (7–8).
24. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop. Sci. 1981. Vol. 21. No. 6. P. 27–29.

REFERENCES

1. Anokhina T. A., Chirko E. M. Evaluation of the adaptability of millet varieties of Belarusian breeding. Ufa, 2009; II: 89–93. (In Russ.).
2. Becker H. Plant breeding. Moscow, 2015. 425 p. (In Russ.).
3. Binary crops of sunflower with sweet clover and alfalfa and their influence on soil biogenicity / S. I. Korzhov et al. *The agrarian scientific journal*. 2018; 5: 26–30. (In Russ.).
4. Goncharenko A. A. On the adaptive and ecological sustainability of grain crop varieties. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2005; 6: 49–53. (In Russ.).
5. Goncharova E. A. Diagnosis strategy and forecasts of resistance of agricultural plants to weather and climate anomalies. *Agricultural Biology*. 2011; 1: 24–31. (In Russ.).
6. Dospikhov B. A. Methods of field experience. Moscow, 1985. 351 p. (In Russ.).
7. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Method for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield. *Breeding and seed production*. 1994; 2: 3–6. (In Russ.).
8. Zykin V. A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: method of recommendation. Novosibirsk, 1984. 24 p. (In Russ.).
9. Ilyinskaya I. N. Features of water consumption and efficiency of irrigation water use in sunflower cultivation. *Irrigated agriculture*. 2019; 2: 30–31. (In Russ.).
10. Kurash O. V. Dependence of sunflower yield on soil moisture and predecessors. *Grain Economy*. 2002; 1: 25–26. (In Russ.).
11. Lekarev A. V., Solodovnikov A. P., Gudova L. A. Evaluation of the elements of the crop structure and parameters of adaptability of sunflower varieties and hybrids in the Volga Steppe. *The agrarian scientific journal*. 2021; 10: 30–34. (In Russ.).
12. Likhachev N. I. Agrotechnologies of sunflower in the Altai Territory. Barnaul, 2005. 33 p. (In Russ.).
13. Methods of state variety testing of agricultural crops. Moscow, 1989. 194 p. (In Russ.).
14. Morozov V. K. Sunflower. Saratov, 1959. 228 p. (In Russ.).
15. Responsiveness of sunflower hybrids to minimization of the main tillage in the Zavolzhye / A.P. Solodovnikov et al. *The agrarian scientific journal*. 2020; 1: 22–27. (In Russ.).
16. Assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Moscow, 2008; 2. 288 p. (In Russ.).
17. The use of mineral fertilizers and bacterial preparations for sunflower on ordinary chernozem / A. V. Vashchenko et al. *The agrarian scientific journal*. 2020; 1: 4–8. (In Russ.).
18. Sirotenko O. D. Climate change assessment methods for agriculture and land use. Moscow, 2007. 77 p. (In Russ.).
19. Solodovnikov A. P., Subbotin A. G., Guseva Yu. A. Soil moisture and yield of sunflower hybrids with different methods of basic tillage of dark chestnut soil. *Feed production*. 2022; 1: 16–20. (In Russ.).
20. Ways to improve soil fertility and sunflower yields in the Lower Volga region / Yu. N. Pleskachev et al. *The agrarian scientific journal*. 2018; 2: 28–31. (In Russ.).
21. Temirbekova S. K., Van Mansvelt Ya. D. Creation of adaptive varieties, resistant and tolerant to abiotic and biotic stressors varieties (forms) for use in ecological agriculture. *Fundamental and applied research in biological agriculture in Russia, the CIS and the EU*. 2016; 2: 581–587. (In Russ.).
22. Productivity of sunflower hybrids on various backgrounds of mineral nutrition in arid conditions of the Lower Volga region / A. G. Subbotin et al. *The agrarian scientific journal*. 2020; 10: 66–70. (In Russ.).
23. Yanchenko V. I., Rozova M. V., Melnik V. M. Using the drought-resistant gene pool of durum spring wheat in the creation of highly adaptive varieties of the Siberian eco-type. *Bulletin of the regional network for the introduction of wheat varieties and seed production*. Almaty, 2004. 12 p. (7–8); 31–36. (In Russ.).
24. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. sci.* 1981; 21; 6: 27–29.

*Статья поступила в редакцию 25.11.2021; одобрена после рецензирования 05.12.2021; принята к публикации 15.12.2021.
The article was submitted 25.11.2021; approved after reviewing 05.12.2021; accepted for publication 15.12.2021.*

