**УРОЖАЙНЫЕ СВОЙСТВА И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ САФЛОРА
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Т. Я. Прахова, доктор с.-х. наук; А. Н. Кшикаткина, доктор с.-х. наук, профессор;
А. А. Щанин*, аспирант*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр лубяных культур», р. п. Лунино, Россия;
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»,
г. Пенза, Россия, e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Целью исследований являлась оценка урожайных свойств и основных параметров адаптивности сортов сафлора красильного в агроклиматических условиях лесостепи Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2017-2019 гг. на опытном поле Пензенского института сельского хозяйства. Объектом исследований являлись шесть сортов сафлора красильного. Метеорологические условия периода вегетации характеризовались как засушливые, где гидротермический коэффициент (ГТК) колебался от 0,4 до 0,82 единиц. Индекс условий среды варьировал в пределах от - 0,61 до 0,13 единиц. Наиболее оптимальные условия для развития культуры сложились в 2019 году ($I_i = 0,13$), где сформировалась наиболее высокая урожайность семян по всем сортам 1,34-1,53 т/га. Высокий урожай отмечен у сортов Заволжский 1 и Александрит, продуктивность которых составила 1,37 и 1,42 т/га, соответственно. Коэффициент изменчивости урожайности составил 6,58-14,19 %. Низкая вариация урожая по годам отмечена у сортов Ершовский 4 и Астраханский 747 (6,58-7,71 %), что говорит об их стабильности. У данных сортов был наиболее высокий показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) и составил 0,26 и 0,22 соответственно. Сорта Заволжский 1, Астраханский 747 и Александрит сформировали крупные семена, масса 1000 семян их достигала в среднем 41,4-41,6 г. Содержание жира в семянках колебалась в пределах 23,70-27,45 %. В условиях Пензенской области лучшими по экологической адаптивности были сорта Заволжский 1 и Александрит, параметры адаптивности которых составили $b_i = 0,99-1,01$; $\sigma_{dr}^2 = 0,09$. Наиболее высокие значения индекса стабильности (0,17 и 0,20) имели сорта Александрит и Ершовский 4, что показывает их большую приспособленность к конкретным условиям.

Ключевые слова: сафлор красильный, сорта, урожайность, адаптивность, стабильность, масличность, масса 1000 семян.

Введение

В условиях производства продуктивность сельскохозяйственных культур зависит не только от агротехники, но и в большей степени от подбора сортов. В общем приросте урожайности на долю сорта и качества семян приходится от 25 до 45 % [1, 3].

Высококачественные семена являются фундаментом будущего урожая и должны обладать не только хорошими посевными качествами, но и высоким потенциалом урожайности. Ценность семян определяется еще и тем, что они несут в себе полную генетическую информацию сорта и зависят от комплекса биологических свойств, которые определяются наследственными факторами и условиями окружающей среды в период их формирования [12].

Поэтому урожайность выступает как интегральный показатель и отражает весь

комплекс биологических свойств и адаптивные возможности сорта при конкретных агроэкологических условиях. Но основы ее заложены в урожайных свойствах семян, сформированных предшествующим репродукцированием под влиянием условий внешней среды [1].

Урожайные свойства зависят от выполнения семян, их натуральной массы, массы 1000 семян, энергии прорастания, силы начального роста, количества первичных корешков и интенсивности их роста, степени травмированности [12].

В свою очередь, в повышении урожайности и качества семян основную роль играет приспособленность культуры к условиям возделывания и адаптивность сортов к абиотическим и биотическим стрессорам.

Адаптивность сорта характеризуется экологической пластичностью, стабильно-

стью и приспособленностью не только к оптимальным условиям среды, но и к проявлению как минимальных, так и максимальных внешних факторов [5].

В настоящее время изменения климата, имеющие тенденцию к повышению температур, более сухому и жаркому лету, требуют расширения ассортимента масличных культур, среди которых можно выделить сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) как одно из самых засухоустойчивых и перспективных масличных растений [8, 18].

Говоря о достоинствах сафлора, в первую очередь, следует отметить его значение как одного из источников мирового производства высококачественного растительного масла. По своей значимости в мире он занимает место после подсолнечника, льна, рыжика, горчицы и используется в пищевой и технической промышленности [10, 13, 14].

По данным многих исследований в семенах и плодах сафлора содержится соответственно до 45-50 и 25-36 % масла, которое содержит до 80-90 % линолевой, 7-8 % олеиновой и до 5,5-6,0 % пальмитиновой жирных кислот [4, 8, 16, 17].

Сегодня сафлор культивируется в широком диапазоне географических регионов Европы, Африки, Америки, Австралии и Индии. В России сафлор в основном выращивают в Южных областях. По своим биологическим особенностям сафлор является одной из самых жаростойких и засухоустойчивых культур, и наиболее приспособленной к резко континентальному климату Нижнего и Среднего Поволжья [2, 6, 13, 16].

Однако, несмотря на свою перспективность, сафлор пока не находит широкого распространения именно в климатических условиях Пензенского региона. Поэтому оценка урожайных свойств семян сортов сафлора и их адаптивность в конкретных почвенно-климатических условиях является актуальной.

Целью наших исследований являлось

оценка урожайных свойств и основных параметров адаптивности сортов сафлора красильного в контрастных агроклиматических условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Методы и материалы

Объектом исследований, которые проводились в 2017-2019 годах, являлись шесть сортов сафлора красильного. Исследования проводились на полях Пензенского ИСХ – филиала ФГБНУ ФНЦ ЛК.

Вегетационный период сафлора в 2017 году протекал в недостаточно увлажненных условиях при ГТК 0,82 единицы и среднесуточной температуре 18,1 °С. Условия 2018 года были острозасушливые, ГТК составил всего 0,4. Среднесуточные температуры достигали отметки 19,3 °С.

Период вегетации 2019 года протекал с умеренным дефицитом осадков при сумме эффективных температур – 2115° С. ГТК составил 0,65, при среднесуточной температуре 17,6 °С. Продолжительность периода вегетации культуры варьировал в пределах 114-121 день, в зависимости от года и сорта.

Посев сафлора проводился рядовым способом с нормой высева 250 тыс. всхожих семян на гектар в первую декаду мая.

Оценку урожайных свойств сортов проводили согласно существующим методическим рекомендациям и указаниям по масличным культурам [9].

Параметры общей адаптивной способности (b_i) и стабильности ($S^2 d_1$) определяли по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой с помощью дисперсионного и регрессионного анализов [7].

Индекс условий среды определяли по методике S. A. Eberhart и W. A. Russel [15].

Экологическую устойчивость сортов определяли по методике А. А. Rossielle и J. Hamblin (по уравнению $Y_{max} - Y_{min}$) [19].

Индекс стабильности (ИС) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) определяли по методике, описанной Э. Д. Неттевичем [11].

Таблица 1

Показатели продуктивности и изменчивости сортов сафлора красильного

Сорт	Урожайность, т/га				Индекс условий среды (I_i)	Изменчивость урожайности, C_v , %
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средняя		
Заволжский 1	1,27	1,37	1,47	1,37	0,25	10,25
Волгоградский 15	1,13	1,23	1,37	1,24	-0,16	11,20
Александрит	1,32	1,42	1,53	1,42	0,26	13,49
Камышинский 73	1,12	1,22	1,41	1,25	-0,13	14,19
Ершовский 4	1,25	1,35	1,37	1,32	0,19	6,58
Астраханский 747	1,27	1,30	1,34	1,30	0,07	7,71
НСР ₀₅	0,07	0,09	0,11	0,06	-	-
Индекс условий среды (I_i)	-0,61	0,07	0,13	-		

Таблица 2

Урожайные свойства семян сортов сафлора красильного

Сорт	Масса 1000 семян, г			Масличность, % (среднее 2017-2019 гг.)
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Заволжский 1	42,4	41,6	40,3	27,11
Волгоградский 15	41,0	40,4	36,5	26,57
Александрит	43,4	41,6	39,7	27,45
Камышинский 73	40,4	42,3	39,4	23,70
Ершовский 4	39,3	42,3	39,4	24,96
Астраханский 747	39,1	43,6	41,6	25,13
Индекс условий среды (I_i)	0,14	1,17	-1,31	-

Результаты

Метеорологические условия периода вегетации сафлора за годы исследований характеризовались как засушливые, где гидротермический коэффициент колебался от 0,4 до 0,82 единиц. Однако индекс, условий среды варьировал в довольно широких пределах от - 0,61 до 0,13 единиц, в зависимости от года.

Наиболее оптимальные условия для развития культуры сложились в 2019 году (I_i – 0,13), где сформировалась наиболее высокая урожайность семян по всем сортам 1,34-1,53 т/га (табл. 1).

Наиболее стрессовые условия для роста и развития сафлора сложились для сортов Камышинский 73 и Волгоградский 15, индекс условий среды для которых составил - 0,13 и - 0,16. Данные сорта в среднем за годы исследований сформировали низкую урожайность семян 1,24 и 1,25 т/га.

В среднем за три года более высокий урожай отмечен у сортов Заволжский 1 и Александрит, продуктивность которых составила 1,37 и 1,42 т/га соответственно.

В соответствии с условиями среды варьировала и среднесортная урожайность сафлора, коэффициент вариации составил 6,58-14,19 %. Низкая вариабельность урожайности отмечена у сортов Ершовский 4 и Астраханский 747 (6,58-7,71 %). Это говорит о более стабильном проявлении данного признака за годы изучения и показывает сравнительно высокую генетическую защищенность в отношении действия климатических факторов несмотря на то, что

средняя урожайность семян не отличалась высокими значениями (1,30-1,32 т/га).

Наряду с самой продуктивностью огромное значение при оценке сортов имеют и урожайные свойства семян и, в первую очередь, их крупность и выполненность.

Сорта Заволжский 1, Волгоградский 15 и Александрит крупные семена сформировали в 2017 году, при менее благоприятных условиях среды (I_i = 0,14), масса 1000 семян их достигала 41,0-43,4 г. При улучшении условий среды до I_i = 1,17 наблюдалась тенденция снижения массы 1000 семян данных сортов и в 2019 году (I_i = -1,31) она достигала минимальных значений до 36,5-40,3 г (табл. 2).

Для сортов Камышинский 73, Ершовский 4 и Астраханский 747 наиболее благоприятными для формирования крупных семян были условия 2018 года, индекс условий среды здесь составил 1,17. Показатель крупности семян данных сортов здесь достигал 42,3-43,6 г.

Содержание жира в семечках колебалось в пределах 23,70-27,45 %. По результатам данного признака выделились сорта Заволжский 1 и Александрит, масличность которых составила 27,11 и 27,45 % соответственно.

Различные генотипы по разному реагируют на одну и ту же среду обитания, что, в конечном итоге, сказывается на общей адаптивной способности сорта.

Все сорта в среднем за годы исследований показали высокую адаптивность и пластичность, значения b_i варьировали в

Таблица 3

Параметры адаптивности сортов сафлора красильного по урожайности

Сорт	Экологическая адаптивность b_i	Стабильность S^2d_1	Показатель ПУСС	Экологическая устойчивость	Индекс стабильности (ИС)
Заволжский 1	0,99	0,09	0,17	0,24	0,13
Волгоградский 15	0,93	0,07	0,14	0,31	0,11
Александрит	1,01	0,09	0,16	0,21	0,17
Камышинский 73	0,94	0,06	0,12	0,42	0,09
Ершовский 4	1,05	0,07	0,26	0,48	0,20
Астраханский 747	1,06	0,06	0,22	0,34	0,11

пределах 0,93-1,06.

Наиболее стабильными и пластичными сортами являются Заволжский 1 ($b_i = 0,99$; $\sigma d r^2 = 0,09$) и Александрит ($b_i = 1,01$; $\sigma d r^2 = 0,09$) (табл. 3).

Оценка сортов по уровню стабильности сорта (ПУСС) показала, что высоким значением данного признака отличались сорта Ершовский 4 и Астраханский 747, показатель ПУСС которых составил 0,26 и 0,22 соответственно.

При этом самый низкий показатель экологической устойчивости отмечен у сортов Александрит (0,21) и Заволжский 1 (0,24), что показывает более широкий диапазон их приспособленности к различным условиям произрастания.

Другим важным параметром, характеризующим устойчивость проявления реакций сорта, является показатель индекса стабильности (ИС). Ведь и в оптимальных условиях выращивания и в экстремальных (засуха или избыточная влагообеспеченность) сафлор проявляет толерантность ко всем стрессорам и формирует стабильную

урожайность.

Наиболее высокие значения данного признака имели сорта Александрит и Ершовский 4, индекс стабильности которых составляет 0,17 и 0,20 и показывает их большую приспособленность к конкретным условиям.

Заключение

Таким образом, оценка сафлора красильного по урожайности и параметрам адаптивности показала, что лучшими по экологической адаптивности были сорта Заволжский 1 и Александрит, параметры адаптивности которых составили ($b_i = 0,99$ - $1,01$; $\sigma d r^2 = 0,09$) при средней продуктивности 1,37 и 1,42 т/га, соответственно. Сорта Заволжский 1, Астраханский 747 и Александрит сформировали крупные семена, масса 1000 семян их достигала в среднем 41,4-41,6 г. Наиболее стабильными по урожайности были сорта Ершовский 4 и Астраханский 747, показатель уровня стабильности, которых составил 0,26 и 0,22 соответственно, что подтверждается и коэффициентом вариации урожайности – 6,58-7,71 %.

Литература

1. Гужов Ю. Л., Фукс А., Величек П. Селекция и семеноводство культивируемых растений. Москва, Мир, 2003, 536 с.
2. Еськова О. В., Еськов С. В. Экологические аспекты выращивания сафлора красильного в зависимости от норм и сроков его посева в предгорном Крыму. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2016, № 60, с. 87-92.
3. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Москва, РУДН, 2001, т. 1, 780 с.
4. Зубков В. В., Полушкин П. В., Прахова Т. Я., Терентьев О. В. Возделывание перспективных масличных культур озимого рыжика и сафлора красильного: практические рекомендации. Самара, 2012, 36 с.
5. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Кираев Р. С., Чанышев И. О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений. Уфа, 2011, 97 с.
6. Кильянова Т. В., Сафина Н. В. Производство семян сафлора красильного в условиях Ульяновской области. Агромир Поволжья, 2018, № 1 (29), с. 29-32.
7. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генетические основы селекции растений: общая генетика растений. Минск, 2008, т. 1, с. 50-56.
8. Кшникаткина А. Н., Прахова Т. Я., Щанин А. А. Продуктивность и качество сортообразцов сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья. Нива Поволжья, 2019, № 1 (50), с. 2-7.
9. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Под редакцией В. М. Лукомца. Краснодар, 2010, 327 с.
10. Нарушев В. Б., Куанышкалиев А. Т., Горшеин Д. А., Мажаев Н. И. Расширение биоразнообразия возделываемых масличных культур в степном Поволжье. Вестник Саратовского ГАУ, 2012, № 10, с. 59-61.
11. Неттевич Э. Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном районе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства. Доклады РАСХН, № 3, с. 50-55.
12. Тарануха В. Г., Пугач А. А., Тарануха Н. Г., Таранова А. Ф. Посевные качества и урожайные свойства семян: учебно-методическое пособие. Горки, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009, 64 с.
13. Adamen F. F., Naidenov V. G., Rudik O. L., Proshina I. O. Agricultural practices of growing safflower variety sunny under non irrigated conditions of the southern Ukraine. Научно-технический бюллетень Института олійних культур НААН, 2013, v. 18, p. 44-50.
14. Asgarpanah J., Kazemivash N. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. Chin J Integr Med, 2013, v. 19, № 2, p. 153-159.
15. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci, 1966, № 6, p. 36-40.

16. Jabeen N., Ahmad R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. *J Sci Food Agric*, 2013, v. 93, № 7, p. 1699-1705.
17. Liu J. X., Guo Z., Li G., Yue J. W. Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2013, v. 38, № 9, p. 1335-1339.
18. Rodrigues J. Modeling and optimization of laboratory-scale conditioning of *Jatropha curcas* L. seeds for oil expression. *Industrial Crops and Products*, 2016, v. 83, p. 614-619.
19. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and no stress environments. *Crop Sci*, 1981, № 6, p. 12-23.

UDC 633.85:631:526.32

DOI 10.36461/NP.2020.2.55.008

YIELD PROPERTIES AND ADAPTABILITY OF SAFFLOWER (*CARTHAMUS TINCTORIUS*) VARIETIES IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

T. Ya. Prakhova, Doctor of Agricultural Sciences;

A. N. Kshnikatkina, Doctor of Agricultural Sciences, professor; A. A. Shanin*, post-graduate student*

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center of Bast Crops»,
workmen's settlement Lunino, Russia;

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State Agrarian University»,
Penza, Russia, e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

The purpose of the research was to evaluate the yield properties and the main parameters of adaptability of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties in the agricultural climatic conditions of forest-steppe of the Middle Volga Region. The research was conducted in 2017-2019 on the experimental field of the Federal Scientific Center of Bast Crops. The object of research was the six varieties of safflower (*Carthamus tinctorius*). Meteorological conditions of the growing season can be characterized as dry; the hydrothermal coefficient (HTC) ranged from 0.4 to 0.82 units. The index of environmental conditions varied from - 0.61 to 0.13 units. The most optimal conditions for the growth of culture were formed in 2019 ($I_i - 0.13$), where the highest seed yield for all varieties was formed – 1.34-1.53 t/ha. Zavolzhschij 1 and Alexandrit varieties were registered with the high yield, whose productivity was 1.37 and 1.42 t/ha, respectively. The coefficient of yield variability was 6.58-14.19 %. On an annual basis, the low variation in yield was observed in the varieties Ershovskij 4 and Astrahanskij 747 (6.58-7.71 %). This fact indicates the stability of these varieties. These varieties had the highest variety stability level and amounted to 0.26 and 0.22, respectively. Varieties Zavolzhschij 1, Astrahanskij 747 and Alexandrit formed large seeds. The weight of 1000 seeds reached 41.4-41.6 g on an average. The fat content in the achenes ranged from 23.70-27.45 %. In the conditions of the Penza region, in terms of environmental adaptability, the best varieties were Zavolzhschij 1 and Alexandrit, whose adaptability parameters were $b_i = 0.99-1.01$; $\sigma_{dr}^2 = 0.09$. The varieties Alexandrit and Ershovskij 4 had the highest values of the stability index (0.17 and 0.20). This fact shows their greater adaptability to specific conditions.

Keywords: safflower, varieties, yield, adaptability, stability, oil content, weight of 1000 seeds.

References:

1. Guzhov, Yu. L., Fuks, A., Velichek P. Breeding and seed production of cultivated plants. Moscow, Mir, 2003, 536 p.
2. Yeskova O. V., Yeskova S. V. Environmental aspect of growing seeds of safflower according to sowing rates and terms in the Crimean foothills. *Works of the Kuban State Agrarian University*, 2016, № 60, pp. 87-92.
3. Zhuchenko A. A. Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic fundamentals). Moscow, RUDN University, 2001, vol. 1, 780 p.
4. Zubkov V. V., Polushkin P. V., Prakhova T. Ya., Terentiev O. V. The cultivation of promising oil crops of winter camelina and safflower: practical recommendations. Samara, 2012, 36 p.
5. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Kiraev R. S., Chanyshchev I. O. Ecological plasticity of agricultural plants. Ufa, 2011, 97 p.
6. Kilianova T. V., Safina N. V. Production of safflower seeds in the Ulyanovsk region. *Agromir Povolzhya*, 2018, № 1 (29), pp. 29-32.
7. Kilchevsky A. V., Khotyleva L. V. Genetic bases of plant breeding: General plant genetics. Minsk, 2008, vol. 1, p. 50-56.
8. Kshnikatkina A. N., Prakhova T. Ya., Shanin A. A. Productivity and quality of variety samples of safflower in the conditions of Middle Volga region. *Volga Region Farmland*, 2019, № 1 (50), pp. 2-7.

9. Methodology of agronomic field experiments with oil crops. Edited by V. M. Lukomets. Krasnodar, 2010, 327 p.
10. Narushev V. B., Kuanyshkaliev A. T., Gorshein D. A., Mazhaev N. I. Enhancing of biodiversity of cultivated oilseeds in steppe zone of Povolzhye. *Vestnik Saratovskogo GAU*, 2012, № 10, pp. 59-61.
11. Nettevich E. D. The yield potential of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the Central Region of the Russian Federation and its implementation in production conditions. The reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences, № 3, pp. 50-55.
12. Taranukho V. G., Pugach A. A., Taranukho N. G., Taranova A. F. Seed quality and yield properties of seeds: educational and methodological. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2009, 64 p.
13. Adamen F. F., Naidenov V. G., Rudik O. L., Proshina I. O. Agricultural practices of growing safflower variety sunny under non irrigated conditions of the southern Ukraine. *Naukovo-tekhnichnij byuleten Instytut olijnih kultur NAAN*, 2013, v. 18, p. 44-50.
14. Asgarpanah J., Kazemivash N. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. *Chin J Integr Med*, 2013, v. 19, № 2, p. 153-159.
15. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci*, 1966, № 6, p. 36-40.
16. Jabeen N., Ahmad R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. *J Sci Food Agric*, 2013, v. 93, № 7, p. 1699-1705.
17. Liu J. X., Guo Z., Li G., Yue J. W. Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2013, v. 38, № 9, p. 1335-1339.
18. Rodrigues J. Modeling and optimization of laboratory-scale conditioning of *Jatropha curcas* L. seeds for oil expression. *Industrial Crops and Products*, 2016, v. 83, p. 614-619.
19. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and no stress environments. *Crop Sci*, 1981, № 6, p. 12-23.