

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО

© 2023.Т. Я. Прахова¹, В. Г. Дружинин²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

г. Тверь, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Пензенский «ГАУ»

г. Пенза, Российская Федерация

В статье представлено изучение влияния микроэлементных удобрений на продуктивность и качество маслосемян сафлора красильного в условиях Пензенской области. Исследования проводились в 2020–2022 гг. на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК (ОП Пензенский НИИСХ). Объектом исследований являлся сафлор красильный сорт Ершовский 4. Семена сафлора перед посевом обрабатывали микроудобрениями Гумат+7 (1,0 л/т), Мегамикс (1,0 л/т), Агроверм (1,0 л/т) и Циркон (1,0 л/т). Обработка семян микроудобрениями существенно стимулировала увеличение их полевой всхожести. Наибольшего значения данный показатель достигал при применении препарата Гумат +7 и составил 86,4%, что на 9,1% выше контроля. Применение микроудобрений способствовало увеличению ассимиляционной поверхности растений сафлора в фазу цветения на 1,1–3,1 тысяч м²/га относительно контрольного варианта. Урожайность семян сафлора красильного увеличилась с 1,34 без применения удобрений до 1,37–1,51 т/га, в зависимости от формы микроудобрения. Наиболее эффективными были микроудобрения Агроверм и Циркон, применение которых способствовало получению максимальной урожайности 1,46 и 1,51 т/га с масличностью 27,55 и 28,11%. На крупность семян сафлора применение микроудобрений оказало несущественное влияние. Масса 1000 семян варьировала от 30,11 г (Циркон) до 31,97 г (Мегамикс), увеличение относительно контроля составило 1,57 г. Обработка семян микроудобрениями снижала концентрацию олеиновой кислоты от 84,8% до 82,5%. Уровень олеиновой кислоты при использовании препаратов увеличился относительно контроля. Максимальное содержание олеиновой кислоты отмечено в маслосеменах, обработанных микроудобрением Гумат +7 (10,0%). Содержание насыщенной пальмитиновой кислоты увеличилось от 4,2% на контроле до 4,3–4,7%, в зависимости от вида микроудобрения. Жирнокислотный состав является важной характеристикой растительных масел, а вариация его компонентов определяет пригодность масел для различных целей использования.

Ключевые слова: сафлор красильный, микроудобрения, урожайность, масличность, структура урожая, жирнокислотный состав.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК по теме № FGSS-2022-0008. Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку статьи.

Для цитирования: Прахова Т.Я., Дружинин В.Г. Эффективность применения микроудобрений при возделывании сафлора красного. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2023; 1(3): (37–43). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.12.17.005

Поступила: 20.01.2023 Принята к публикации: 17.02.2023 Опубликована: 28.03.2023

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF SAFFLOWER TINCTORIAL

© 2023. T. Ya. Prakhova¹, V. G. Druzhinin²

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops,
Tver, Russian Federation

²FSBEE HE «Penza State Agrarian University»,
Penza, Russian Federation

The article presents a study of the effect of microelement fertilizers on the productivity and quality of Safflower Tinctorial oilseeds in the conditions of the Penza region. The studies were carried out in 2020-2022. on the fields of the FSBRI (OP Penza Research Institute of Agriculture). The object of research was Safflower Tinctorial variety Ershovsky 4. Before sowing, safflower seeds were treated with micronutrient fertilizers Gumat+7 (1.0 l/t), Megamix (1.0 l/t), Agroverm (1.0 l/t) and Zircon (1.0 l/t). The treatment of seeds with microfertilizers significantly stimulated an increase in their field germination. This indicator reached the highest value when using the Gumat +7 preparation and amounted to 86.4%, which is 9.1% higher than the control. The use of microfertilizers contributed to an increase in the assimilation surface of safflower plants in the flowering phase by 1.1-3.1 thousand m²/ha relative to the control variant. The yield of safflower seeds increased from 1.34 without the use of fertilizers to 1.37-1.51 t/ha, depending on the form of microfertilizer. The most effective microfertilizers were Agroverm and Zircon, the use of which contributed to obtaining the maximum yield of 1.46 and 1.51 t/ha with an oil content of 27.55 and 28.11%. The use of microfertilizers did not have a significant effect on the size of safflower seeds. The weight of 1000 seeds varied from 30.11 g (Zircon) to 31.97 g (Megamix), the increase relative to the control was 1.57 g. Seed treatment with microfertilizers reduced the concentration of oleic acid from 84.8% to 82.5%. The level of oleic acid when using drugs increases relative to the control. The maximum content of oleic acid was noted in oil seeds treated with microfertilizer Humat +7 (10.0%). The content of saturated palmitic acids increases from 4.2% in the control to 4.3-4.7%, depending on the type of microfertilizer. Fatty acid composition is an important characteristic of vegetable oils, and the variation of its components determines the suitability of oils for various uses.

Keywords: Safflower tinctorial, microfertilizers, productivity, oil content, yield structure, fatty acid composition.

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008). The authors thank the reviewers for their expert evaluation of the article.

For citation: Prakhova T.Ya., Druzhinin V.G. Efficiency of application of microfertilizers in the cultivation of Safflower tinctorial. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2023; 1(3): (37-43). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.12.17.005

Received: 20.01.2023 Accepted for publication: 17.02.2023 Published online: 28.03.2023

Введение. В современных условиях все большее внимание уделяют вопросам увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур. Это определяет не только интенсификацию исследований в области селекции, но и разработку сортовых технологий и их отдельных элементов [1].

В настоящее время перспективным направлением технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе сафлора красильного, становится примене-

ние микроэлементных удобрений и регуляторов роста, которые менее затратные в финансовом плане и легко вписываются в технологию возделывания культуры [3, 14].

Сафлор красильный – древняя сельскохозяйственная масличная культура, которая сегодня является достаточно новой для многих российских сельхозпроизводителей.

Говоря о достоинствах сафлора, во-первых, следует отметить его значение как масличной культуры, источника производства

растительного масла. По разным исследованиям, в его семенах содержится до 30-40% масла, которое широко используется в пищевой и технической промышленности [12, 15]. По жирнокислотному составу масло сафлора относится к линолевому типу и содержит до 80,0% линолевой кислоты, а также 7-8% олеиновой и до 5,5-6,0% пальмитиновой жирных кислот, в зависимости от условий возделывания [10, 17].

Кроме того, масло сафлора обладает высокой окислительной стабильностью и рекомендуется для производства биодизеля, косметики, смазочных материалов и другой продукции oleохимической промышленности [13, 16]. Дополнительным его преимуществом является низкая стоимость производства, поэтому оно может стать альтернативным вариантом для тех, кто не может позволить себе покупать оливковое и другие функциональные масла [11, 12].

Кроме того, сафлор содержит множество химических компонентов, которые обладают фармакологическими свойствами и используются для производства лекарств, применяемых для снижения уровня холестерина при атеросклерозе и болезнях сердца [2, 11].

Биология сафлора позволяет его выращивать практически в любой части мира в самых разных агроэкологических условиях, в том числе и в зонах с засушливым климатом, так как является одной из самых жаростойких и засухоустойчивых культур [7, 9].

Сегодня известны исследования многих ученых по изучению технологии выращивания сафлора, в том числе и использование микроудобрений и регуляторов роста во многих регионах России [4, 6, 8]. Но именно в условиях Пензенской области приемы возделывания сафлора изучены недостаточно, что и определяет актуальность наших исследований.

В связи с этим цель исследований заключалась в изучении влияния микроэлементных биоудобрений на продуктивность и качество маслосемян сафлора красильного в условиях Пензенской области.

Методика исследований. Исследования проводили в 2020-2022 гг. на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК (ОП Пензенский НИИСХ). Объектом исследований являлся сафлор красильный сорта Ершовский 4, семена которого перед посевом обрабатывали микроудобрениями Гумат+7 (1,0 л/т), Мегамикс (1,0 л/т), Агроверм (1,0 л/т) и Циркон (1,0 л/т). Посев сафлора проводили согласно оптимальным технологическим параметрам: срок посева – ранний (1 декада мая), способ посева – рядовой, норма высева составила 0,3 млн. всхожих семян на гектар.

Метеорологические условия вегетационных периодов в 2020 и 2021 годах характеризовались как умеренно-засушливые, гидротермический коэффициент составил 0,78 и 0,86, при среднемноголетних данных 1,10. В 2022 году климатические показатели были более благоприятные для выращивания сафлора, гидротермический коэффициент был близким к среднемноголетней норме и составил 0,93.

Закладка опыта, все учеты и оценка урожайности сафлора проводились в соответствии с методическими указаниями по проведению опытов с масличными культурами [5]. Определение жирнокислотного состава маслосемян сафлора проводили методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000». Площадь листьев сафлора определяли методом высевок в фазу цветения.

Результаты исследований. Повышение продуктивности растений обеспечивается балансом двух основных процессов их жизнедеятельности – фотосинтеза и роста. В среднем за 3 года полевая всхожесть сафлора варьировала от 77,3% в контроле до 86,4% при обработке семян микроудобрениями. Наибольшего значения данный показатель достигал на варианте с применением микроудобрения Гумат+7 и составил 86,4%, что на 9,1% выше варианта без обработки (табл. 1).

Таблица 1. Показатели роста и развития сафлора в зависимости от применения микроудобрений (в среднем за 2020-2022 гг.)

№	Вариант	Полевая всхожесть, %	Сохранность растений к уборке, %	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га
1	Контроль	77,3	88,3	25,72
2	Гумат+7	86,4	89,2	26,80
3	Циркон	80,6	90,4	28,81
4	Агроверм	79,9	91,3	28,42
5	Мегамикс	81,3	89,9	27,85
	НСР ₀₅	1,11	1,55	2,11

Максимальный показатель сохранности растений сафлора был при обработке микроудобрениями Циркон и Агроверм (90,4 и 91,3%), что на 2,1 и 3,0% выше по сравнению с контролем.

Как известно, наибольший прирост урожайности обеспечивают такие посевы, которые способны наиболее эффективно использовать фотосинтетическую энергию. В начальные периоды роста сафлора (всходы и фаза розетки) площадь листьев нарастает очень медленно, и интенсивно начинает увеличиваться в фазу бутонизации, и максимума достигает в фазу цветения. Применение микроудобрений способствовало увеличению ассимиляционной поверхности растений сафлора. Так, существенное увеличение

площади листьев относительно контроля без обработки было на фоне препаратов Циркон и Агроверм, превышение составило 2,7-3,1 тысячи м²/га. Остальные микроудобрения незначительно увеличили листовую поверхность, всего на 1,1 и 2,1 тысячи м²/га.

Урожайность семян сафлора в среднем за 3 года составила 1,34-1,51 т/га. Применение микроудобрений для обработки семян позволило увеличить урожайность семян сафлора относительно контроля от 0,03 при применении Мегамикса до 0,17 т/га при применении Агроверма, где получена наибольшая урожайность 1,51 т/га. Существенная прибавка урожайности была также при применении Циркона – 0,12 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и масличность семян сафлора в зависимости от применения микроудобрений (в среднем за 2020-2022 гг.)

№	Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к урожаю, ± т/га	Масличность, %
1	Контроль	1,34	–	27,16
2	Гумат+7	1,41	0,07	27,08
3	Циркон	1,46	0,12	27,55
4	Агроверм	1,51	0,17	28,11
5	Мегамикс	1,37	0,03	27,26
	НСР ₀₅	-	0,08	0,78

Применение препаратов Мегамикс и Гумат+7 также имело тенденцию увеличения урожайности семян сафлора, но не существенно, прибавка составила 0,03 и 0,07 т/га, что меньше наименьшей существенной разницы.

Значимых изменений масличности семян при использовании микроудобрений не

отмечено. За исключением варианта с использованием Агроверма, где было получено наибольшее содержание жира 28,11%, что превысило контроль на 0,95%. Обработка семян Гуматом+7 приводила к некоторому снижению масличности относительно контрольного варианта до 27,08%, при 27,16% – в контроле.

Структурный анализ продуктивности сафлора показал, что число продуктивных корзинок на растении варьировало от 10,2 штук на контрольном варианте до 14,1 штук – с обработкой Агровермом (табл. 3).

Количество семян в одной корзинке колебалось в среднем от 38,9 до 43,6 штук, и мало зависело от применяемых препаратов. Ко-

эффициент вариации был низким и составил 9,9%. Наибольшей вариабельностью ($V = 39,5\%$) характеризовался показатель массы семян с одного растения. Максимальная продуктивность одного растения отмечена на варианте с обработкой Агровермом и составила 23,9 грамма.

Таблица 3. Элементы структуры урожая семян сафлора в зависимости от применения микроудобрений (в среднем за 2020-2022 гг.)

Вариант	Корзинок на растении, шт.	Семян в 1 корзинке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль	10,2	39,3	11,3	30,40
Гумат +7	11,9	43,6	16,4	31,36
Циркон	13,6	42,6	19,1	30,11
Агроверм	14,1	41,4	23,9	33,56
Мегамикс	12,4	38,9	15,9	31,97
V, %	11,6	9,3	39,5	8,6

На крупность семян сафлора применение микроудобрений оказало несущественное влияние. Масса 1000 семян варьировала от 30,11 г, что ниже контроля (обработка Цирконом) до 31,97 г (обработка Мегамиксом), увеличение относительно контроля составило 1,57 грамма.

При проведении жирнокислотного анализа были идентифицированы 13 жирных кислот, на накопление которых, в той или

иной степени, также оказали влияние микроудобрения.

Так, если содержание линолевой кислоты в контрольном варианте составило 84,8%, то обработка семян данными препаратами снижало концентрацию данной кислоты до 82,5-84,0% (табл. 4). Минимальное количество линолевой кислоты отмечено на вариантах с использованием Гумата+7 (82,5%) и Циркона (82,5%).

Таблица 4. Жирнокислотный состав маслосемян сафлора в зависимости от применения микроудобрений (в среднем за 2020-2022 гг.), %

Название кислот	Контроль	Гумат+7	Циркон	Мегамикс	Агроверм
Миристиновая	0,042	0,053	0,047	0,043	0,048
Пентодекановая	0,008	0,013	0,009	0,009	0,008
Пальмитиновая	4,2	4,7	4,7	4,4	4,3
Пальмитоолеиновая	0,041	0,047	0,048	0,039	0,047
Стеариновая	1,4	1,6	1,6	1,5	1,6
Олеиновая	8,6	10,0	9,9	9,1	9,5
Линолевая	84,8	82,5	82,5	84,0	83,4
Линоленовая	0,10	0,16	0,26	0,15	0,26
Арахидиновая	0,25	0,30	0,31	0,27	0,28
Эйкозеновая	0,142	0,134	0,148	0,139	0,133
Бегеновая	0,170	0,179	0,202	0,181	0,206
Лигноцеридовая	0,087	0,088	0,084	0,071	0,090
Нервоновая	0,116	0,115	0,118	0,111	0,127

Наоборот, содержание насыщенных кислот (пальмитиновой и стеариновой) увеличивалось при использовании микроудобрений до 4,3-4,7% и 1,5-1,6% соответственно при содержании их 4,2 и 1,4% в контроле.

Максимальное содержание олеиновой кислоты отмечено в маслосеменах, обработанных микроудобрением Гумат+7 (10,0%). При использовании остальных препаратов уровень олеиновой кислоты составил 9,1-9,9%, что превышало данный показатель в контрольном варианте на 0,5-1,3%.

Наибольшее количество линоленовой кислоты содержится в маслосеменах при обработке удобрениями Циркон и Агроверм, которое составило 0,26% при 0,10% - в варианте без обработки.

Выводы. Таким образом, использование микроэлементных удобрений способствовало улучшению продукционного процесса посевов сафлора, о чем свидетельствует сохранность растений к уборке, увеличивало

площадь ассимиляционной поверхности посевов сафлора красильного на 2,7-3,1 тысячи м²/га, что способствовало формированию стабильной продуктивности.

Урожайность сафлора красильного увеличивалась до 1,37-1,51 т/га, в зависимости от микроудобрений, при урожае 1,34 т/га в контрольном варианте. Наиболее эффективными были препараты Агроверм и Циркон, применение которых способствовало получению максимальной урожайности 1,46 и 1,51 т/га с масличностью 27,55 и 28,11%. Кроме этого, использование микроудобрений способствовало увеличению содержания пальмитиновой и олеиновой кислот и снижало уровень линолевой кислоты от 84,8% до 82,5%. Жирнокислотный состав является важной характеристикой растительных масел, а вариация его компонентов определяет пригодность масел для различных целей использования (пищевые, технические и другие).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аленин П.Г., Прахова Т.Я., Сафронкин А.Е. Продуктивность микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность рыжика озимого сорта Пензяк // Нива Поволжья. – 2015. – № 3 (36). – С. 13-18.
2. Кароматов И.Д., Акрамова Н.Ш. Перспективное лекарственное растение - сафлор красильный (обзор литературы) // Биология и интегративная медицина. – 2018. – №6 (23). – С. 68-95.
3. Кильянова Т.В., Сафина Н.В. Влияние микробиологических удобрений на продуктивность сафлора красильного // Агромир Поволжья. – 2018. – № 4 (32). – С. 33-36.
4. Межевова А.С. Влияние осадков сточных вод и приемов основной обработки почвы на динамику запасов влаги, продуктивность и качество семян сафлора красильного // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 4. – С. 9-12.
5. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. – Краснодар, 2010. – 327 с.
6. Милованов И.В., Кандалов Е.В., Нарушев В.Б., Кожагалиева Р.Ж. Влияние стимуляторов роста и микроудобрения на про-
- дуктивность сафлора красильного в степной зоне Саратовского Правобережья // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 4. – С. 24-29.
7. Насиев Б.Н., Гончаров С.В., Жылкыбай А.М. Изучение биологизированной технологии возделывания сафлора в Западном Казахстане // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 94. – С. 131-136.
8. Полякова А.И., Алиева О.Ю. Продуктивность сафлора под влиянием минеральных удобрений и регуляторов роста // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 51-55.
9. Разумнова Л.А., Каменев Р.А., Баленко Е.Г. Эффективность применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов при выращивании сафлора в зоне рискованного земледелия Ростовской области // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 4. – С. 23-27.
10. Темирбекова С.К., Афанасьева Ю.В., Куликов И.М. Интродукция сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) в Цен-

тральный регион Нечерноземной зоны. – М.: ФНЦ Садоводства, 2020. – 152 с.

11. Тимошкин О.А., Прахова Т.Я. Дружинин В.Г. Влияние регуляторов роста на качество семян сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья // Нива Поволжья. – 2021. – № 2 (59). – С. 69-74.

12. Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в Центральной степи Крыма (Обзор) // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 1(21). – С. 100-121.

13. Турина Е.Л., Корнев А.Ю. Сортоиспытание сафлора в Крыму и возможность получения биотоплива // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 98. – С. 120-125.

14. Ghassemi-Golezani K., Afkhami N. Safflower productivity and oil yield affected by water

limitation and nanofertilizers // Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. – 2018. – Vol. 12. – No. 5. – P. 425-431.

15. Khalid N., Khan R.S., Hussain M.I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient – A Review // Trends in Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 66. – P. 176–186.

16. Nogales-Delgado S., Encinar J.M., Cortés Á.G. High oleic safflower oil as a feedstock for stable biodiesel and biolubricant production // Industrial Crops and Products. – 2021. – Vol. 170. – P. 113701.

17. Roche J., Mouloungui Z., Cerny M., Merah O. Effect of sowing dates on fatty acids and phytosterols patterns of *Carthamus tinctorius* L. // Applied Sciences. – 2019. – Vol. 9. – No. 14. – 2839.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Дружинин Виталий Геннадьевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», д. 30, ул. Ботаническая, г. Пенза, Российская Федерация, 440014, e-mail: vitalijdruzinin8@gmail.com

Tatyana Ya. Prahova, DSc in Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Vitaly G. Druzhinin, graduate student, FSBEE HE «Penza State Agrarian University», 30, Botanicheskaya st., Penza, Russian Federation, 440014, e-mail: vitalijdruzinin8@gmail.com