



Научная статья
УДК 633.81/.85
doi: 10.55186/25876740_2026_69_1_93

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В НИЖНЕВОЛЖСКОМ РЕГИОНЕ

Е.П. Сухарева, А.В. Беликина, А.В. Солонкин

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Аннотация. Увеличение валовых сборов сельскохозяйственной продукции для решения продовольственной проблемы в мире связано с исследованиями биологических процессов в растениях, возникающих в результате воздействия факторов интенсификации сельскохозяйственного производства. Цель исследований: оценить показатели фотосинтетической активности сафлора красильного на его продуктивность в зависимости от использования микроудобрений. Исследования по влиянию микроудобрений на фотосинтетическую активность и продуктивность сафлора красильного, проводились в 2022–2024 гг. на опытном поле ФНЦ агроэкологии РАН. Объект исследований — новый сорт сафлора красильного Сашок. Технология возделывания сафлора красильного общепринятая для Нижневолжского региона. Для достижения цели исследовались микроудобрения Ультамаг Бор, Биостим Рост производства АО Шелково Агрохим. Параметры фотосинтетических показателей определялись по методике, разработанной Ничепоровичем А.А. Коэффициент использования растениями фотосинтетически активной радиации по методике Х.Г. Тооминга. Обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа. Максимальными значениями показателей фотосинтетической активности сафлора были на вариантах с микроудобрениями Ультамаг Бор 30г + Биостим Рост 30 г/10 л воды — фотосинтетический потенциал в фазу «цветение» был выше, чем у контрольного варианта на 2825,9 тыс. м² в сутки/га, потенциальная урожайность составила 1,03 т/га. Фактическая урожайность сафлора красильного сорта Сашок с применением баковой смеси микроудобрений Ультамаг Бор 30 г + Биостим Рост 30 г/10 л воды в варианте составила 1,08 т/га, что выше потенциальной на 0,05 т/га. Применение микроудобрений в посевах сафлора красильного способствует повышению фотосинтетической активности растений и урожайности семян. Наиболее эффективный вариант с микроудобрениями Ультамаг Бор 30 г + Биостим Рост 30 г/10 л воды.

Ключевые слова: сафлор красильный, фотосинтез, площадь листовой поверхности, урожайность, микроудобрения

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания FNFE-2022-0010 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Original article

THE INFLUENCE OF MICRO FERTILIZERS ON THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SAFFLOWER IN THE LOWER VOLGA REGION

E.P. Sukhareva, A.V. Belikina, A.V. Solonkin

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Abstract. Increasing the gross harvest of agricultural products to solve the food problem in the world is associated with studies of biological processes in plants that arise as a result of the impact of factors intensifying agricultural production. Research objective: to evaluate the indicators of photosynthetic activity of safflower on its productivity depending on the use of micronutrient fertilizers. Studies on the effect of micronutrient fertilizers on the photosynthetic activity and productivity of safflower were carried out in 2022–2024 on the experimental field of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. The object of the research is a new variety of safflower Sashok. The technology of cultivating safflower is generally accepted for the Lower Volga region. To achieve the goal, the following micronutrient fertilizers were studied: Ultamag Bor, Biostim Rost Proizvodstvo AO Shchelkovo Agrokhim. The parameters of photosynthetic indicators were determined according to the method developed by A.A. Nicheporovich. The coefficient of utilization of photosynthetically active radiation by plants according to the method of H.G. Tooming. The processing of yield data was carried out by the method of dispersion analysis. The maximum values of the safflower photosynthetic activity indicators were in the variants with micro fertilizers Ultamag Bor 30 g + Biostim Rost 30 g / 10 l of water — the photosynthetic potential in the “flowering” phase was higher than in the control variant by 2825.9 thousand m² per day / ha, the potential yield was 1.03 t / ha. The actual yield of safflower of the dye variety Sashok with the use of a tank mixture of micro fertilizers Ultamag Bor 30 g + Biostim Rost 30 g / 10 l of water in the variant was 1.08 t / ha, which is higher than the potential by 0.05 t / ha. The use of micro fertilizers in safflower crops helps to increase the photosynthetic activity of plants and seed yield. The most effective option with micro fertilizers Ultamag Bor 30 g + Biostim Rost 30 g / 10 l of water.

Keywords: safflower, photosynthesis, leaf surface area, yield, micro fertilizers

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the State assignment FNFE-2022-0010 «Creation of new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, woody and shrub plants with high productivity, quality and increased resistance to adverse environmental factors, new innovative technologies in seed production and nursery production taking into account varietal characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation».

Введение. Увеличение продуктивности сельскохозяйственных растений для решения продовольственной проблемы в мире вызывает необходимость в исследованиях продукционных процессов, связанных с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Продуктивность растений увеличивается в основном из-за фотосинтетических процессов в растениях, за счет чего обеспечивается их рост. Ничепорович А.А. отмечал, что 90–95%

всех веществ для формирования урожайности растений образуется в листьях [13,14]. Фотосинтез является основной деятельностью растений и главным источником их питания, в результате чего создается до 95% биомассы растений [15]. Академик А.А. Жученко писал о фотосинтезе как о наиболее важном для жизнедеятельности растений процессе, позволяющем обеспечить их организмы незаменимыми веществами и способствовать на

земле процессам жизни. [2,7,14]. Установлено, что урожайность зависит от продуктивности фотосинтеза и включает суммарную площадь листьев, которая изменяется от метеорологических условий среды произрастания и агротехнических мероприятий (ширина междурядий, норма высева семян и пр.). Причем изменение указанных выше агроприемов выращивания влияет и на длительность межфазных периодов.

Сафлор красильный, происходящий из мест с жарким и засушливым климатом, успешно выращивается в климатических условиях Нижневолжского региона, характеризующегося высокой степенью аридизации и постоянным недостатком увлажнения [20, 21, 22, 23, 24].

Для увеличения урожайности семян сафлора красильного в природно-климатических условиях Нижневолжского региона необходимо оптимальное сочетание всех технологических элементов, в том числе использование микроудобрений для максимально эффективного фотосинтетического процесса.

Цель исследований. Оценить показатели фотосинтетической деятельности сафлора красильного на его продуктивность в зависимости от использования микроудобрений.

Объектом исследования является культура сафлора красильного в посевах агроландшафтов в Нижневолжском регионе.

Материалы и методы. Исследования по анализу фотосинтетической активности сафлора красильного с использованием микроудобрений проводились в 2022-2024 гг. на опытном поле ФНЦ агроэкологии РАН, в Камышинском районе Волгоградской области. В исследованиях высевался сорт сафлора красильного Сашок. Опыт был заложен в соответствии с методикой полевого опыта Доспехова Б.А. [4]. Участок, с посевами расположен в сухой степи

р. Волга на высоте 130 м над уровнем моря. Климат участка резко континентальный, с максимальной летней температурой +45, зимней — до -41 С. [19]. Почва опытного участка среднесуглинистая, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса -1,8-2,4%, в слое 0-30 см: валового фосфора и азота 0,11 и 0,06%. Делянки с посевами располагались в трех повторностях на площади 300 м. Технология возделывания сафлора красильного общепринятая для Нижневолжского региона [1].

В качестве основной обработки почвы проводилась отвальная вспашка на глубину 20-22 см в конце августа — начале сентября. Весной — покровное боронование в два следа и предпосевная культивация. Посев — ранний, по мере наступления физической спелости почвы. При севе сафлора было внесено комплексное удобрение Нитроаммофоска из расчета 50 кг/га. Перед посевом проведено протравливание семян баковой смесью инсектицидного протравителя, фунгицида и микроудобрения: Имидор Про КС 10 г+Титул Дуо 10 г+ Биостим Стар 10 г на 10 л воды.

Наиболее рентабельный способ улучшить качество семян и увеличить их количество — использование микроудобрений. В опыте на протяжении периода исследований во второй декаде апреля высевались семена сафлора красильного по схеме (рис.1).

Внекорневая обработка растений сафлора в фазу «бутониизации», 29-30.06. (рис. 1) проводилась в вариантах опыта:

1. Микроудобрение Ультамаг Бор 30г/10 л воды;
2. Баковая смесь микроудобрений Ультамаг Бор 30 г + Биостим Рост 30 г на 10 л воды.
3. Контрольный вариант без обработок.

Вегетационный период сафлора в 2022-2024 годах в среднем составил 106-114 дней. Согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова и Государственного сортоиспытания были выполнены все необходимые наблюдения и учеты, заложен полевой опыт. Структура урожая определялась методом отбора и анализа снопового материала с учетных делянок, с последующим перерасчетом данных на 1 га. Потенциальная урожайность сафлора красильного рассчитана по формуле:

$$Q_{\text{ФАР}} * K_{\text{ФАР}} = U * C * 100, \text{ где} \quad (1)$$

$Q_{\text{ФАР}}$ — приход ФАР за период вегетации культуры;

$K_{\text{ФАР}}$ — коэффициент использования (КПД) ФАР;

U — урожайность абсолютно сухой биомассы, кг/га;

C — калорийность сухого вещества (кДж / кг сухой биомассы) [13].

Обработка статистических данных по урожайности проводилась методом дисперсионного анализа в программе Microsoft World 8.

Параметры фотосинтетических показателей определялись по методике, разработанной и описанной Ничепоровичем А.А. [14]. Коэффициент использования растениями фотосинтетически активной радиации рассчитывался по методике Х.Г. Тооминга [13].

Результаты исследований. Метеорологические условия опытного участка в период вегетации сафлора и формирования семян в течение 2022-2024 гг. складывались неоднородно и имели характеристику разной степени засушливости. В 2022 году ГТК составил 0,8, 2023 г. — 0,37, 2024 г. — 0,78 [9].

В начальный период роста сафлора красильного с момента всходов площадь листьев нарастала медленно, так как в это время шло активное развитие корневой системы в глубину (рис.2).

В этот период на всходах все листья имели одинаковый размер от 2,5 до 2,8 см². Листья, равные по площади, были во время фазы «розетка», а в фазу «бутониизация» ситуация изменилась в связи с тем, что была осуществлена внекорневая обработка посевов микроудобрениями (табл. 1).

Данными исследователей фотосинтетической активности сафлора в Среднем Поволжье установлено [17], что площадь листьев изменяется, увеличиваясь в зависимости от использования микроудобрений. Максимальные значения площади листьев сафлора с внекорневым внесением микроудобрений в посевах сафлора и у всех масличных культур в Среднем Поволжье [6, 17]. Максимальное значение листовой поверхности достигает в фазу «цветение» в нашем опыте. Из представленных данных о площади листьев сафлора сорта Сашок, можно увидеть, что наибольший показатель был в вариантах опыта с микроудобрениями Ультамаг Бор 30 г/10 л воды 356,3 тыс.м²/га и смесью микроудобрений Ультамаг Бор 30 г+Биостим Рост 30 г/л/10 л. воды 569,1 тыс.м²/га (табл. 1). Стоит заметить, что внекорневая обработка

Контроль, 25 кг/га	Норма высева 25 кг/га	Норма высева 25 кг/га
Без обработок	Микроудобрение Ультамаг Бор 30г/10 л воды	Микроудобрение Ультамаг Бор 30 г + Биостим Рост 30 г / 10 л воды.

Рисунок 1. Схема расположения опытных делянок применения микроудобрений при выращивании сафлора красильного

Figure 1. Layout of experimental plots for the use of micro fertilizers in growing safflower



Рисунок 2. Всходы сафлора 24-26 апреля 2024 г

Figure 2. Safflower seedlings April 24-26, 2024

Таблица 1. Площадь листьев у сорта сафлора красильного Сашок по фазам развития
Table 1. Leaf area of the safflower variety Sashok by development phases

Варианты	Площадь листьев по фазам развития, тыс.м ² /га			
	розетка	бутониизация	цветение	спелость
Контроль	222,2	356,3	271,9	212,8
Ультамаг Бор 30г/10 л воды	222,2	356,3	356,3	216,3
Ультамаг Бор 30 г+Биостим Рост 30 г/л/10 л. воды	222,2	356,3	569,1	202,4
НСР _{0,5}	3,3	5,3	5,9	3,1



посевов сафлора увеличила ассимиляционный аппарат у растений в течение всей вегетации относительно контрольного варианта (табл.1). Все варианты с микроудобрениями развили ассимиляционный аппарат у растений больше, чем в варианте без обработки. При наступлении фазы «спелость» площадь листьев начала уменьшаться.

Значения фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности — важные значения, отражающие процесс формирования урожая (табл. 2).

Наблюдениями определено, что наиболее стабильный показатель фотосинтеза, который меньше других изменяется в зависимости от условий периода вегетации — чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). В наших наблюдениях он изменяется от 0,3 до 0,32 г/м² в сутки. Наибольший показатель ЧПФ в опыте в варианте с использованием микроудобрений в баковой смеси Ультамаг Бор 30г + Биостим Рост 30 г/л/10 л. воды, это отражено в таблице 2.

Величина фотосинтетического потенциала (ФП), изменялась в пределах от 2819,8 до 5645,7 тыс. м². в сутки/га (табл. 2). Максимальная величина фотосинтетического потенциала была в варианте с применением в баковой смеси микроудобрений Ультамаг Бор 30 г+Биостим Рост 30 г/л 10 литров воды, что выше, чем у контрольного варианта на 2825,9 тыс. м² в сутки/га. Рост фотосинтетического потенциала произошел за счет увеличения ассимиляционного аппарата растений, вследствие применения микроудобрений.

Индекс листовой поверхности (ИЛП) был близок к оптимальным показателям растений и изменялся от 4 до 5, так как они были обеспечены влагой и питательными веществами. В посевах сафлора красильного микроудобрения увеличивали этот показатель и можно сделать вывод, что использование микроудобрений положительно влияет на пищевой режим растений сафлора красильного.

Наибольший показатель индекса листовой поверхности листа (ИЛП) в опыте был в варианте с микроудобрениями Ультамаг Бор 30 г + Биостим Рост 30 г/л/10 л воды — 3,77, что выше, чем у контрольного варианта на 0,72, или на 19,1%.

По литературным источникам определено, что значение КПД фотосинтеза сельскохозяйственных посевов может составлять от 0,3 до 1 [6,17,18]. В посевах сафлора КПД фотосинтеза в контрольном варианте составил 0,4, но при обработке посевов микроудобрениями значения его увеличились до 0,5 на всех вариантах опыта. Эффективная работа растений сафлора с применением микроудобрений увеличивается, КПД возрастает с 0,4 до 0,5. Показатели фотосинтетической активности сафлора в зависимости от применения микроудобрений в опыте, проведенном в Среднем Поволжье и нами, схожи. Индекс листовой продуктивности имеет в рассмотренных случаях значения, характеризующие обеспеченность посевов влагозапасами в почве и элементами минерального питания, как оптимальные для роста [17]. Важный показатель фотосинтетической активности сафлора — чистая продуктивность фотосинтеза, которая с внесением микроудобрений увеличивается от 0,3 до 0,32 до г/м² в сутки.

Полученные результаты опыта по испытанию микроудобрений были обработаны методом дисперсионного анализа и представлены в таблице 3.

Таблица 2. Показатели фотосинтетической деятельности сафлора в зависимости от применения микроудобрений

Table 2. Photosynthetic activity indicators of safflower depending on the use of micronutrients

Вариант	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² в сутки/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сутки	Индекс листовой поверхности	КПД фотосинтеза
Контроль	2819,8	0,3	3,05	0,4
Ультамаг Бор 30г/10 л. воды	4511,6	0,31	3,57	0,5
Ультамаг Бор 30 г+Биостим Рост 30 г/л/10 л. воды	5645,7	0,32	3,77	0,5

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа урожая в испытании применения микроудобрений в посевах сафлора красильного в 2022-2024 гг.

Table 3. Results of the analysis of variance of the yield in the trial of the use of micro fertilizers in safflower crops in 2022-2024

Вариант	Доля влияния фактора, %	Степень свободы (df)	Средний квадрат (ms)	Критерий Фишера (F)	P-Значение	F критическое
Фактор А (микроудобрения)	0,09	1	0,09	100	0,063451035	161,4476387
Фактор В (сорт сафлора)	0	1	0	0	1	161,4476387
Случайные отклонения	0,0009	1	0,0009	-	-	-

Таблица 4. Экономическая эффективность применения микроудобрений в 2022-2024 гг.

Table 4. Economic efficiency of using micro fertilizers in 2022-2024

Показатель	Ед. измерения	Контроль	Ультамаг Бор 30г/10 л/10 л воды	Ультамаг Бор 30 г+Биостим Рост 30 г/л/10 л воды
Урожайность	т/га	0,6	0,75	1,08
Цена реализации 1т	руб.	18452	18452	18452
Выручка от реализации	руб./га	11071,2	13839	19928,16
Затраты	руб./га	6525	6725	6980
Чистый доход	руб./га	4546,2	7114	12948,16
Рентабельность	%	69,7	105,8	185,5

Достоверность результатов опыта определена дисперсионным анализом. Установленная гипотеза H₀ для рассмотрения, что использование микроудобрений не оказывает влияние на урожайность сафлора красильного (фактор А). В результате дисперсионного анализа данных об урожае выяснили, что F_{крит} = 161,4476387, а наблюдаемое значение фактор А в опыте F=100 и находится в области значимости наблюдаемых факторов. С вероятностью 95% гипотеза о незначимости использования микроудобрений в посевах сафлора красильного отклоняется. Результаты опыта значимы, степень влияния микроудобрений на урожайность сафлора красильного 99%. Фактор «сорт» имеет незначительное влияние 0,99%, Остальные производственные факторы в опыте с использованием микроудобрений составляют около 0,01%.

Конечным этапом в процессе фотосинтеза является получение урожайности. Потенциальная урожайность по всем вариантам опыта составила 1,03 т/га (1). Фактическая урожайность сафлора красильного сорта Сашок с применением микроудобрений по вариантам составила в контрольном варианте, без обработки микроудобрениями 0,6 т/га, а с микроудобрениями — 0,75 и 1,08 т/га (табл. 4). Самая высокая урожайность семян сафлора красильного была получена в варианте Ультамаг Бор 30 г + Биостим Рост 30 г/л/10 л воды — 1,08 т/га (табл. 4).

Более низкая урожайность семян сафлора была получена в варианте с использованием

микроудобрений Ультамаг Бор 30г/10 л воды 0,75 т/га, ниже потенциальной на 0,28 т/га. Контрольный вариант позволил получить урожайность семян сафлора 0,6 т/га, что ниже потенциальной урожайности на 0,43 т/га.

Таким образом, баковая смесь микроудобрений Ультамаг Бор 30г+Биостим Рост 30 г/л/10 л воды способствует формированию такого посева, который будет эффективно и рационально использовать в своей жизнедеятельности приход ФАР для формирования большей урожайности семян, чем в других вариантах и будет получена урожайность выше потенциальной на 0,05 т/га.

Область применения результатов. Полученные результаты могут использоваться для производства семян сафлора. Использование микроудобрений будет способствовать получению более высокого урожая семян. В наиболее эффективном варианте, с использованием микроудобрений Ультамаг Бор 30 г+Биостим Рост 30 г/л на 10 л воды, семян получают на 0,48 т/га больше, чем в контрольном варианте, с экономической эффективностью 185,5%.

Заключение. Применение микроудобрений в посевах сафлора красильного способствует повышению фотосинтетической активности растений и, как следствие, продуктивности. Наиболее эффективным был вариант с использованием микроудобрений Ультамаг Бор 30г+Биостим Рост 30 г/л/10 л воды, и получена урожайность семян сафлора 1,08 т/га, что выше урожайности в контрольном варианте на 0,48 т/га.





Список источников

1. Беляков А.М., Солонкин А.В., Бабаян Л.А. и др. (2012). Региональная адаптивно-ландшафтная система земледелия Нижнего Поволжья. Волгоград: Рос. акад. с.-х. наук, Нижне-Волж. науч.-исследоват. ин-т сел. хоз-ва, 2012. С. 70-72.
2. Васин В.Г., Бурунов А.Н., Михалкин Н.Г. Показатели фотосинтеза ячменя и урожайность при комплексном применении удобрений и стимуляторов роста // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4.
3. Горянин О.И., Обущенко С.В., Джангабаев Б.Ж., Щербинина Е.В., Пронович Л.В. Эффективность применения удобрений в засушливых условиях Поволжья // Земледелие. 2020. № 8.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
5. Дружинин В.Г., Прахова Т.Я. Фотосинтетическая деятельность сафлора красильного в зависимости от применения микроудобрений // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4. С. 367-370.
6. Еськова О.В., Есков С.В. Влияние доз азотных удобрений на урожайность посевов сафлора красильного (*carthamus tinctorius*) в предгорном Крыму // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2015. № 3 (166).
7. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. С. 45-46.
8. Зайцева Н.А., Ячменева Е.В., Климова И.И., Дьяков А.С. Продуктивность сафлора красильного в различных по влагообеспеченности условиях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 143-151.
9. Зинковский В.Н., Зинковская Т.С. Учёт атмосферных осадков при агрометеорологических расчётах // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 5 (71). С. 130-135.
10. Иванов В.М., Толмачёв В.В. Урожайность и качество маслосемян сафлора красильного в зависимости от технологии посева в Волгоградском Заволжье // Известия НВ АУК. 2010. № 4. С. 38-42.
11. Кулешов А.М. Урожайность сортов сафлора в условиях Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2020. № 1. С. 35-38.
12. Кшникаткина А.Н., Прахова Т.Я., Крылов А.П. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность масличных культур в условиях Средневолжского региона // Нива Поволжья. 2018. № 2 (47). С. 65-69.
13. Можяев Н.И., Серикаев Н.А., Стыбаев Г.Ж. Программирование урожая сельскохозяйственных культур. Астана: Фолиант, 2013. 160 с.
14. Ничипорович А.А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. М., 1969. 48 с.
15. Плещакчев Ю.Н., Воронов С.И., Магомедова Д.А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 19-24.
16. Прахова Т.Я. Влияние стимуляторов роста на урожайные свойства масличных культур в условиях Среднего Поволжья // МСХ. 2022. № 4.
17. Прахова Т.Я., Дружинин В.Г. Влияние микроудобрений серии Изagri на продуктивность сафлора (*Carthamus tinctorius*). Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. № 53(5). С. 31-39. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-5-4

18. Прахова Т.Я., Кшникаткина А.Н., Щанин А.А. Урожайные свойства и адаптивность сортов сафлора в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2020. № 2 (55). С. 46-51.

19. Сажин А.Н., Кулик К.Н., Васильев Ю.И. Погода и климат Волгоградской области. Эд.2-й, переработанный и дополненный. Волгоград. Федеральный научный центр агроэкологии РАН. 2017. С. 81-134.

20. Солонкин, А. В. Агроэкономическая оценка влияния способов посева и норм высева семян сафлора красильного в Волгоградской области // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, № 5. С. 187-200. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-933. EDN JTDYDD.

21. Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamustinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в Центральной степи Крыма (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1 (21). С. 100-121. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121.

22. Pugacheva A.M. Climatic fluctuations of dry steppes and their role in the demutation process. Arid ecosystems. 2020. № 3. 84 P. 14-22. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10102

23. Solonkin A.V., Sukhareva E.P., Belikina The Effect of Fertilizers and Growth Regulators on the Productivity of Safflower (*Carthamus tinctorius*L.) in the Dry Climate of Russia // Indian Journal of Agricultural Research. . 2024. 58(4). P. 622-626. DOI: 10.18805/IJARE.AF-868.

24. Solonkin A.V. The Effect of Fertilizers and Growth Regulators on the Productivity of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the Dry Climate of Russia // Indian Journal of Agricultural Research. 2024. Vol. 58, №. 4. P. 622-626. DOI: 10.18805/IJARE.AF-868. EDN DPKVDR.

25. Solonkin A.V., Sukhareva E.P., Belikina A.V. The Influence of Seeding Rates on Crop Infestation and Safflower Yield // Indian Journal of Agricultural Research. 58(6): 1175-1180. DOI: 10.18805/IJARE.AF-887.

References

1. Belyakov A.M., Solonkin A.V., Babayan L.A. (2012). Regional adaptive-landscape farming system of the Lower Volga region. Volgograd: Russian Academy of Agricultural Sciences [Regional adaptive-landscape farming system of the Lower Volga region. Volgograd: Russian Academy of Agricultural Sciences, Lower Volga Research Institute of Agriculture], Lower Volga Research Institute of Agriculture.
2. Vasin V.G., Burunov A.N., Mikhalkin N.G. Burunov A.N., Mikhalkin N.G. (2021). Barley photosynthesis' indicators and crop yield with the integrated use of fertilizers and growth stimulants. *Journal of Samara State Agricultural Academy*, no. 4.
3. Goryanin O.I., Obushchenko S.V., Dzhangabaev B.Zh., Shcherbinina E.V., Pronovich L.V. (2020). Efficiency of fertilizer application in arid conditions of the Volga region. *Agriculture*, no. 8.
4. Dospikhov B.A. (1985). The methodology of the fields' experiment, Moscow, *Agropromizdat*.
5. Druzhinin V.G., Prakhova T.Ya. (2022). Photosynthetic activity of safflower with depending on the use of micro fertilizers, *International Agricultural Journal*, no. 4, p. 367-370.
6. Eskova O.V., Eskov S.V. (2015). Effect of nitrogen fertilizer doses on the yield of safflower crops (*carthamus tinctorius*) in the foothills of Crimea, *News of the agricultural science of Tavriya*, no. 3 (166).
7. Zhuchenko A.A. (2001). Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic foundations), Moscow, *RUDN University Press*, vol. 1, pp. 45-46.
8. Zaitseva N.A., Yachmeneva E.V., Klimova I.I., Dyakov A.S. (2021). Productivity of safflower in different moisture

conditions, *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*, 2 (62), p. 143-151.

9. Zinkovskiy V.N., Zinkovskaya T.S. (2018). Accounting of atmospheric precipitation in agro-meliorative calculations, *International Research Journal*, no. 5 (71), p. 130-135.

10. Ivanov V.M., Tolmachev V.V. (2010). Yield and quality of safflower oilseeds depending on sowing technology in the Volgograd Trans-Volga region, *Izvestia nva uk*, no. 4, p. 38-42.

11. Kuleshov A.M. (2020). Yield of safflower varieties in the Volgograd region. *Scientific and agronomic journal*, no 1, p. 35-38.

12. Kshnichatkina A.N., Prakhova T.Ya., Krylov A.P. (2018). Photosynthetic activity and productivity of oil crops in the conditions of the Middle Volga region. *Niva Povolzhya*, no. 2 (47), p. 65-69.

13. Mozhaev N.I., Serikpaev N.A., Stybaev G.Zh. (2013). Programming yields of agricultural crops, *Astana, Foliant*.

14. Nichiporovich A.A. (1969). Methodical instructions for accounting and control of the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops, Moscow.

15. Pleskachev Yu.N., Voronov S.I., Magomedova D.A. (2020). Elements of cultivation technology of various varieties of safflower. *Izvestiya NV AUK*, no. 3 (59).

16. Prakhova T.Ya. (2022). Influence of growth stimulants on the yield properties of oilseeds in the Middle Volga region. *Moscow Agricultural University*, no. 4.

17. Prakhova T.Ya., Druzhinin V.G. (2023). Influence of Izagri series microfertilizers on the productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Influence of Izagri series microfertilizers on the productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, 53 (5), p. 31-39. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-5-4.

18. Prakhova T.Ya., Kshnichatkina A.N., Shchanin A.A. (2020). Yield properties and adaptability of safflower varieties in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Niva Povolzhye*, 2 (55), pp. 46-51.

19. Sazhin A.N., Kulik K.N., Vasiliev Yu.I. (2017). Weather and climate of the Volgograd region. Federal Scientific Center for Agro-Ecology RAS, pp. 81-134.

20. Solonkin, A. V. (2023). Agroecological assessment of the impact of sowing methods and seeding rates of safflower seeds in the Volgograd region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, vol. 15, no. 5, p. 187-200. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-933.

21. Turina E.L. (2020). The importance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and justification of the relevance of research with it in the Central Steppe of Crimea (review). *Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science*, no. 1 (21), p. 100-121. doi: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121.

22. Pugacheva A.M. (2020). Climatic fluctuations of dry steps and their role in the demutation process. *Arid ecosystem*, 3, 84, P. 14-22. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10102.

23. Solonkin, A.V., Sukhareva E.P., Belikina (2024). The Effect of Fertilizers and Growth Regulators on the Productivity of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the Dry Climate of Russia. *Indian Journal of Agricultural Research*, 58(4), p. 622-626. DOI: 10.18805/IJARE.AF-868.

24. Solonkin A.V., Sukhareva E.P., Belikina A.V. (2024). The Effect of Fertilizers and Growth Regulators on the Productivity of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the Dry Climate of Russia. *Indian Journal of Agricultural Research*, Vol. 58, no. 4, P. 622-626. DOI: 10.18805/IJARE.AF-868.

25. Solonkin A.V., Sukhareva E.P., Belikina A.V. (2024). The Influence of Seeding Rates on Crop Infestation and Safflower Yield. *Indian Journal of Agricultural Research*, 58(6): 1175-1180. DOI: 10.18805/IJARE.AF-887.

Информация об авторах:

Солонкин Андрей Валерьевич, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора, руководитель селекционно-семеноводческого центра древесных и кустарниковых пород, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, AuthorID 822657, solonkin-a@v fanc.ru

Сухарева Елена Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1083-3650>, AuthorID 1004877, lena.sukhareva.60@mail.ru

Беликина Анна Васильевна, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6576-3226>, AuthorID 666862, belikina-a@v fanc.ru

Information about the authors:

Andrey V. Solonkin, doctor of agricultural sciences, deputy director, head of the selection and seed center for tree and shrub species, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, AuthorID 822657, solonkin-a@v fanc.ru

Elena P. Sukhareva, candidate of agricultural sciences, senior researcher, laboratory of selection, seed production and nursery, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1083-3650>, AuthorID 1004877, lena.sukhareva.60@mail.ru

Anna V. Belikina, researcher of the laboratory of selection, seed production and nursery, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6576-3226>, AuthorID 666862, belikina-a@v fanc.ru