



Научная статья

УДК 633.85:631:526.32

doi: 10.55186/25876740_2022_65_4_367

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ

В.Г. Дружинин¹, Т.Я. Прахова²

¹Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

²Федеральный научный центр лубяных культур — Обособленное подразделение «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Лунино, Пензенская область, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ фотосинтетической деятельности сафлора красильного и его продуктивности в зависимости от применения микроудобрений. Исследования проводились в 2019-2021 гг. Объектом исследований являлся сафлор красильный сорта Ершовский 4. Использование микроэлементных удобрений повышает фотосинтетическую активность посевов сафлора красильного. Применение микроудобрений способствовало увеличению площади ассимиляционной поверхности на 5,2-11,9 %, фотосинтетического потенциала — на 2,8-8,8 % и чистой продуктивности фотосинтеза — на 1,5-4,9 %. Коэффициент полезного действия фотосинтеза сафлора увеличивался до 1,24-1,46. В начальный период роста сафлора площадь листьев нарастает медленно и составляет 7,72-9,82 тыс. м²/га. В фазе бутонизации площадь листовой поверхности увеличивается до 17,61-19,11 тыс. м²/га, и максимум ее достигается в фазе цветения (26,72-29,92 тыс. м²/га), затем существенно снижается в период спелости и составляет 8,41-9,26 тыс. м²/га. Наибольшая площадь листьев сформировалась на варианте с обработкой семян препаратами Гумат+7 и Агроверм, превышение составило 3,08-3,20 тыс. м²/га. Максимальная величина фотосинтетического потенциала отмечена на варианте с применением Гумат+7 (1735,5 тыс. м²/га в сутки). Наибольший показатель чистой продуктивности фотосинтеза (4,27 и 4,29 г/м² в сутки) сформировался на вариантах с обработкой микроудобрениями Агроверм и Изагри Вита. Коэффициент использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) сафлором составлял от 1,08 до 1,22 в зависимости от применяемых препаратов при 1,04 в контрольном варианте. Наилучшее использование растениями сафлора ФАР отмечено на вариантах с применением Агроверма и Изагри Виты — 1,21 и 1,22 % соответственно. Продуктивность семян сафлора в среднем за 2019-2021 гг. составила 1,28-1,48 т/га. Применение микроудобрений способствовало увеличению урожайности, прибавка составила от 0,02 до 0,20 т/га. Наиболее эффективными были варианты с применением препаратов Агроверм и Изагри Вита, которые обеспечили получение наибольшей урожайности семян — 1,42 и 1,48 т/га соответственно. Это составило 67,9 и 69,7 % от потенциальной возможной урожайности сафлора. Применение препарата Мегамикс дало несущественную прибавку урожайности — на 0,02 т/га, при наименьшей существенной разнице 0,06 т/га.

Ключевые слова: сафлор красильный, микроудобрения, фотосинтетическая деятельность, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008). Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку статьи.

Original article

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SAFFLOWER TINCTORIAL DEPENDING ON THE USE OF MICROFERTILIZERS

V.G. Druzhinin¹, T.Ya. Prakhova²

¹Penza State Agrarian University, Penza, Russia

²Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division

“Penza Research Institute of Agriculture”, Lunino, Penza region, Russia

Abstract. The article presents an analysis of the photosynthetic activity of safflower tinctorial and its productivity depending on microfertilizers. The studies were carried out in 2019-2021. The object of research was safflower tinctorial variety Ershovsky 4. The use of microelement fertilizers increases the photosynthetic activity of crops safflower tinctorial. The use of microfertilizers contributed to an increase in the assimilation surface area by 5.2-11.9 %, the photosynthetic potential by 2.8-8.8 % and the net productivity of photosynthesis by 1.5-4.9 %. The efficiency of safflower photosynthesis increased to 1.24-1.46. In the initial period of safflower growth, the leaf area increases slowly and amounts to 7.72-9.82 thousand m²/ha. In the budding phase, the leaf surface area increases to 17.61-19.11 thousand m²/ha, and reaches its maximum in the flowering phase (26.72-29.92 thousand m²/ha). Then it significantly decreases during the ripening period and amounts to 8.41-9.26 thousand m²/ha. The largest leaf area was formed on the variant with seed treatment with Gumat+7 and Agroverm, the excess amounted to 3.08-3.20 thousand m²/ha. The maximum value of the photosynthetic potential was noted in the variant with the use of Humat+7 (1735.5 thousand m²/ha per day). The highest indicator of net productivity of photosynthesis (4.27 and 4.29 g/m² per day) was formed on the variants with microfertilizers Agroverm and Izagri Vita. The coefficient of use of PAR by safflower ranged from 1.08 to 1.22, depending on the drugs used, with 1.04 in the control variant. The best use of PAR safflower by plants was noted in the variants with the use of Agroverm and Izagri Vita — 1.21 and 1.22 %. The productivity of safflower seeds on average for 2019-2021 was 1.28-1.48 t/ha. The use of microfertilizers contributed to an increase in yield, the increase was from 0.02 to 0.20 t/ha. The most effective were the variants with the use of preparations Agroverm and Izagri Vita, which ensured the highest seed yield — 1.42 and 1.48 t/ha, respectively. This amounted to 67.9 and 69.7 % of the potential possible yield of safflower. The use of the Megamix preparation gave an insignificant increase in yield, by only 0.02 t/ha, with the smallest significant difference of 0.06 t/ha.

Keywords: safflower tinctorial, microfertilizers, photosynthetic activity, leaf area, photosynthetic potential, net productivity of photosynthesis

Acknowledgments: 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 the Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008). The author thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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].

Повышение продуктивности растений обеспечивается балансом двух основных процессов их жизнедеятельности — фотосинтеза и роста. А.А. Ничипорович [2, 3] в своих работах отмечал, что рост урожайности обеспечивают такие посева, которые способны наиболее эффективно использовать энергию фотосинтетически активной радиации (ФАР) с высоким коэффициентом полезного действия. В свою очередь, А.А. Жученко писал, что процесс фотосинтеза является первоисточником жизненно важных элементов и именно благодаря фотосинтезу обеспечивается энерго- и массонакопление, круговорот азота, углерода, кислорода, водорода и другие жизнеобеспечивающие процессы на земле [4]. Кроме этого, многие исследователи отмечают высокую способность растительных фотосинтезирующих систем к адаптивным изменениям в варьирующих условиях среды [5, 6].

Продуктивность фотосинтеза растений определяется двумя главными показателями: суммарной площадью листьев (ассимилирующей поверхности) и интенсивностью фотосинтетических процессов на единицу площади листьев, от функционирования которых зависит в целом онтогенез растений и, в конечном счете, урожайность культуры [7, 8].

Площадь листьев — мобильный показатель фотосинтетической деятельности растений, который в значительной степени изменяется под воздействием агрометеорологических условий и агротехнических приемов возделывания, в том числе и от применения микроудобрений и регуляторов роста [3, 9]. При этом последние влияют не только на размер ассимиляционной поверхности растений, но и на продолжительность ее функционирования [6, 10]. На динамику развития листовой поверхности и фотосинтетическую деятельность посевов в целом большое влияние оказывают биологические особенности самой культуры.

Сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) является одной из перспективных масличных культур, семена которого и продукты их переработки играют важную роль в продовольственном комплексе страны [11]. Говоря о достоинствах сафлора, следует отметить его значение как одного из источников растительного масла, содержание которого в семенах достигает 35-38% [12]. Масло сафлора относится к полувывсыхающим и содержит до 80-90% линолевой, 7-8% олеиновой и до 5,5-6,0% пальмитиновой жирных кислот и широко используется в пищевой и технической промышленности [13, 14].

Биология сафлора полностью соответствует условиям микрозон засушливого климата, он является одной из самых жаростойких и засухоустойчивых культур. Но при этом — это растение-ксерофит, и его выращивание актуально и в условиях континентального климата [12, 15].

Для получения высокой урожайности семян сафлора необходимо оптимальное сочетание всех элементов технологии его возделывания, в том числе и применение микроэлементных удобрений.

Целью исследований был анализ показателя деятельности фотосинтетического аппарата сафлора красильного и его продуктивности в зависимости от применения микроудобрений.

Методика исследований. Исследования проводились в 2019-2021 гг. на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Объектом исследований являлся сафлор красильный сорта Ершовский 4.

Закладка опыта, все фенологические наблюдения, учеты и оценка урожайности сафлора проводились в соответствии с методическими указаниями по проведению опытов с масличными культурами [16]. В опыте изучалось использование микроэлементных удобрений в качестве предпосевной обработки семян: Гумат+7 (1,0 л/т), Циркон (1,0 л/т), Агроверм (1,0 л/т), Изагри Вита (1,0 л/т) и Мегамикс — Семена (1,0 л/т).

Посев сафлора проводили согласно оптимальным технологическим параметрам: срок посева — ранний (1 декада мая), способ посева — рядовой, норма высева составляла 0,3 млн всхожих семян/га.

Вегетационный период сафлора красильного в 2019 г. протекал в засушливых условиях (ГТК 0,65). Условия 2020 г. были отмечены как более благоприятные (ГТК 0,75), чем в предыдущем году. Период вегетации 2021 г. характеризовался как умеренно засушливый (ГТК 0,86).

Определение параметров фотосинтетических показателей (площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал (ФП), чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), индекс листовой поверхности, коэффициент полезного действия фотосинтеза) проводили согласно методике, описанной А.А. Ничипоровичем [17].

Коэффициент использования растениями фотосинтетически активной радиации (ФАР) рассчитывали по методике Х.Г. Тооминга [18]. Величину потенциальной урожайности рассчитывали путем отношения суммы ФАР за период вегетации культуры и калорийности органического вещества единицы урожая, умноженных на соответствующие коэффициенты [19].

Результаты исследований. В начальный период роста сафлора (фаза розетки) площадь листьев нарастает очень медленно, их ассимиляционная поверхность составляла 7,72-9,82 тыс. м²/га в зависимости от применения микроудобрений (табл. 1).

Наибольшая площадь листьев сформировалась на варианте с обработкой семян препаратами Изагри Вита и Гумат+7 и составила 9,44 и 9,82 тыс. м²/га и превышала контрольный ва-

риант без обработки на 1,72 и 2,10 тыс. м²/га соответственно. Далее было отмечено, что площадь листовой поверхности у сафлора увеличивается в фазе бутонизации до 17,61-19,11 тыс. м²/га, и максимум ее достигается в фазе цветения (26,72-29,92 тыс. м²/га), затем существенно снижается в течение спелости сафлора до 8,41-9,26 тыс. м²/га, независимо от обработки растений препаратами.

Однако следует отметить, что применение микроудобрений увеличивало развитие ассимиляционной поверхности растений сафлора в течение всего периода вегетации относительно варианта без обработки.

Так, наибольшая площадь листьев (19,11 тыс. м²/га) в фазе бутонизации отмечена на фоне применения Агроверма. В фазе цветения существенное увеличение ассимиляционной поверхности относительно контрольного варианта было на фоне препаратов Гумат+7 и Агроверм, превышение составило 3,08-3,20 тыс. м²/га. Также на данных вариантах отмечена и максимальная площадь листовой поверхности в фазе спелости (9,11 и 9,26 тыс. м²/га) при 8,28-8,43 тыс. м²/га на других вариантах. Вероятно, здесь более медленно происходит подсыхание биомассы и отмирание листьев нижнего и среднего ярусов, при этом на остальных вариантах происходит более интенсивное засыхание и сбрасывание листьев.

Регуляторы роста воздействуют не только на размер ассимилирующей поверхности растений, но и на продолжительность ее функционирования, а следовательно, на фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза. Величина фотосинтетического потенциала (ФП) сафлора варьировала в пределах от 1594,9 до 1735,5 тыс. м² в сутки/га (табл. 2).

Максимальная величина фотосинтетического потенциала отмечена на варианте с применением Гумат+7, что превышало контрольный вариант без обработки на 140,6 тыс. м²/га в сутки и было выше на 22,8-34,7 тыс. м²/га в сутки относительно вариантов с обработкой препаратами Агроверм и Изагри Вита. При этом на вариантах с применением последних отмечен наибольший показатель чистой продуктивности фотосинтеза (4,27 и 4,29 г/м² в сутки), вероятно данные препараты способствуют более интенсивному изменению сухой биомассы растений, которое синтезирует листовая поверхность за сутки в период вегетации растений.

Как известно, чистая продуктивность фотосинтеза — наиболее стабильный показатель фотосинтеза, который меньше других изменяется в зависимости от условий периода вегетации.

Таблица 1. Динамика площади ассимиляционной поверхности сафлора в зависимости от применения микроудобрений (2019-2021 гг.)

Table 1. Dynamics of the assimilation surface area of safflower depending on the use of microfertilizers (2019-2021)

Вариант	Площадь листьев по фазам развития, тыс. м ² /га			
	розетка	бутонизация	цветение	спелость
Контроль	7,72	17,61	26,72	8,41
Гумат+7	9,82	18,39	29,80	9,11
Циркон	8,38	18,48	28,81	8,53
Агроверм	8,90	19,11	29,92	9,26
Изагри Вита	9,44	18,03	28,96	8,28
Мегамикс	8,76	17,93	28,11	8,43
НСР ₀₅	1,28	1,18	1,35	1,15



Таблица 2. Показатели фотосинтетической деятельности сафлора в зависимости от применения микроудобрений (2019-2021 гг.)
Table 2. Indicators of photosynthetic activity of safflower depending on the use of microfertilizers (2019-2021)

Вариант	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² в сутки/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/ м ² в сутки	Индекс листовой поверхности	КПД фотосинтеза
Контроль	1594,9	4,09	3,04	1,19
Гумат+7	1735,5	4,16	3,47	1,32
Циркон	1638,5	4,16	3,34	1,25
Агроверм	1712,7	4,27	3,29	1,34
Изагри Вита	1700,8	4,29	3,37	1,46
Мегамикс	1639,4	4,15	3,30	1,24

Таблица 3. Урожайность сафлора в зависимости от применения микроудобрений (2019-2021 гг.)
Table 3. Safflower yield depending on the use of microfertilizers (2019-2021)

Вариант	Коэффициент использования ФАР, %	Потенциальная урожайность, т/га	Фактическая урожайность, т/га	Прибавка к урожаю, т/га
Контроль	1,04	1,87	1,28	-
Гумат +7	1,18	2,07	1,37	0,09
Циркон	1,12	1,95	1,36	0,08
Агроверм	1,21	2,09	1,42	0,14
Изагри Вита	1,22	2,27	1,48	0,20
Мегамикс	1,08	1,92	1,30	0,02
НСР ₀₅	-	-	0,06	-

Так, если площадь листьев сафлора за годы исследований изменялась в зависимости от применения микроудобрений на 11,5-12,0%, фотосинтетический потенциал — на 7,4-8,8%, то чистая продуктивность фотосинтеза — всего на 4,4-4,8% в среднем по вариантам. Прибавка ЧПФ по вариантам составила 0,06-0,20 г/м² в сутки относительно контроля.

Следует отметить, что все-таки листья растений обеспечивают условия для процесса фотосинтеза, поэтому важным показателем, который оказывает существенное влияние на интенсивность этого процесса, является индекс листовой поверхности (ИЛП), по которому можно судить о степени обеспеченности посева водой и элементами минерального питания. В зависимости от культуры и условий произрастания его показатель обычно варьирует от 1 до 7 и выше, при этом установлено, что у большинства сельскохозяйственных растений оптимальный листовой индекс составляет от 4 до 5 [17].

Применение на сафлоре микроэлементных удобрений увеличивало ИЛП по сравнению с контролем. Наибольшее увеличение индекса листовой поверхности наблюдалось на фоне препаратов Гумат+7 и Изагри Вита, который составил 3,47 и 3,37 соответственно, где превышение над контрольным вариантом составило 0,33-0,43.

В целом эффективность фотосинтеза растения характеризует коэффициент полезного действия (КПД) фотосинтеза, который обычно в посевах не высокий и приблизительно равен 1,0%. При оптимальных агротехнических мероприятиях его можно увеличить до 2,0%. В проведенных нами исследованиях КПД фотосинтеза посева сафлора в контрольном варианте составил 1,19, но при обработке семян микроудобрениями значения его увеличились до 1,24-1,46.

По мнению А.А. Ничипоровича, формирование высокого урожая во многом предопределяется способностью растений наиболее эффективно использовать энергию фотосинтетически активной радиации (ФАР) с высоким коэффициентом полезного действия.

В среднем за 3 года исследований продолжительность вегетационного периода сафлора составила 113-119 дней, суммарный приход ФАР составил 108,6-114,4 кДж/см².

Конечным этапом фотосинтетической деятельности посевов является урожайность культуры как фактическая, так и потенциальная, которая реализуется при удовлетворении всех требований биологии культуры в оптимальных агрометеорологических условиях [19].

Коэффициент использования ФАР может служить объективным показателем величины урожая и зависит как от культуры и сорта, так и от элементов технологии возделывания и на практике достигает лишь 0,5-1,0%. В проведенных нами исследованиях коэффициент использования ФАР сафлором составлял от 1,08 до 1,22 в зависимости от применяемых препаратов при 1,04 в варианте без них (табл. 3).

Наилучшее использование растениями сафлора ФАР отмечено на вариантах с применением Агроверма и Изагри Виты — 1,21 и 1,22% соответственно. Вероятно, применение данных препаратов способствует лучшему росту и развитию растений сафлора. На варианте с использованием препарата Мегамикс отмечен самый низкий коэффициент использования ФАР (1,08%), однако и данный вариант хоть и в меньшей степени, но все-таки превышал вариант посева сафлора без обработки.

При оптимальном сочетании идеальных почвенных и метеорологических условий и соблюдении всех элементов агротехнологии складываются такие агроценозы посева культуры, которые в полной мере используют приход фотосинтетически активной солнечной радиации и где может быть достигнута наиболее высокая потенциальная урожайность [18].

Потенциальная урожайность сафлора в проведенных нами исследованиях составляла 1,92-2,27 т/га в вариантах с обработкой микроудобрениями и 1,87 т/га в контрольном варианте. Наиболее высокая урожайность (2,27 т/га) отмечена при использовании препарата Изагри

Вита. Можно сказать, что применение данного удобрения способствует формированию такого посева, который наиболее эффективно и рационально использует суммарный приход ФАР и, как следствие, имеет большие резервы для формирования высокой урожайности.

Соотношение между потенциальной и фактической урожайностью сафлора в исследованиях было достаточно высоким и составило 65,2-69,7%.

Фактическая урожайность семян сафлора в среднем за 2019-2021 гг. составила 1,28-1,48 т/га. Все изучаемые микроудобрения способствовали некоторому увеличению урожайности относительно варианта без обработки, прибавка составила от 0,02 до 0,20 т/га.

Наиболее существенная прибавка урожая семян отмечена на вариантах с обработкой удобрением Агроверм и Изагри Вита, где была получена максимальная урожайность, которая составила 1,42 и 1,48 т/га соответственно. Следует отметить, что на данных вариантах фактическая урожайность составила 67,9 и 69,7% от потенциальной возможности формирования урожайности культуры.

Применение препарата Мегамикс дало незначительную прибавку урожайности — всего на 0,02 т/га при наименьшей существенной разнице 0,06 т/га. Однако на данном варианте был отмечен достаточно высокий процент фактической урожайности (67,2%) от потенциально возможной.

Заключение. Таким образом, при использовании микроэлементных удобрений повышается фотосинтетическая активность посевов сафлора красильного, что способствует созданию благоприятных условий для его роста и развития и, как следствие, продуктивности. Применение микроудобрений способствовало увеличению площади ассимиляционной поверхности на 5,2-11,9%, фотосинтетического потенциала — на 2,8-8,8% и чистой продуктивности фотосинтеза — на 1,5-4,9%. Коэффициент полезного действия фотосинтеза сафлора увеличивался до 1,24-1,46. Наиболее эффективными





были варианты с применением препаратов Агроверм и Изагри Вита, что обеспечило получение наибольшей урожайности семян — 1,42 и 1,48 т/га соответственно.

Список источников

1. Снигирева О.М., Ведерников Ю.Е., Баталова Г.А. Формирование фотосинтетического аппарата яровой пшеницы сорта Баженка под влиянием регуляторов роста // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 7-10.
2. Ничипорович А.А. Основы фотосинтетической продуктивности растений // Современные проблемы фотосинтеза. М., 1973. С. 17-43.
3. 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.
4. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. 1. С. 45-46.
5. Arora, P., Bidalia, A., Rao, K. (2016). Growth and photosynthetic response of wheat and mustard plants to intercropping. *Phytomorphology: An International Journal of Plant Morphology*, no. 66, pp. 35-44.
6. Гущина В.А., Тимошкин О.А., Ильина Г.В., Володькина Г.Н. Сроки посева и фотосинтетическая деятельность агроценоза люцерны изменчивой первого года жизни // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 22-28. doi: 10.36461/NP.2020.54.1.004
7. Poliakov, O.I., Aliieva, O.Yu. (2021). Photosynthetic activity and yield of safflower under the influence of additional nutrition. *Colloquium-journal*, no. 10 (97), pp. 23-25. doi: 10.24412/2520-6990-2021-1097-23-25
8. Прахова Т.Я., Кшникаткина А.Н., Ильина Г.В., Шагиев Б.З. Параметры фотосинтеза масличных культур семейства Brassicaceae // Аграрный научный журнал. 2020. № 5. С. 34-37. doi: 10.28983/asj.y2020i5pp34-37
9. Kazemeini, S.A., Mohamadi, S., Pirasteh-Anosheh, H. (2015). Growth and Photosynthesis Responses of Safflower Cultivars to Water Stress at two Developmental Stages. *Biological Forum*, no. 7, pp. 923-929.
10. Никитин С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов // Успехи современного естествознания. 2017. № 1. С. 33-38.
11. 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. doi: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121
12. 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. doi: 10.28983/asj.y2019i4pp23-27
13. Zemour, K., Adda, A., Labdelli, A., Merah, O. (2021). Effects of Genotype and Climatic Conditions on the Oil Content and Its Fatty Acids Composition of *Carthamus tinctorius* L. Seeds. *Agronomy*, no. 11, pp. 2048. doi: 10.3390/agronomy11102048

Информация об авторах:

Дружинин Виталий Геннадьевич, аспирант, vitalijdruzinin8@gmail.com

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>, prakhova.tanya@yandex.ru

Information about the authors:

Vitaly G. Druzhinin, graduate student, vitalijdruzinin8@gmail.com

Tatyana Ya. Prakhova, doctor of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory of selection technologies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>, prakhova.tanya@yandex.ru

14. Матеев Е.З., Терехина А.В., Копылов М.В. Исследование качественных показателей сафлорового масла // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 3 (73). С. 115-119. doi: 10.20914/2310-1202-2017-3-115-119

15. Nasyiev, B.N., Yessenguzhina, A. N. (2021). Formation of agricultural landscapes of saflor (*Carthamus Tinctorius*) in the system of biologized crop. *Intellect, Idea, Innovation*, no. 1, pp. 35-39. doi: 10.12345/22266070_2021_1_35

16. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2010. 323 с.

17. Ничипорович А.А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. М., 1969. 48 с.

18. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 200 с.

19. Можаяев Н.И., Серикаев Н.А., Стыбаев Г.Ж. Программирование урожая сельскохозяйственных культур. Астана: Фолиант, 2013. 160 с.

References

1. Snigireva, O.M., Vedernikov, Yu.E., Batalova, G.A. (2020). Formirovanie fotsinteticheskogo apparata yarovoi pshenitsy sorta Bazhenka pod vliyaniem regulyatorov rosta [Formation of the photosynthetic apparatus of spring wheat variety Bazhenka under the influence of growth regulators]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian agricultural sciences], no. 6, pp. 7-10.
2. Nichiporovich, A.A. (1973). *Osnovy fotsinteticheskoi produktivnosti rastenii* [Fundamentals of photosynthetic productivity of plants]. *Sovremennye problemy fotsinteza* [Modern problems of photosynthesis]. Moscow, pp. 17-43.
3. Kshnikatkina, A.N., Prakhova, T.Ya., Krylov, A.P. (2018). Fotsinteticheskaya deyatelnost' i produktivnost' maslichnykh kul'tur v usloviyakh Srednevolzhskogo regiona [Photosynthetic activity and productivity of oilseeds in the conditions of the Middle Volga region]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 2 (47), pp. 65-69.
4. Zhuchenko, A.A. (2001). *Adaptivnaya sistema selektsii rasteniy (ekologo-geneticheskiye osnovy)* [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic bases)]. Moscow, Publishing house of RUDN University, vol. 1, 780 p.
5. Arora, P., Bidalia, A., Rao, K. (2016). Growth and photosynthetic response of wheat and mustard plants to intercropping. *Phytomorphology: An International Journal of Plant Morphology*, no. 66, pp. 35-44.
6. Gushchina, V.A., Timoshkin, O.A., Il'ina, G.V., Volod'kina, G.N. (2020). Sroki poseva i fotsinteticheskaya deyatelnost' agrotsenoza lyutserny izmenchivoi pervogo goda zhizni [Sowing terms and photosynthetic activity of agroecosis of alfalfa variable in the first year of life]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 1 (54), pp. 22-28. doi: 10.36461/NP.2020.54.1.004
7. Poliakov, O.I., Aliieva, O.Yu. (2021). Photosynthetic activity and yield of safflower under the influence of additional nutrition. *Colloquium-journal*, no. 10 (97), pp. 23-25. doi: 10.24412/2520-6990-2021-1097-23-25
8. Prakhova, T.Ya., Kshnikatkina, A.N., Il'ina, G.V., Shagiev, B.Z. (2020). Parametry fotsinteza maslichnykh kul'tur semeistva Brassicaceae [Photosynthesis parameters of oil-

seeds of the Brassicaceae family]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* [Agrarian scientific journal], no. 5, pp. 34-37. doi: 10.28983/asj.y2020i5pp34-37

9. Kazemeini, S.A., Mohamadi, S., Pirasteh-Anosheh, H. (2015). Growth and Photosynthesis Responses of Safflower Cultivars to Water Stress at two Developmental Stages. *Biological Forum*, no. 7, pp. 923-929.

10. Nikitin, S.N. (2017). Fotsinteticheskaya deyatelnost' rastenii v posevakh i dinamika rostvovykh protsessov pri primenenii biologicheskikh preparatov [Photosynthetic activity of plants in crops and dynamics of growth processes in the use of biological preparations]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], no. 1, pp. 33-38.

11. Turina, E.L. (2020). Znachenie saflora krasil'nogo (*Carthamus tinctorius* L.) i obosnovanie aktual'nosti issledovaniy s nim v Tsentral'noi stepi Kryma (obzor) [Significance of dyeing safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and substantiation of the relevance of research with it in the Central steppe of Crimea (review)]. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki* [Taurida herald of the agrarian sciences], no. 1 (21), pp. 100-121. doi: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121

12. Razumnova, L.A., Kamenev, R.A., Balenko, E.G. (2019). Ehffektivnost' primeneniya mineral'nykh udobrenii i bakterial'nykh preparatov pri vyrashchivani saflora v zone riskovannogo zemledeliya Rostovskoi oblasti [The effectiveness of the use of mineral fertilizers and bacterial preparations in the cultivation of safflower in the zone of risky agriculture in the Rostov region]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* [Agrarian scientific journal], no. 4, pp. 23-27. doi: 10.28983/asj.y2019i4pp23-27

13. Zemour, K., Adda, A., Labdelli, A., Merah, O. (2021). Effects of Genotype and Climatic Conditions on the Oil Content and Its Fatty Acids Composition of *Carthamus tinctorius* L. Seeds. *Agronomy*, no. 11, pp. 2048. doi: 10.3390/agronomy11102048

14. Матеев Е.З., Терехина А.В., Копылов М.В. (2017). Исследование качественных показателей сафлорового масла [Study of the qualitative indicators of safflower oil]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], vol. 79, no. 3 (73), pp. 115-119. doi: 10.20914/2310-1202-2017-3-115-119

15. Nasyiev, B.N., Yessenguzhina, A. N. (2021). Formation of agricultural landscapes of saflor (*Carthamus Tinctorius*) in the system of biologized crop. *Intellect, Idea, Innovation*, no. 1, pp. 35-39. doi: 10.12345/22266070_2021_1_35

16. VNIIMK (2010). *Metodika provedeniya polevykh i agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami* [Methodology for conducting field and agrotechnical experiments with oilseeds]. Krasnodar, VNIIMK, 323 p.

17. Nichiporovich, A.A. (1969). *Metodicheskiye ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhnishikh pokazatelei protsessov fotsinteticheskoi deyatelnosti rastenii v posevakh* [Guidelines for accounting and control of the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow, 48 p.

18. Тооминг, Х.Г. (1977). *Solnechnaya radiatsiya i formirovanie urozhaya* [Solar radiation and crop formation]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 200 p.

19. Mozhaev, N.I., Serikpaev, N.A., Stybaev, G.Zh. (2013). *Programmirovaniye urozhayev sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Programming crop yields]. Astana, Foliant Publ., 160 p.