



Научная статья
УДК 633.85:631:526.32
doi: 10.55186/25876740_2023_66_2_171

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ КРАМБЕ АБИССИНСКОЙ

Т.Я. Прахова¹, И.В. Одрин²

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

²Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

Аннотация. В статье представлено изучение эффективности влияния микроэлементных удобрений на продуктивность и качественные показатели семян крамбе абиссинской в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Опыт заключался в фолитарной обработке растений крамбе сорта Деметра микроудобрениями в фазе стеблевания. Исследования проводились в 2020-2022 гг. Во все годы изучения применение изучаемых микроудобрений стимулировало прибавку продуктивности культуры. Наиболее эффективными были препараты Агроверм, Блекджек и Циркон, применение которых способствовало увеличению урожайности до 1,94-1,97 т/га. Прибавка урожая составила в среднем 0,16-0,19 т/га относительно варианта без обработки. Применение изучаемых микроудобрений способствовало увеличению содержания масла на 0,16-2,18% по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшая масличность отмечена на вариантах с применением биопрепаратов Блекджек и Цитовит, которые способствовали накоплению масла до 37,48 и 37,36% соответственно. Применение изучаемых препаратов приводило к некоторому снижению содержания протеина — до 24,10-26,36% при 26,74% в контроле. За исключением вариантов с использованием Агроверма и Блекджека, где отмечено максимальное содержание протеина — 27,49 и 27,09%, что превысило контроль на 0,75 и 0,35% соответственно. Наиболее выравненные семена сформировались на вариантах с использованием Агроверма и Мегамикса — 84,51 и 83,04%. Наиболее высокая масса 1000 семян крамбе сформировалась на варианте с обработкой биоудобрением Циркон, которая составила 9,29 г. Наибольшее количество плодиков на одном растении отмечено на вариантах с обработкой Цирконом — 1196 шт. Продуктивность одного растения увеличивалась на обработанных вариантах на 0,22-1,56 г относительно контрольного варианта. Наибольшая масса семян с одного растения — 7,84 г отмечена на варианте с Гуматом+7, что превышало контроль на 1,56 г. Обработка растений препаратом Блекджек максимально увеличивает содержание олеиновой кислоты до 16,72% и снижает концентрацию линолевой и линоленовых кислот на 0,86 и 0,76% относительно контроля. Применение данного препарата также максимально увеличивает процент эруковой кислоты — до 59,14%. Использование препарата Агроверм максимально увеличивает содержание насыщенных пальмитиновой и стеариновой кислот — до 1,65 и 0,70%. Таким образом, применение микроэлементных удобрений оказывает влияние на продуктивность и качество крамбе абиссинской.

Ключевые слова: крамбе абиссинская, микроудобрения, урожайность, масличность, структура урожая, масса 1000 семян, жирнокислотный состав

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

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS ON CROPS OF CRAMBE ABYSSINICA

T.Ya. Prakhova¹, I.V. Odrin²

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

²Penza State Agrarian University, Penza, Russia

Abstract. The article presents a study of the effectiveness of the influence of microelement fertilizers on the productivity and quality indicators of Crambe Abyssinica seeds in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The experiment consisted in the foliar treatment of Crambe plants of the Demetra variety with microfertilizers in the stalking phase. The studies were carried out in 2020-2022. In all years of study, the use of the studied microfertilizers stimulated an increase in crop productivity. The most effective preparations were Agroverm, Blackjack and Zircon, the use of which contributed to an increase in yield up to 1.94-1.97 t/ha. The increase in yield averaged 0.16-0.19 t/ha relative to the variant without treatment. The use of the studied microfertilizers contributed to an increase in the oil content by 0.16-2.18% compared to the control variant. The highest oil content was noted in the variants with the use of biological preparations Blackjack and Cytovit, which contributed to the accumulation of oil up to 37.48 and 37.36%. The use of the studied preparations led to some decrease in the protein content to 24.10-26.36%, with 26.74% in the control. Except for the variants with the use of Agroverm and Blackjack, where the maximum protein content of 27.49 and 27.09% was noted, which exceeded the control by 0.75 and 0.35%, respectively. The most leveled seeds were formed on the variants using Agroverm and Megamix — 84.51% and 83.04%. The highest mass of 1000 Crambe seeds was formed on the variant with Zircon biofertilizer treatment, which amounted to 9.29 g. The largest number of fruitlets on one plant was noted on the variants with Zircon treatment — 1196 pieces. The productivity of one plant increased in the treated variants by 0.22-1.56 g relative to the control variant. The largest weight of seeds from one plant 7.84 was noted in the variant with Humate+7, which exceeded the control by 1.56 g. Treatment of plants with Blackjack maximizes the content of oleic acid to 16.72% and reduces the concentration of linoleic and linolenic acids by 0.86 and 0.76% relative to the control. The use of this drug also maximizes the percentage of erucic acid — up to 59.14%. The use of Agroverm maximizes the content of saturated palmitic and stearic acids to 1.65 and 0.70%. Thus, the use of microelement fertilizers affects the productivity and quality of the Crambe Abyssinica.

Keywords: Crambe Abyssinica, microfertilizers, productivity, oil content, crop structure, weight of 1000 seeds, fatty acid composition

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 Research 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. Крамбе абиссинская (*Crambe Abyssinica* Н.) — масличная высокомаржинальная культура, обладающая большим потенциалом, благодаря полезным свойствам своего масла, которое имеет широкий диапазон использования, особенно в химической

и перерабатывающей промышленности, в медицине и парфюмерии, а также в качестве источника для биотоплива [1, 2].

Ценность крамбе определяется, в первую очередь, ее семенной продуктивностью, а также валовым сбором растительного масла. В се-

менах содержится от 30,0 до 46,0% слабо-высыхающего масла с низким йодным числом (93-97) [3, 4].

Масло крамбе имеет сбалансированный жирнокислотный состав, который представлен содержанием 65-75% мононенасыщенных

и 10-15% полиненасыщенных жирных кислот, в том числе олеиновой (13,0-16,0%), линолевой (8,0-14,0%), линоленовой (8,0-10,0%) и пальмитиновой (до 3,0%). Содержание эруковой кислоты очень высокое — до 60% и выше [5, 6]. Благодаря такой уникальной молекулярной структуре содержания жирных кислот, масло крамбе обладает высокой стойкостью к окислению и высоким температурам [7, 8]. При этом различные исследования показывают, что крамбе обладает высокой антиоксидантной активностью, так как в ее семенах достаточно большое содержание аскорбиновой кислоты (0,36%) и каротиноидов (11,52%) [9].

С агрономической точки зрения, крамбе представляет интерес как сидеральная культура, которая является хорошим фитосанитаром для почв и имеет определенную фиторемедиационную способность, в частности, обладает большим потенциалом фитоэкстракции и фито-стабилизации тяжелых металлов [7, 10]

Многочисленные испытания в различных регионах показали ее как неприхотливую, засухоустойчивую и толерантную культуру к различным условиям окружающей среды [11, 12, 13].

Несмотря на это, крамбе пока не находит широкого распространения, и это связано в основном с недостаточностью развития рынка сбыта и изученностью особенностей технологии ее выращивания. В последнее время поднимается вопрос применения экологических агротехнологий, которые включают использование микроэлементных удобрений и регуляторов роста, которые способствуют как повышению продуктивности урожая, так и антистрессовой активности и оказывают адаптогенное действие [14, 15].

Сегодня уже имеется ряд исследований отечественных и зарубежных ученых применения микроудобрений на отдельных сельскохозяйственных культурах, которые показывают, что их применение влияет на эффективность использования растениями питательных веществ из удобрений и почвы, усиливает ростовые процессы [16, 18], повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды и фитопатогенам различного происхождения [6, 17].

Наиболее эффективными способами применения микроэлементов, с экономической и экологической точки зрения, являются обработка семян и некорневые подкормки растений [16, 17]. Однако диапазон эффективности микроудобрений может изменяться в зависимости от климатических условий возделывания культуры.

В связи с этим целью проведенных нами исследований является оценка эффективности влияния микроэлементных удобрений на продуктивность и качественные показатели семян крамбе абиссинской в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Методика исследований. Исследования проводили в 2020-2022 гг. на полях ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Объектом исследований являлась крамбе абиссинская сорт Деметра. Опыт заключался в некорневой подкормке растений крамбе различными видами микроудобрений. Опыт однофакторный. Схема опыта: 1 — контроль (без обработки), 2 — Гумат+7, 3 — Агроверм, 4 — Мегамикс, 5 — Циркон, 6 — Цитовит, 7 — Блекджек.

Гумат+7 — комплексное органоминеральное удобрение, включает концентрат активной

части гумуса и семь микроэлементов в хелатной форме. Агроверм — органическое гуминовое биоудобрение, изготовленное на основе вермикомпоста. Мегамикс — жидкое минеральное удобрение с высоким содержанием макро- и микроэлементов. Циркон — природный биостимулятор растительного происхождения, изготовлен на основе лекарственного растения эхинацеи пурпурной. В препарате имеются цикориевая, кофейная и хлорогеновая кислоты, а химические элементы полностью отсутствуют. Цитовит — хелатное минеральное микроудобрение, содержащее сбалансированный комплекс основных макро- и микроэлементов. Блекджек — природный органический биостимулятор нового поколения — замена гуматов, который кроме гуминовых кислот и фульвокислот содержит ульминовые кислоты и гумин, которые наиболее активны в растениях.

Закладку опытов, все учеты урожая, фенологические наблюдения и анализы проводили согласно методическим рекомендациям [19, 20].

Посев крамбе проводили в оптимально ранний (1 декада мая) срок рядовым способом с нормой высева 2,5 млн всхожих семян/га. Обработка посевов микроудобрениями проводилась в фазе стеблевания растений, ранцевым опрыскивателем из расчета 1,0 л/га. Почвы опытного участка представлены среднемоющими, выщелоченными черноземами с содержанием гумуса до 6,15%.

Основные агроклиматические показатели в годы исследований крамбе были нестабильными и варьировали от избыточно увлажненных до засушливых. В целом период вегетации крамбе 2020 г. протекал с небольшим дефицитом осадков, ГТК составил 0,80 при среднемноголетней норме 1,10. Всего за период вегетации выпало 150,5 мм осадков при среднесуточных температурах 18,7°C. Условия 2021 г. были более благоприятными для развития культуры и характеризовались как умеренно-увлажненные (ГТК составил 0,90). Всего за период вегетации выпало 144,5 мм осадков при среднесуточных температурах 21,2°C. Вегетационный период крамбе в 2022 г. протекал в условиях с избыточным увлажнением, ГТК составлял 1,29. За период активной вегетации культуры выпало 182,4 мм осадков при среднесуточных температурах воздуха 17,0°C.

Результаты исследований. На сегодня применение микроэлементных удобрений является высокоэффективным и технологичным средством увеличения продуктивности культуры.

Проведенные нами исследования также показали, что фолиарная обработка посевов крамбе абиссинской оказала положительное

влияние на продуктивность ее семян, где во все годы испытаний наблюдалась тенденция увеличения урожайности.

При этом продуктивность крамбе определялась не только микроудобрениями, но и погодными условиями, складывающимися во время вегетации.

Наиболее благоприятным, несмотря на засушливые условия (ГТК 0,80), был 2020 г., когда урожайность крамбе по вариантам варьировала в пределах 1,99-2,13 т/га при урожае 1,97 т/га в контрольном варианте. Наибольшая продуктивность семян получена на вариантах с применением микроудобрения Циркон (2,13 т/га), Агроверм (2,11 т/га) и Блекджек (2,11 т/га) (табл. 1).

В 2021 г., который характеризовался как умеренно-увлажненный (ГТК 0,90), семенная продуктивность крамбе была ниже предыдущего года и варьировала от 1,74 до 1,92 т/га. При этом только обработка биопрепаратом Циркон способствовала существенному увеличению урожая — на 0,18 т/га и составила 1,92 т/га на фоне 1,77-1,89 т/га на других вариантах, где отмечено статистически незначимое увеличение урожайности семян — на 0,03-0,15 т/га относительно контроля, что в пределах наименьшей существенной разницы ($HCP_{0,5} = 0,15$ т/га).

В переувлажненный 2022 г. (ГТК 1,29) урожайность крамбе была наименьшей и составила 1,65-1,87 т/га. Максимальному увеличению урожая способствовало применение гуминового биоудобрения Агроверм, где прибавка составила 0,22 т/га по сравнению с вариантом без обработки.

В среднем за 3 года значительная прибавка урожая отмечена на вариантах с листовой обработкой препаратами Агроверм (1,94 т/га), Блекджек (1,95 т/га) и Циркон (1,97 т/га), которая составила, соответственно, 0,16, 0,17 и 0,19 т/га относительно варианта без обработки.

Для оценки эффективности применения различных видов микроудобрений большое значение имеет и качество полученной продукции, одним из основных показателей которого является масличность семян. В среднем за 3 года масличность крамбе по вариантам опыта составила 35,46-37,48%, в контроле — 35,30% (табл. 2).

Все изучаемые препараты способствовали в той или иной мере повышению масличности семян. Увеличение содержания масла по сравнению с контрольным вариантом варьировало от 0,16 до 2,18%. Наиболее эффективным было применение препаратов Блекджек и Цитовит, которые способствовали накоплению масла до 37,48 и 37,36% соответственно. Обработка семян биопрепаратом Циркон несущественно

Таблица 1. Продуктивность крамбе в зависимости от применения микроудобрений, т/га
Table 1. Productivity of Crambe depending on the use of microfertilizers, t/ha

Вариант	Годы				Прибавка урожая, т/га
	2020	2021	2022	Среднее	
Контроль	1,97	1,74	1,65	1,78	-
Гумат+7	2,01	1,89	1,73	1,88	0,10
Агроверм	2,11	1,83	1,87	1,94	0,13
Циркон	2,13	1,92	1,85	1,97	0,19
Мегамикс	2,09	1,77	1,72	1,87	0,09
Цитовит	1,99	1,84	1,76	1,86	0,08
Блекджек	2,11	1,88	1,85	1,95	0,17
$HCP_{0,5}$	0,07	0,15	0,09	0,11	-



увеличивала маслосодержание, процент прибавки относительно контрольного варианта составил 1,51 при НСР₀₅ — 1,98.

Содержание протеина в семенах крамбе составляло 24,10-27,49%. Здесь применение изучаемых препаратов приводило к некоторому снижению данного показателя — до 24,10-26,36% при 26,74% в контроле. За исключением вариантов с использованием Агроверма и Блекджека, где отмечено максимальное содержание протеина — 27,49 и 27,09%, что превысило контроль на 0,75 и 0,35% соответственно.

Выравненность семян крамбе варьировала в пределах 75,28-84,51%. Наиболее выравненные семена сформировались на вариантах с использованием Агроверма и Мегамикса — 84,51 и 83,04%. Наименее выравненные семена отмечены в вариантах с подкормкой препаратом Гумат+7 (76,01%) и Цитовит (79,51%). Еще один показатель качества семян — это натура, которая косвенно характеризует выравненность семян. Как известно, чем больше выравненность семян, тем меньше натура, что и подтверждают полученные нами данные. Наибольшая натура — 352,34 и 363,15 г/л отмечена на вариантах и использованием Гумат+7 и Цитовит с низкой выравненностью семян.

В свою очередь, на натуру влияет и крупность семян, чем меньше семена, тем выше натура. Поэтому на данных вариантах были отмечены наиболее мелкие семена, масса 1000 которых составила 8,74 и 8,72 г, что не существенно превышает контрольный вариант — на 0,15 и 0,13 г (табл. 3).

Максимальные значения массы 1000 семян у крамбе отмечены в варианте с некорневой подкормкой препаратами Агроверм и Циркон, где она составила 9,23 и 9,29 г, что превышает массу 1000 семян в контрольном варианте на 0,64 и 0,70 г.

Другие морфометрические признаки растений крамбе также изменялись в зависимости от применения биоудобрений. К примеру, высота растений варьировала в диапазоне от 99,9 до 104,8 см. Применение биологического препарата Циркон стимулировало наибольший рост растений, где высота составила 104,8 см при 99,0 см в контрольном варианте.

Наибольшее количество плодиков на одном растении отмечено на вариантах с обработкой Цирконом — 1196 шт. Чуть меньше — 1150 и 1146 шт. сформировалось на вариантах, соответственно, с применением биологических препаратов Блекджек и Гумат+7.

Продуктивность одного растения увеличивалась на обработанных вариантах на 0,22-1,56 г относительно контрольного варианта. Наибольшая масса семян с одного растения 7,84 и 7,38 г отмечена на вариантах с Гуматом+7 и Блекджеком, что превышало контроль на 1,56 и 1,10 г соответственно.

Помимо урожайных качеств и морфометрических признаков, фолиарная обработка изучаемыми препаратами влияет и на качество масла и, в частности, на жирнокислотный состав.

Например, обработка препаратом Блекджек максимально увеличивает содержание олеиновой кислоты — до 16,72% при 15,53% в контроле и снижает до минимума концентрацию линолевой и линоленовых кислот — на 0,86 и 0,76% относительно контроля. Применение данного препарата также максимально увеличивает процент эруковой кислоты — до 59,14%. При этом на остальных вариантах процент эруковой кислоты был ниже, чем в контроле на 0,07-0,78% и варьирует в диапазоне 58,13-58,84% (табл. 4).

Использование препарата Агроверм максимально увеличивает содержание насыщенных кислот пальмитиновой и стеариновой — до 1,65 и 0,70% соответственно. На данном варианте отмечено наименьшее количество олеиновой кислоты (15,80%), что на 0,27% выше контрольного варианта. Все изучаемые препараты способствовали повышению процентной концентрации эйкозеновой (гондоиновой) кислоты до 2,01-2,40%, наибольшее содержание которой отмечено на вариантах с Цирконом (2,40%) и Мегамиксом (2,31%).

Заключение. Таким образом, применение микроэлементных удобрений в различной степени влияет на продуктивность и качественные показатели семян крамбе абиссинской. Наиболее эффективными являются Агроверм, Блекджек и Циркон, применение которых позволило получить значительную прибавку урожая крамбе на — 0,16-0,19 т/га относительно контрольного варианта. Урожайность на данных вариантах составила 1,94-1,97 т/га. Наибольшая масличность отмечена на вариантах с применением био препаратов Блекджек и Цитовит, где прибавка содержания масла относительно контроля составила 2,06-2,18%. На варианте с обработкой Агровермом отмечено наибольшее содержание протеина — 27,49%. На вариантах с использованием препаратов Агроверм и Циркон сформировались наиболее крупные семена, масса 1000 семян которых составила 9,23 и 9,29 г. В связи с этим можно сказать, что применение различных видов микроудобрений может выступать в качестве приемов повышения продуктивности крамбе абиссинской.

Таблица 2. Качественные показатели семян крамбе в зависимости от применения микроудобрений (2020-2022 гг.)

Table 2. Qualitative indicators of Crambe seeds depending on the use of microfertilizers (2020-2022)

Вариант	Масличность, %	Содержание протеина, %	Выравненность, %	Натура, г/л
Контроль	35,30	26,74	75,28	316,28
Гумат+7	35,51	24,10	76,01	352,34
Агроверм	35,97	27,49	84,51	310,52
Циркон	36,81	26,36	82,48	320,81
Мегамикс	35,46	25,99	83,04	313,40
Цитовит	37,36	25,61	79,51	363,15
Блекджек	37,48	27,09	80,34	345,21
НСР ₀₅	1,98	1,02	1,16	2,14

Таблица 3. Элементы структуры урожая крамбе в зависимости от применения микроудобрений (2019-2022 гг.)

Table 3. Elements of the structure of the Crambe crop depending on the use of microfertilizers (2020-2022)

Вариант	Высота растений, см	Число плодиков на растении, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль	99,0	825	6,28	8,59
Гумат+7	102,6	1146	7,38	8,74
Агроверм	99,9	959	6,50	9,23
Циркон	104,8	1196	7,02	9,29
Мегамикс	102,6	992	6,68	8,95
Цитовит	101,4	1052	7,07	8,72
Блекджек	102,9	1150	7,84	8,89
НСР ₀₅	1,35	71,5	0,32	0,25

Таблица 4. Содержание основных жирных кислот в маслосеменах крамбе в зависимости от микроудобрений

Table 4. The content of essential fatty acids in Crambe oilseeds depending on microfertilizers

Вариант	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Эйкозеновая	Эруковая
Контроль	1,56	0,63	15,53	8,25	6,42	1,86	58,91
Гумат+7	1,61	0,67	16,21	8,27	6,34	2,01	58,39
Агроверм	1,65	0,70	15,80	8,50	6,58	2,06	58,13
Циркон	1,57	0,66	16,13	8,21	6,17	2,40	58,48
Мегамикс	1,56	0,67	16,54	7,78	6,02	2,31	58,62
Цитовит	1,57	0,65	15,83	7,96	6,27	2,04	58,84
Блекджек	1,51	0,66	16,72	7,39	5,66	2,15	59,14



Список источников

- Costa, E., Almeida, M.F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J.M. (2019). Cultivation of *Crambe abyssinica* non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, no. 139, pp. 1-10. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111501
- Прахова Т.Я., Прахов В.А., Бражников В.А., Бражникова О.Ф. Масличные культуры — биоразнообразие, значение и продуктивность // *Нива Поволжья*. 2019. № 3 (52). С. 30-37.
- Сазонкин К.Д., Никитов С.В., Виноградов Д.В. Возделывание крамбе абиссинской в условиях Рязанской области // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2022. Т. 14. № 1. С. 62-69. doi: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007
- Прахова Т.Я. Перспективная масличная культура *Crambe Abyssinica* // *Достижение науки и техники АПК*. 2013. № 8. С. 31-33.
- Уханов А.П., Володько О.С., Быченин А.П., Ермаев М.П. Показатели физико-химических, теплотворных, трибологических свойств масла крамбенового агротехнологического университета имени П.А. Костычева и дизельного смеси топлива // *Нива Поволжья*. 2018. № 2. С. 141-148.
- Ropelewska, E., Jankowski, K.J. (2020). Effect of sulfur fertilization on the physical and chemical properties of *Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries seeds. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, no. 27, pp. 1-5. doi: 10.1051/oil/2020008
- Турина Е.Л., Прахова Т.Я., Радченко Л.А. Значение крамбе абиссинской (*Crambe Abyssinica*) и ее урожайность в различных странах мира (обзор) // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 4 (76). С. 66-72. doi: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72
- Zoz, T., Steiner, F., Zoz, A., Castagnara, D.D., Witt, T.W., Zanotto, M.D., Auld, D.L. (2018). Effect of row spacing and plant density on grain yield and yield components of *Crambe abyssinica* Hochst. *Semina: Ciências Agrárias*, no. 39, pp. 393-402. doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n1p393
- Игзакова З.И., Ситдикова А.И. Количественное определение аскорбиновой кислоты и каротиноидов в сырье *Crambe Abyssinica* // *Вестник Башкирского государственного медицинского университета*. 2022. № 1. С. 74-77.
- Goncalves, A.C., Schwantes, D., De Sousa, R.F.B., Da Silva, T.R.B., Guimaraes, V.F., Campagnolo, M.A., De Vasconcelos, E.S., Zimmermann, J. (2020). Phytoremediation capacity, growth and physiological responses of *Crambe abyssinica* Hochst on soil contaminated with Cd and Pb. *Journal of Environmental Management*, vol. 262, p. 110342. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110342
- Исакова А.Л. Крамбе абиссинская — перспективная масличная культура для Беларуси // *Наше сельское хозяйство*. 2021. № 19 (267). С. 23-27.
- Станкевич С.В. Крамбе — новая перспективная масличная культура. Опыт возделывания в условиях восточной лесостепи Украины // *Нивы России*. 2019. № 4 (170). С. 7-10.
- Jankowski, K., Sokólski, M., Szatkowski, A., Kozak, M. (2022). *Crambe* — Energy efficiency of biomass production and mineral fertilization. A case study in Poland. *Industrial Crops and Products*, vol. 182, p. 114918. doi: 10.1016/j.indcrop.2022.114918
- Лукьянова О.В., Вавилова Н.В., Виноградов Д.В., Ступин А.С., Соколов А.А. Роль биологически активных препаратов в повышении продуктивности агрокультуры // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2021. № 1 (49). С. 30-39.
- Win, T., Barone, G., Secundo, F., Fu, Pengcheng. (2018). Algal Biofertilizers and Plant Growth Stimulants for Sustainable Agriculture. *Industrial Biotechnology*, no. 14, pp. 203-211. doi: 10.1089/ind.2018.0010
- Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С. Применение гуминовых и минеральных удобрений в посевах рапса ярового // *International agricultural journal*. 2021. № 5. С. 217-228. doi: 10.24412/2588-0209-2021-10368
- Аленин П.Г., Прахова Т.Я., Сафронкин А.Е. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность рыжика озимого сорта Пензяк // *Нива Поволжья*. 2015. № 3 (36). С. 13-18.
- Vinogradov, D.V., Makarova, M.P., Kryuchkov, M.M. (2020). The use of mineral fertilizers in sunflower crops in the conditions of Ryazan region. *International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 624, p. 012077. doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012204
- Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2010. 323 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.

References

- Costa, E., Almeida, M.F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J.M. (2019). Cultivation of *Crambe abyssinica* non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, no. 139, pp. 1-10. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111501
- Prakhova, T.Ya., Prakhov, V.A., Brazhnikov, V.A., Brazhnikova, O.F. (2019). Maslichnye kul'tury — bioraznoobrazie, znachenie i produktivnost' [Oilseeds — biodiversity, importance and productivity]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 3 (52), pp. 30-37.
- Sazonkin, K.D., Nikitov, S.V., Vinogradov, D.V. (2022). *Vozdelyvanie krambe abissinskoi v usloviyakh Ryzanskoi oblasti* [Cultivation of the Abyssinian *Crambe* in the conditions of the Ryazan region]. *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], vol. 14, no. 1, pp. 62-69. doi: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007
- Prakhova, T.Ya. (2013). *Perspektivnaya maslichnaya kul'tura Crambe Abyssinica* [Promising oilseed crop *Crambe Abyssinica*]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 8, pp. 31-33.
- Ukhanov, A.P., Volod'ko, O.S., Bychenin, A.P., Erzaev, M.P. (2018). *Pokazateli fiziko-khimicheskikh, teplotvornykh, tribologicheskikh svoystv masla krambe abissinskoi i dizelnogo smesevogo topliva* [Indicators of physicochemical, calorific, tribological properties of Abyssinian *Crambe* oil and diesel mixed fuel]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 2, pp. 141-148.
- Ropelewska, E., Jankowski, K.J. (2020). Effect of sulfur fertilization on the physical and chemical properties of *Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries seeds. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, no. 27, pp. 1-5. doi: 10.1051/oil/2020008
- Turina, E.L., Prakhova, T.Ya., Radchenko, L.A. (2021). *Znachenie krambe abissinskoi (Crambe Abyssinica) i ee urozhainost' v razlichnykh stranakh mira (obzor)* [The value of the Abyssinian *Crambe* (*Crambe Abyssinica*) and its productivity in various countries of the world (review)]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 4 (76), pp. 66-72. doi: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72
- Zoz, T., Steiner, F., Zoz, A., Castagnara, D.D., Witt, T.W., Zanotto, M.D., Auld, D.L. (2018). Effect of row spacing and plant density on grain yield and yield components of *Crambe abyssinica* Hochst. *Semina: Ciências Agrárias*, no. 39, pp. 393-402. doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n1p393
- Igzakova, Z.I., Sitydikova, A.I. *Kolichestvennoe opredelenie askorbinovoy kisloty i karotinoidov v syr'e Crambe Abyssinica* [Quantitative determination of ascorbic acid and carotenoids in raw materials *Crambe Abyssinica*]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Vestnik Bashkir State Medical University], no. 1, pp. 74-77.
- Goncalves, A.C., Schwantes, D., De Sousa, R.F.B., Da Silva, T.R.B., Guimaraes, V.F., Campagnolo, M.A., De Vasconcelos, E.S., Zimmermann, J. (2020). Phytoremediation capacity, growth and physiological responses of *Crambe abyssinica* Hochst on soil contaminated with Cd and Pb. *Journal of Environmental Management*, vol. 262, p. 110342. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110342
- Isakova, A.L. *Krambe abissinskaya — perspektivnaya maslichnaya kul'tura dlya Belarusi* [Crambe Abyssinian — a promising oilseed crop for Belarus]. *Nashe sel'skoe khozyaistvo* [Our agriculture], no. 19 (267), pp. 23-27.
- Stankevich, S.V. (2019). *Krambe — novaya perspektivnaya maslichnaya kul'tura. Opyt vzdelyvaniya v usloviyakh vostochnoi lesostepi Ukrainy* (2019). [Crambe is a new promising oilseed crop. Experience of cultivation in the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine]. *Nivy Rossii* [Fields of Russia], no. 4 (170), pp. 7-10.
- Jankowski, K., Sokólski, M., Szatkowski, A., Kozak, M. (2022). *Crambe* — Energy efficiency of biomass production and mineral fertilization. A case study in Poland. *Industrial Crops and Products*, vol. 182, p. 114918. doi: 10.1016/j.indcrop.2022.114918
- Luk'yanova, O.V., Vavilova, N.V., Vinogradov, D.V., Stupin, A.S., Sokolov, A.A. (2021). *Roľ biologicheskii aktivnykh preparatov v povyshenii produktivnosti agrokul'tur* [The role of biologically active preparations in improving the productivity of agricultural crops]. *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], no. 1 (49), pp. 30-39.
- Win, T., Barone, G., Secundo, F., Fu, Pengcheng. (2018). Algal Biofertilizers and Plant Growth Stimulants for Sustainable Agriculture. *Industrial Biotechnology*, no. 14, pp. 203-211. doi: 10.1089/ind.2018.0010
- Kuznetsova, G.N., Polyakova, R.S. (2021). *Primenenie guminovykh i mineral'nykh udobrenii v posevakh rapsa yarovogo* [The use of humic and mineral fertilizers in spring rape crops]. *International agricultural journal*, no. 5, pp. 217-228. doi: 10.24412/2588-0209-2021-10368
- Alenin, P.G., Prakhova, T.Ya., Safronkin, A.E. (2015). *Vliyaniye mikroudobrenii i regulatorov rosta na produktivnost' ryzhika ozimogo sorta Penzyak* [Influence of microfertilizers and growth regulators on the productivity of winter camelina variety Penzyak]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Region Farmland], no. 3 (36), pp. 13-18.
- Vinogradov, D.V., Makarova, M.P., Kryuchkov, M.M. (2020). The use of mineral fertilizers in sunflower crops in the conditions of Ryazan region. *International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 624, p. 012077. doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012204
- 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.
- Dospikhov, B.A. (2011). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 350 p.

Информация об авторах:

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

Information about the authors:

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
Ilya V. Odryn, graduate student, odrinilya@mail.ru