

Реализация потенциала продуктивности крамбе абиссинской при различном уровне питания

✉ Прахова Т.Я.¹, Одрин И.В.²

¹Федеральный научный центр лубяных культур
Пензенская область, Россия

²Пензенский государственный аграрный университет
Пенза, Россия

✉ e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Представлены результаты исследования влияния предпосевного внесения различных доз минеральных удобрений на продуктивность крамбе абиссинской в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2021–2023 гг. в Пензенской области. Vegetационный период крамбе в 2021 г. характеризовался недостаточным увлажнением (ГТК 0,80). В 2022 г. условия характеризовались обильным увлажнением (ГТК 1,29). Условия 2023 г. были наиболее благоприятными для развития крамбе (ГТК 1,02). Показано, что улучшение уровня питания способствует повышению полевой всхожести на 2,8–9,2%, сохранности растений к уборке – на 1,4–7,1%. Максимальный (91,6%) показатель полноты всходов получен при сочетании $N_{30}P_{30}K_{30}$. Наибольшее увеличение сохранности растений отмечено в вариантах с применением $N_{30}P_{30}K_{30}$ (98,6%) и $N_{30}P_{60}K_{60}$ (97,2%), что на 7,1 и 5,7% соответственно превышает контроль. Число плодиков на одном растении в зависимости от доз удобрений изменялось от 852,6 до 995,4 при 819,4 в контрольном варианте. Наибольшая (5,05 г) масса семян с одного растения отмечена на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$. В вариантах с использованием $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$ получены наиболее крупные семена, масса 1000 семян которых составила 8,81 и 8,91 г. Наиболее мелкие семена отмечены в вариантах при внесении $N_{30}P_{30}K_{60}$ (7,73 г) и $N_{60}P_{30}K_{60}$ (7,74 г). Предпосевное внесение удобрений способствовало увеличению урожайности культуры до 1,95–2,13 т/га, прибавка составила 0,03–0,21 т/га. Максимальная урожайность получена в вариантах с внесением $N_{30}P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 2,13 и 2,10 т/га соответственно. Наибольшая масличность семян отмечена на фоне с применением $N_{30}P_{60}K_{60}$ (37,6%) и $N_{30}P_{30}K_{30}$ (36,5%). В вариантах с внесением N_{60} в различных сочетаниях масличность семян снижалась на 0,2–2,7% по отношению к фону N_{30} . Применение минеральных удобрений снижает содержание эруковой кислоты до 60,3–60,9%. Исключение составил вариант $N_{30}P_{60}K_{60}$, где данный показатель был максимальным – 62,5%.

Ключевые слова: крамбе абиссинская, минеральные удобрения, урожайность, масличность, жирнокислотный состав, структура урожая

Realization of productivity potential of *Crambe Abyssinica* at different nutritional levels

✉ Prakhova T.Ya.¹, Odrin I.V.²

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops
Penza region, Russia

²Penza State Agrarian University
Penza, Russia

✉ e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

The results of the study of the influence of pre-sowing application of different doses of mineral fertilizers on the productivity of *Crambe Abyssinica* in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region are presented. The research was conducted in 2021–2023 in the Penza region. The growing season of crambe in 2021 was characterized by insufficient moisture (HTC 0.80). In 2022, the conditions were characterized by abundant moisture (HTC 1.29). The 2023 conditions were most favorable for crambe development (HTC 1.02). It is shown that improvement of nutrition level contributes to the increase of field germination by 2.8–9.2%, plant viability to harvesting by 1.4–7.1%. The maximum (91.6%) indicator of sprouting completeness was obtained with the combination of $N_{30}P_{30}K_{30}$. The greatest increase in plant viability was observed in the variants with application of

$N_{30}P_{30}K_{30}$ (98.6%) and $N_{30}P_{60}K_{60}$ (97.2%), which is 7.1 and 5.7% higher than the control, respectively. The number of fruits on one plant depending on the fertilizer doses varied from 852.6 to 995.4 with 819.4 in the control variant. The highest (5.05 g) seed weight per plant was observed on the background of $N_{30}P_{60}K_{60}$. The variants using $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{30}P_{60}K_{30}$ produced the largest seeds with 1000 seed weight of 8.81 and 8.91 g. The smallest seeds were observed in the variants when $N_{30}P_{30}K_{60}$ (7.73 g) and $N_{60}P_{30}K_{60}$ (7.74 g) were applied. Pre-sowing fertilizer application increased the crop yield to 1.95–2.13 t/ha, the increment was 0.03–0.21 t/ha. Maximum yield was obtained in the variants with application of $N_{30}P_{60}K_{30}$ and $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 2.13 and 2.10 t/ha, respectively. The highest oil content of the seeds was observed on the background with application of $N_{30}P_{60}K_{60}$ (37.6%) and $N_{30}P_{30}K_{30}$ (36.5%). In the variants with the application of N_{60} in various combinations oil content of the seeds decreased by 0.2–2.7% in relation to the background N_{30} . Application of mineral fertilizers reduced the content of erucic acid to 60.3–60.9%. The exception was the variant $N_{30}P_{60}K_{60}$, where the percentage of erucic acid was the maximum 62.5%.

Keywords: *Crambe Abyssinica*, fertilizers, doses, yield, oil content, fatty acid composition, crop structure

Для цитирования: Прахова Т.Я., Одрин И.В. Реализация потенциала продуктивности крамбе абиссинской при различном уровне питания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 3. С. 35–43. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-3-4>

For citation: Prakhova T.Ya., Odrin I.V. Realization of productivity potential of *Crambe Abyssinica* at different nutritional levels. *Sibirskii vestnik sel'skhozvaystvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 3, pp. 35–43. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-3-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

Acknowledgment:

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).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве все большее значение приобретают масличные капустные культуры, из которых рапс, горчицу, сурепицу и рыжик во многих регионах России выращивают в промышленных масштабах [1]. В последнее время значительный интерес как по экономическим, так и по агрономическим показателям у сельскохозяйственных производителей вызывает крамбе абиссинская в качестве альтернативы традиционным масличным культурам [2, 3].

Крамбе абиссинская (*Crambe abyssinica* Н.) – масличная высокомаржинальная культура, ценность которой определяется

высокой семенной продуктивностью, а также валовым сбором растительного масла [4, 5].

В плодиках и семенах крамбе содержится 25–35 и 42–46% жирного масла соответственно с низким йодным числом (93–97)¹ [6]. Масло крамбе отличается высоким содержанием эруковой кислоты – до 60% и выше. Концентрация олеиновой кислоты составляет 13–16%, линолевой – 8–14, линоленовой – 8–10% [8]. 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%) [5, 6].

¹Прахова Т.Я. Перспективная масличная культура *Crambe Abyssinica* // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 8. С. 31–33.

Благодаря полезным свойствам масла крамбе обладает большим потенциалом использования в химической и перерабатывающей промышленности [7, 9], в медицине и парфюмерии [8, 10], в качестве источника для биотоплива [11, 12], а также в пищевой промышленности для приготовления майонеза и маргарина (см. сноску 1) [5]. Многочисленные испытания в различных регионах показали ее как неприхотливую и толерантную культуру к различным условиям окружающей среды [3, 9], а также как хорошую сидеральную и фитосанитарную культуру [4, 13]. Несмотря на это, крамбе считается малораспространенной культурой, что связано с недостаточностью развития рынка сбыта и изученностью особенностей технологии ее выращивания.

В последнее время изменение климата оказывает усугубляющее влияние на продуктивность сельскохозяйственных растений. Часто именно стресс становится основным фактором, ограничивающим как их урожайность, так и качество. Одним из основных условий повышения урожайности культуры является применение ресурсосберегающих агротехнологий, в том числе оптимизация режима питания [14, 15]. Следует отметить недостаточную исследованность отношения крамбе к различным дозам и формам удобрений. В связи с этим изучение эффективности влияния минерального питания на продуктивность культуры в нестабильных агроэкологических условиях Среднего Поволжья является важной научно-производственной задачей и определяет актуальность данной работы.

Цель исследования – изучить влияние различных доз минеральных удобрений на продуктивность крамбе абиссинской в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2021–2023 гг. на полях Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Федерального научного центра лубяных

культур. Объектом исследований служила крамбе абиссинская сорта Деметра. Закладку опытов, все учеты урожая и наблюдения проводили согласно методическим рекомендациям². Определение масличности семян крамбе осуществляли методом Сокслета, протеина – методом Кьельдаля, жирнокислотного состава – методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.1» согласно ГОСТ Р 51483–99 в агрохимической лаборатории Пензенского НИИСХа.

Опыт заключался в изучении предпосевного внесения различных доз минеральных удобрений. Схема опыта включала следующие варианты: контроль; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{30}P_{60}K_{60}$; $N_{30}P_{60}K_{30}$; $N_{30}P_{30}K_{60}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{60}P_{60}K_{30}$; $N_{60}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{30}K_{60}$; карбамид.

Посев крамбе осуществляли в оптимально-ранний срок (I декада мая), рядовым способом с нормой высева 2,5 млн всхожих семян/га. Уборку проводили прямым способом в фазу полной спелости культуры селекционным комбайном Сампо-130. Площадь делянки 10 м², повторность опыта трехкратная, размещение делянок последовательное.

Почвы опытного участка представлены черноземами выщелоченными среднемощными. Содержание гумуса в пахотном слое в среднем 5,73%, $pH_{\text{сол}}$ – 4,9. Количество легкогидролизуемого азота составляло 86,1 мг/кг (по Тюрину и Кононовой, ГОСТ 26951–86), доступного фосфора – 132,1 мг/кг (по Чирикову, ГОСТ 26204–91), обменного калия – 107,7 мг/кг (по Чирикову, ГОСТ 26204–91).

Основные агроклиматические показатели в период вегетации крамбе за годы исследований отличались контрастностью (см. табл. 1).

Вегетационный период крамбе в 2021 г. протекал в условиях с недостаточным увлажнением, гидротермический коэффициент составил 0,80. Всего выпало 144,5 мм осадков, или 84% от среднесуточной нормы. При этом среднесуточные температуры достигали 21,2 °С, что на 1,6 °С выше климатической нормы. В 2022 г. развитие культуры происходило в условиях обильного увлажне-

²Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2010. 323 с.

Табл. 1. Метеорологические показатели за период вегетации крамбе
Table 1. Meteorological indicators for the crambe growing season

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднегодовое значение
Сумма температур ≥ 10 °С	1803,4	1411,5	1656,0	1810,0
Среднесуточная температура, °С	21,2	17,0	18,0	19,6
Сумма осадков, мм	144,5	182,4	169,6	172,1
ГТК	0,80	1,29	1,02	1,10

ния (ГТК 1,29) с низкими среднесуточными температурами (17,0 °С). За период активной вегетации культуры выпало 182,4 мм осадков, сумма эффективных температур составила всего 1411,5 °С при средних данных 1810,0 °С. Условия 2023 г. были наиболее благоприятными для развития крамбе и характеризовались как умеренно увлажненные (ГТК 1,02). Сумма осадков составила 169,6 мм и температурный оптимум достигал 18,0 °С при среднегодовом значении 172,1 мм и 19,6 °С соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на позиционирование крамбе абиссинской как нетребовательной культуры,

проведенные исследования показали, что она положительно отзывается на внесение минеральных удобрений.

Внесение удобрений перед посевом оказывает определенное влияние на первоначальные изменения, возникающие в семенах, а также на прохождение дальнейшей стадии развития растений крамбе и, как следствие, на ее продуктивность в целом. В среднем за годы исследований предпосевное использование удобрений способствовало увеличению силы роста проростков крамбе на 0,02–0,17 см, корешков – на 0,08–0,46 см относительно варианта без удобрений (см. табл. 2).

В вариантах с применением комплексных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$ отмече-

Табл. 2. Сила роста, полевая всхожесть и сохранность растений крамбе в зависимости от доз удобрений (2021–2023 гг.)

Table 2. Growth vigor, field germination and viability of crambe plants depending on fertilizer doses (2021–2023)

Вариант	Сила роста			Всхожесть	Сохранность растений к уборке
	Длина корешков	Длина проростков	Масса 100 проростков, г		
	см			%	
Контроль	4,85	1,46	12,5	82,4	91,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,31	1,52	18,7	91,6	98,6
$N_{30}P_{60}K_{60}$	5,15	1,63	12,8	85,6	97,2
$N_{30}P_{60}K_{30}$	5,27	1,56	15,4	85,2	93,6
$N_{30}P_{30}K_{60}$	4,98	1,50	12,8	87,6	94,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,12	1,48	15,0	90,4	92,9
$N_{60}P_{60}K_{30}$	5,04	1,51	16,1	86,0	96,6
$N_{60}P_{30}K_{30}$	4,93	1,54	15,5	90,4	95,7
$N_{60}P_{30}K_{60}$	5,17	1,48	17,2	90,4	96,1
Среднее	5,09	1,52	15,1	87,7	95,2
$Cv, \%$	3,0	3,4	14,0	3,6	2,4
HSP_{05}	0,29	0,06	1,19	1,28	1,17

ны наиболее сильные проростки, длина которых составила 1,63 и 1,56 см, что выше контроля на 0,17 и 0,10 см. Однако показатель «масса 100 проростков» оказался наибольшим в варианте $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 18,7 г при средней длине проростков 1,52 см. В данном варианте, несмотря на то, что ростки крамбе короче относительно других вариантов, они были более крепкими и плотными, что повлияло на их массу. При этом в данном варианте отмечена наибольшая длина корешков – 5,31 см, что существенно (на 0,46 см) превысило показатели контрольного варианта.

Полевая всхожесть крамбе в среднем по опыту изменялась незначительно – от 82,4 до 91,6%. При этом отмечена тенденция увеличения всхожести на удобренных вариантах на 2,8–9,2% относительно контроля.

Максимальный (91,6%) показатель полноты всходов получен при сочетании $N_{30}P_{30}K_{30}$. В вариантах на фоне взаимодействия $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{30}K_{60}$ всхожесть растений крамбе составила 90,4% и была существенно ниже предыдущего, но достоверно (на 8,0%) превышала контроль.

Сохранность растений крамбе к уборке в среднем за 3 года была высокой (92,9–98,6%)

и в зависимости от дозы удобрений увеличивалась на 1,4–7,1% относительно контроля. Наибольшее увеличение сохранности растений отмечено в вариантах с применением удобрений в сочетании $N_{30}P_{30}K_{30}$ (98,6%) и $N_{30}P_{60}K_{60}$ (97,2%), что на 7,1 и 5,7% выше контроля, а также на 0,6–4,3 и 2,0–5,7% – других вариантов.

При изучении влияния фонов минерального питания на урожайность крамбе особая роль принадлежит параметрам элементов структуры урожая.

Применение комплексных удобрений положительно сказалось на формировании элементов продуктивности крамбе. Число плодиков на одном растении в зависимости от режима питания изменялось от 852,6 до 995,4 при 819,4 в контрольном варианте. При этом изменчивость данного признака была незначительной, коэффициент вариации составил 7,0%. Повышение дозы фосфора до P_{60} способствовало увеличению числа плодиков на 41,7–142,8. Максимальное их число получено на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 995,4, что существенно (на 176) превышает значения данного показателя в контроле (см. табл. 3).

Наибольшей изменчивостью характеризовалась семенная продуктивность одного

Табл. 3. Высота растений и элементы структуры урожая крамбе в зависимости от доз удобрений (2021–2023 гг.)

Table 3. Plant height and elements of the structure of crambe harvest depending on fertilizer doses (2021–2023)

Вариант	Высота растений, см	Число плодиков на растении	Масса семян с одного растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль	99,1	819,4	3,51	7,54
$N_{30}P_{30}K_{30}$	98,8	926,6	4,97	8,81
$N_{30}P_{60}K_{60}$	99,9	976,1	5,05	7,98
$N_{30}P_{60}K_{30}$	99,7	977,0	3,86	8,91
$N_{30}P_{30}K_{60}$	99,6	862,4	4,15	7,73
$N_{60}P_{60}K_{60}$	111,2	995,4	4,06	7,86
$N_{60}P_{60}K_{30}$	107,5	968,3	3,68	7,99
$N_{60}P_{30}K_{30}$	103,9	852,6	3,55	8,04
$N_{60}P_{30}K_{60}$	105,4	899,2	3,72	7,74
Среднее	102,8	919,7	4,06	8,07
$Cv, \%$	4,3	7,0	14,2	5,9
HCP_{05}	7,2	161,1	0,87	0,74

растения, вариабельность которой по вариантам опыта составила 14,2%. Масса семян с одного растения в варианте без удобрений равнялась 3,51 г, при внесении удобрений семенная продуктивность увеличивалась на 0,04–1,54 г в зависимости от фонов питания. Наибольшая (4,97 и 5,05 г) масса семян с одного растения отмечена в вариантах на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{60}$ и достоверно превышала данный показатель в контрольном варианте на 1,46 и 1,54 г при НСР₀₅ 1,17 г.

В вариантах с использованием $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$ получены наиболее крупные семена, масса 1000 семян которых составила 8,81 и 8,91 г. Наиболее мелкие семена отмечены в вариантах при внесении $N_{30}P_{30}K_{60}$ (7,73 г) и $N_{60}P_{30}K_{60}$ (7,74 г), что несущественно (на 0,19 и 0,20 г) превышало контрольный вариант.

Высота не является непосредственным элементом продуктивности, однако положительно связана с большинством из них. Высота растений крамбе варьировала от 98,8 см в варианте с $N_{30}P_{30}K_{30}$ до 111,2 см с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$. Увеличение дозы азотного компонента стимулировало наибольший рост растений, где высота крамбе составила 102,8–111,2 см при 98,8–99,9 см в вариантах с меньшей дозой азота.

В результате проведенных исследований при улучшении условий минерального питания отмечено в различной степени повышение урожайности семян крамбе. В вариантах с применением предпосевного внесения удобрений урожайность культуры варьировала в пределах 1,95–2,13 т/га, в зависимости от дозировки минеральных элементов прибавка составила 0,03–0,21 т/га относительно контроля (1,92 т/га).

Максимальная (2,13 и 2,10 т/га) урожайность получена в вариантах с внесением под предпосевную культивацию $N_{30}P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$, которая достоверно (на 0,21 и 0,18 т/га) превышала урожайность культуры без удобрений (см. табл. 4).

Наименьшая продуктивность отмечена в вариантах $N_{60}P_{30}K_{30}$ (1,95 т/га), $N_{30}P_{30}K_{60}$ (1,95 т/га) и $N_{60}P_{60}K_{30}$ (1,97 т/га), где увеличение урожайности по сравнению с вариантом без удобрений было несущественным

Табл. 4. Урожайность и качество семян крамбе в зависимости от доз удобрений (2021–2023 гг.)

Table 4. Productivity and quality of crambe seeds depending on the fertilizer doses (2021–2023)

Вариант	Урожайность, т/га	Отклонение, ±	Масличность, %	Содержание протеина, %
Контроль	1,92	–	34,8	21,39
$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,10	0,18	36,5	22,13
$N_{30}P_{60}K_{60}$	1,99	0,07	37,6	22,87
$N_{30}P_{60}K_{30}$	2,13	0,21	36,3	22,50
$N_{30}P_{30}K_{60}$	1,95	0,03	36,1	22,18
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,06	0,14	35,9	24,71
$N_{60}P_{60}K_{30}$	1,97	0,05	35,0	25,08
$N_{60}P_{30}K_{30}$	1,95	0,03	35,1	24,36
$N_{60}P_{30}K_{60}$	2,01	0,09	34,9	23,60
НСР ₀₅	0,11	–	1,15	1,50

и составило всего 0,03 и 0,05 т/га при НСР 0,11 т/га.

Важным критерием оценки эффективности применения удобрений является выход жира и белка с единицы площади. В среднем за 3 года масличность семян крамбе составила 34,8–37,6%, при этом отмечено увеличение содержания жира в зависимости от доз азота минеральных удобрений.

Опыт показал, что в вариантах с внесением N_{60} в различных сочетаниях масличность семян снижается на 0,2–2,7% по отношению к фону N_{30} : 36,1–37,6% против 34,9–35,9%.

При оценке влияния фосфорного компонента отмечена обратная зависимость: повышение дозы фосфора до 60 кг д.в./га приводило к увеличению масличности на 0,1–1,1%. Если в вариантах с P_{30} масличность составляла 34,9–36,5%, то при внесении P_{60} она повышалась до 35,0–37,6%. Наибольшее содержание жира отмечено на фоне с применением $N_{30}P_{60}K_{60}$ (37,6%) и $N_{30}P_{30}K_{30}$ (36,5%), которое

было существенно (на 1,7–2,8%) выше значений в варианте без удобрений.

Основным фактором, от которого зависит содержание сырого белка в семенах крамбе, является обеспеченность растений азотом и фосфором. В наших исследованиях отмечена тенденция повышения содержания протеина в семенах крамбе при внесении возрастающих доз азота (N_{30} – N_{60}) до 23,60–25,08% при 22,13–22,87% в вариантах с дозой N_{30} , прибавка составила в среднем 1,47–2,21%. В вариантах с увеличением дозы фосфорного компонента до P_{60} отмечено увеличение белка в среднем на 0,4–2,9%. Максимальное накопление протеина было в вариантах с внесением $N_{60}P_{60}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$, которое на 3,32 и 3,69% выше относительно контрольного варианта.

Ценность масла определяется в первую очередь его жирнокислотным составом. Предпосевное внесение удобрений незначительно влияло на качество масла, в частности на его жирнокислотный состав. Например, максимальное (на 14,7%) увеличение концентрации олеиновой кислоты отмечено в варианте с $N_{30}P_{30}K_{30}$. Снижение содержания данной кислоты до 12,8% относительно контроля отмечено с внесением $N_{60}P_{30}K_{30}$. В остальных вариантах содержание олеиновой кислоты было на уровне контрольного варианта – 13,3–13,0% (см. табл. 5).

Минимальное (8,2 и 6,8%) содержание линолевой и линоленовой кислот отмечено в варианте с предпосевным внесением $N_{30}P_{60}K_{60}$, что на 0,2% ниже контроля и на 0,4–1,4 и 0,1–0,7% соответственно ниже показателей других вариантов. Внесение удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{30}$ и $N_{60}P_{30}K_{30}$ способствовало наибольшему (9,3 и 9,6%) накоплению линолевой кислоты.

Внесение минеральных удобрений снижает содержание эруковой кислоты до 60,3–60,9% относительно 61,9% в контрольном варианте. Исключение составил вариант с применением $N_{30}P_{60}K_{60}$, где содержание эруковой кислоты было максимальным – 62,5%, что на 0,6% выше контрольного варианта.

Табл. 5. Содержание основных жирных кислот в маслосеменах крамбе в зависимости от доз удобрений

Table 5. Content of essential fatty acids in crambe oilseeds depending on the fertilizer doses

Вариант	Кислоты				
	олеиновая	линолевая	линоленовая	эруковая	насыщенные
Контроль	13,9	8,4	7,0	61,9	1,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	14,7	8,7	6,9	60,8	1,7
$N_{30}P_{60}K_{60}$	13,7	8,2	6,8	62,5	1,6
$N_{30}P_{60}K_{30}$	13,9	8,8	7,2	60,5	1,8
$N_{30}P_{30}K_{60}$	13,5	8,9	7,3	60,7	1,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	13,9	8,9	7,2	60,3	1,8
$N_{60}P_{60}K_{30}$	13,3	9,3	7,4	60,5	1,7
$N_{60}P_{30}K_{30}$	12,8	9,6	7,5	60,5	1,8
$N_{60}P_{30}K_{60}$	13,8	8,6	7,2	60,9	1,7

Сумма насыщенных жирных кислот изменялась от 1,6 до 1,8% в вариантах с удобрением при 1,5% в контрольном варианте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Крамбе положительно отзывается на внесение минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях. Наиболее эффективными являются $N_{30}P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$, применение которых позволило получить максимальную реализацию потенциала урожайности до 2,13 и 2,10 т/га, прибавка относительно контрольного варианта (без удобрений) составила 0,21 и 0,18 т/га. Наибольшая масличность семян отмечена на фоне с применением $N_{30}P_{30}K_{30}$ (36,5%) и $N_{30}P_{60}K_{60}$ (37,6%), причем использование последнего увеличивало содержание эруковой кислоты до 62,5%. Улучшение уровня питания способствует повышению полевой всхожести на 2,8–9,2% и сохранности растений к уборке на 1,4–7,1%, а также положительно влияет на формирование элементов продуктивности крамбе. В вариантах с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$ получены наиболее крупные семена, масса 1000 семян которых составила 8,81 и 8,91 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С. Результаты выращивания масличных капустных сортов сибирской селекции в условиях Западной Сибири // Кормопроизводство. 2023. № 7. С. 10–13. DOI: 10.25685/KRM.2023.7.2023.001.
2. Исакова А.Л. Крамбе абиссинская – перспективная масличная культура для Беларуси // Наше сельское хозяйство. 2021. № 19 (267). С. 23–27.
3. Маховикова Т.Ф., Сивцева С.Н., Рыбашлыкова Л.П. Новые виды масличных культур на песчаных почвах Западного Прикаспия // Мелиорация. 2021. № 1 (95). С. 45–50.
4. Сазонкин К.Д., Никитов С.В., Виноградов Д.В. Возделывание крамбе абиссинской в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 62–69. DOI: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007.
5. Samarappuli D., Zanetti F., Berzuini S., Berti M. *Crambe* (*Crambe abyssinica* Hochst): A Non-Food Oilseed Crop with Great Potential: A Review // Agronomy. 2020. Vol. 10 (1380). P. 380–390. DOI: 10.3390/agronomy10091380.
6. Иззакова 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.
7. 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.
8. Jankowski K., Sokólski M., Szatkowski A., Kozak M. *Crambe* – energy efficiency of biomass production and mineral fertilization. A case study in Poland // Industrial Crops and Products. 2022. Т. 182. P. 114918. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114918.
9. Исакова А.Л., Исаков А.В., Прахова Т.Я. Особенности развития крамбе абиссинской в условиях Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 61–63.
10. Zorn K., Oroz-Guinea I., Bornscheuer U.T. Strategies for enriching erucic acid from *Crambe abyssinica* oil by improved *Candida antarctica* lipase a variants // Process Biochemistry. 2019. Vol. 79. P. 65–76. DOI: 10.1016/j.procbio.2018.12.022.
11. Costa E., Almeida M.F., Alvim-Ferraz C., Dias J.M. Cultivation of *Crambe abyssinica* non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment // Industrial crops and Products. 2019. Vol. 139. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111501.
12. Володько О.С., Быченин А.П. Дизельные смеси топлива для сельскохозяйственной техники // Сельский механизатор. 2021. № 3. С. 26–27.
13. Епифанова И.В. Влияние покровных культур на засоренность люцерны изменчивой в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2 (392). С. 184–187. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_2_184.
14. Мазин А.М. Влияние минеральных удобрений на хозяйственно ценные признаки перспективного образца клевера лугового // Кормопроизводство. 2023. № 7. С. 18–21. DOI: 10.25685/KRM.2023.7.2023.003.
15. Nurmanov E.T., Khamzina B.N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard // Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university. 2023. № 1-1 (116). С. 62–72. DOI: 10.51452/kazatu.2023.No1.1305.

REFERENCES

1. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S. Growing oil cole crops of the Siberian breed in Western Siberia. *Kormoproizvodstvo = Kormoproizvodstvo*, 2023, no. 7, pp. 10–13. (In Russian). DOI: 10.25685/KRM.2023.7.2023.001.
2. Isakova A.L. *Crambe Abyssinica* – a promising oilseed crop for Belarus. *Nashe sel'skoye khozyaystvo = Our agriculture*, 2021, no. 19 (267), pp. 23–27. (In Russian).
3. Makhovikova T.F., Sivtseva S.N., Rybashlykova L.P. New types of oil crops on sandy soils of the Western Caspian. *Melioratsiya = Land Reclamation*, 2021, no. 1 (95), pp. 45–50. (In Russian).
4. Sazonkin K.D., Nikitov S.V., Vinogradov D.V. Cultivation of the Abyssinian *crambe* in the Rязan region. *Vestnik Ryazanskogo Gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 62–69. (In Russian). DOI: 10.36508/RSATU.2022.40.49.007.

5. Samarappuli D., Zanetti F., Berzuini S., Berti M. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): A Non-Food Oilseed Crop with Great Potential: A Review. *Agronomy*, 2020, vol. 10 (1380), pp. 380–390. DOI: 10.3390/agronomy10091380.
6. Igzakova Z.I., Sitdikova A.I. Quantitative determination of ascorbic acid and carotenoids in *Crambe Abyssinica* raw materials. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Bulletin of the Bashkir State Medical University*, 2022, no. 1, pp. 74–77. (In Belarus).
7. Turina E.L., Prakhova T.Ya., Radchenko L.A. The value of the crop ‘*Crambe abyssinica*’ (*Crambe Abyssinica*) and its productivity in various countries of the world (review). *Zernovoye khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2021, no. 4 (76), pp. 66–72. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-66-72.
8. Jankowski K., Sokólski M., Szatkowski A., Kozak M. *Crambe* – energy efficiency of biomass production and mineral fertilization. A case study in Poland. *Industrial Crops and Products*, 2022, vol. 182, p. 114918. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114918.
9. Isakova A.L., Isakov A.V., Prakhova T.Ya. Features of the development of Abyssinian crambe in the conditions of Belarus. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2023, no. 1, pp. 61–63. (In Belarus).
10. Zorn K., Oroz-Guinea I., Bornscheuer U.T. Strategies for enriching erucic acid from *Crambe abyssinica* oil by improved *Candida antarctica* lipase a variant. *Process Biochemistry*, 2019, vol. 79, pp. 65–76. DOI: 10.1016/j.procbio.2018.12.022.
11. Costa E., Almeida M.F., Alvim-Ferraz C., Dias J.M. Cultivation of *Crambe abyssinica* non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. *Industrial crops and Products*, 2019, vol. 139, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111501.
12. Volodko O.S., Bychenin A.P. Diesel mixed fuels for agricultural machinery. *Sel'skiy mekhanizator = Selskiy Mechanizator*, 2021, no. 3, pp. 26–27. (In Russian).
13. Epifanova I.V. The influence of cover crops on the weed infestation of alfalfa in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal = International Agricultural Journal*, 2023, no. 2 (392), pp. 184–187. (In Russian). DOI: 10.55186/25876740_2023_66_2_184.
14. Mazin A.M. The influence of mineral fertilizers on the economically valuable characteristics of a promising sample of meadow clover. *Kormoproizvodstvo = Kormoproizvodstvo*, 2023, no. 7, pp. 18–21. (In Russian). DOI: 10.25685/KRM.2023.7.2023.003.
15. Nurmanov E.T., Khamzina B.N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university*, 2023, no. 1-1 (116), pp. 62–72. DOI: 10.51452/kazatu.2023.No1.1305.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Прахова Т.Я.**, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-7063-4784, SPIN-код 7077-3294; **адрес для переписки:** Россия, 442731, Пензенская область, Лунинский район, п/о Лунина, ул. Мичурина, 1Б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Одрин И.В., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Tatyana Ya. Prakhova**, Head Researcher, Doctor of Science in Agriculture, ORCID 0000-0002-7063-4784, SPIN-code 7077-3294; **address:** 1 B, Michurina St., post office Lunina, Lunin District, Penza Region, 442731, Russia; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Ilya V. Odrin, Post-graduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 30.10.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.11.2024
Дата публикации / Published 15.04.2025