

АГРОНОМИЯ

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья
УДК 631.816.3; 631.81.036; 635.567
doi: 10.28983/asj.y2024i6pp4-11

Эффективность корневой подкормки удобрениями, содержащими аминокислоты, на индау посевном в условиях полной светокультуры

**Тимур Поладович Бабаев, Максим Владимирович Киселёв, Виталий Михайлович Кондратьев,
Дмитрий Юрьевич Радишевский, Максим Дмитриевич Солодянников**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин, Россия, e-mail: vitsevsk@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований по определению эффективности корневой подкормки удобрениями, содержащими аминокислоты, на индау посевном в условиях полной светокультуры. Исследования проводились в фитотроне лаборатории светокультуры и сити-фарминга ФГБОУ ВО СПбГАУ в 2023 г. Объекты исследований – удобрения, содержащие аминокислоты и чистые аминокислоты. В работе использовали экспериментальные методы – вегетационный и математическую статистику. Схема опыта включает в себя шесть вариантов: фоновый (раствор минеральных элементов питания по собственному рецепту), фон с добавлением удобрений, содержащих аминокислоты (Реновация и Аминотал), фон с добавлением чистых аминокислот (метионин, цистеин и лизин). По результатам исследований установлено, что корневая подкормка удобрениями с аминокислотами не оказала существенного влияния на рост и развитие индау посевного. Корневая подкормка сорта Сицилия лизином и цистеином позволила сократить межфазный период между 2-м и 4-м настоящими листьями на 2 суток. Под воздействием цистеина высота растений обоих сортов была выше по сравнению с остальными. Применение цистеина в качестве корневой подкормки привело к существенному увеличению урожайности у сорта Сицилия (на 38 %) и незначительному – у сорта Корсика (на 2,5 %). Корневая подкормка удобрениями с аминокислотами и чистыми аминокислотами способствовала улучшению метаболизма нитратов в растениях. Требуется проведение дополнительных исследований с разными дозировками и другими способами обработки растений.

Ключевые слова: корневые подкормки; аминокислоты; индау посевной; светокультура; вертикальные фермы

Для цитирования: Бабаев Т. П., Киселёв М. В., Кондратьев В. М., Радишевский Д. Ю., Солодянников М. Д. Эффективность корневой подкормки удобрениями, содержащими аминокислоты, на индау посевном в условиях полной светокультуры // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 4–11. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp4-11>.

AGRONOMY

Original article

The effectiveness of soil dressing with fertilizers containing amino acids in indau under conditions of light culture

Timur P. Babaev, Maxim V. Kiselyov, Vitalij M. Kondrat'ev, Dmitry Yu. Radishevsky, Maxim D. Solodyannikov
St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia, e-mail: vitsevsk@mail.ru

Abstract. The results of studies to determine the effectiveness of soil dressing with fertilizers containing amino acids on indau under conditions of light culture are presented. The research was carried out in the phytotron of the Laboratory of Light Culture and city-farming of the Federal State Budgetary Educational Institution in St. Petersburg State University in 2023. The objects of research are fertilizers containing amino acids and pure amino



acids. Experimental methods were used in the work – the vegetative method, mathematical statistics. The scheme of the experiment includes six options: a solution of mineral nutrients according to your own recipe, addition of fertilizers containing amino acids (Renovatsia and Aminothal), addition of pure amino acids (methionine, cysteine and lysine). According to the results of the research, it was found out that soil dressing with fertilizers with amino acids did not have a significant effect on the growth and development of the seed crop; root feeding of the Sicily variety with lysine and cysteine made it possible to reduce the interphase period between the 2nd and 4th true leaves by 2 days. Under the influence of cysteine, the height of plants of both varieties was higher compared to the others. The use of cysteine as a soil dressing led to a significant increase in yield in the Sicilia variety (by 38%) and an insignificant increase in the Corsica variety (by 2.5%). Soil dressing with fertilizers with amino acids and pure amino acids helped to improve the metabolism of nitrates in plants. Additional studies with different dosages and other methods of plant treatment are required.

Keywords: soil dressing; amino acids; indau, light culture; vertical farms

For citation: Babaev T. P., Kiselyov M. V., Kondratiev V. M., Radishevsky D. Yu., Solodyannikov M. D. The effectiveness of soil dressing with fertilizers containing amino acids in indau under conditions of light culture. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(6):4–11. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp4-11>.

Введение. Целью современной агрохимии является создание наилучших условий питания растений с учетом знания свойств различных видов и форм удобрений, особенностей их взаимодействия с растением, почвой или субстратом [13]. Одним из современных видов удобрений являются жидкие комплексные удобрения, содержащие аминокислоты (АМК). В настоящее время они активно применяются для листовых обработок сельскохозяйственных культур открытого грунта. По результатам исследований [8, 11, 12, 14], их применение для подкормки растений в период вегетации способствует повышению устойчивости к неблагоприятным факторам среды, увеличению урожайности и улучшению качества урожая. Аминокислоты в составе удобрений выступают как хелаторы для макро- и микроэлементов, так и стимуляторы роста и развития сельскохозяйственных культур.

В качестве корневой подкормки удобрения, содержащие АМК, используются реже. Однако роль аминокислот в почве велика, т.к. повышают активность почвенной микробиоты [2]. Вследствие антропогенного воздействия разнообразие аминокислот в почве снижается, что влечет за собой снижение разнообразия микробиоты, ее активности и может являться причиной снижения урожайности [10]. По результатам исследований [2, 3, 7], доказана эффективность применения удобрений, содержащих АМК, в виде корневой подкормки на пшенице, просе и картофеле в открытом грунте.

В условиях замкнутой системы [15] (полная светокультура, гидропонный метод питания) корневые подкормки выращиваемых культур имеют преимущество перед листовыми обработками, т.к. не требуют включения дополнительной технологической операции. Корневая подкормка осуществляется путем добавления раствора АМК в рабочий раствор, а листовая подкормка – путем обработки рабочим раствором с помощью опрыскивателя листовой поверхности растений, что нежелательно (во избежание развития заболеваний, ухудшения товарного вида).

Индау посевной (*Eruca sativa* Mill.) – однолетнее, холодостойкое, светолюбивое растение семейства Капустные (Brassicaceae). Вкус – острый, горчичный. Растение содержит алкалоиды, флавоноиды, витамин С, витамины группы В, минеральные соли, йод (до 700 мкг/кг), железо, яблочную и лимонную кислоты, в семенах обнаружены стероиды, жирное и горчичное масло [6, 9].

Вопрос применения АМК в системе питания растений малоизучен. Поэтому цель нашего исследования – определение эффективности корневой подкормки удобрениями, содержащими аминокислоты, на индау посевном в условиях полной светокультуры.

Материалы и методы. Эффективность корневых подкормок удобрениями с аминокислотами изучали в фитотроне лаборатории светокультуры и сити-фарминга ФГБОУ ВО СПбГАУ в 2023 г. Объектами исследований являлись агрохимикаты, содержащие в своем составе аминокислоты, а также отдельные L-аминокислоты. В качестве фона использовали двухкомпонентный маточный раствор собственного приготовления без содержания аминокислот. Химический состав маточного раствора приведен в таблице 1.





Таблица 1 – Химический состав 2-компонентного маточного раствора

Table 1 – Chemical composition of the 2-component mother solution

Элемент питания	Содержание элементов питания в маточном растворе, %
N-NH ₄	0,05
N-NO ₃	2,52
K ₂ O	5,90
P ₂ O ₅	1,78
MgO	1,44
CaO	1,96
SO ₃	2,86
∑ (Fe, Cu, Mn, Zn, B)	>0,04

Для проведения сравнительных исследований было выбрано 2 аналога удобрений, содержащих свободные аминокислоты зарубежного производства.

Аминотал Микс – сбалансированное жидкое комплексное микроудобрение на основе аминокислот с азотом и микроэлементами для восполнения дефицита элементов питания, сохранения баланса микроэлементов и снятия стрессов. Химический состав, %: N – 1,5, Co – 0,15, Fe – 0,25, Zn – 0,2, Mn – 0,2, B – 0,05, Mo – 0,05, Cu – 0,1, аминокислоты – 10.

Реновация Комплекс – жидкое органоминеральное удобрение с микроэлементами. Химический состав, %: N – 1,1, K₂O – 5, P₂O₅ – 3,6, Fe-DTPA – 0,09, Zn – 0,013, Mn – 0,006, Cu – 0,003, Mo – 0,003, витамины – 0,82, органические вещества – 2, аминокислоты – 8,5.

Объекты исследования – индау посевной (*Eruca sativa* Mill.) сортов Корсика и Сицилия. Сорты включены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации [1].

Корсика – сорт включен в Госреестр по Российской Федерации для выращивания в ЛПХ. Рекомендуется для использования зеленых молодых листьев в салатах и в качестве гарнира к мясным и рыбным блюдам. Среднеспелый. Период от полных всходов до начала хозяйственной годности 30–32 дня. Высота растения 62 см. Розетка листьев полуприподнятая. Лист узкий, лировидный, часто выемчатый по краю, гладкий, зеленый. Цветки белые с розоватым оттенком. Урожайность зеленой массы 2,5 кг/м². Холодостойкий, не выносит жары, при засухе стрелкуется.

Сицилия – сорт включен в Госреестр по Российской Федерации для выращивания в ЛПХ. Рекомендуется для использования зеленых молодых листьев в салатах и в качестве гарнира к мясным и рыбным блюдам. Среднеспелый. Период от полных всходов до начала хозяйственной годности 27–30 дней. Высота растения 60 см. Лист лировидный, перисто-рассеченный, зеленый. Цветки желто-белые с фиолетовыми жилками. Урожайность зеленой массы 2,5 кг/м². Холодостойкий, не выносит жары, при засухе стрелкуется.

Исследования проводили в 3-кратной аналитической повторности, по 20 растений в каждой повторности. Во время вегетации осуществляли фенологические наблюдения, биометрические измерения, которые включали в себя высоту розетки листьев, количество настоящих листьев, ассимиляционную площадь листьев, учет урожая. При проведении исследований руководствовались методическими указаниями [4] и методикой [5].

Статистическую обработку экспериментальных данных урожайности проводили методом дисперсионного анализа по *t*-критерию Стьюдента (оценка значимости разности между средними осуществлялась при 5%-м уровне значимости) с использованием прикладных программ Microsoft Excel. Средние значения показателей указаны с ошибкой среднего.

Схема опыта.

Фон – 2-компонентное удобрение собственной разработки (st), компонент А 5мл/л + компонент Б 5 мл/л.

Фон + Аминотал, 2 мл/л.

Фон + Реновация, 2 мл/л.

Фон + L-Метионин, доза – 10^{-2} моль/л.

Фон + L-Цистеин, доза – 10^{-2} моль/л.

Фон + L-Лизин, доза – 10^{-2} моль/л.

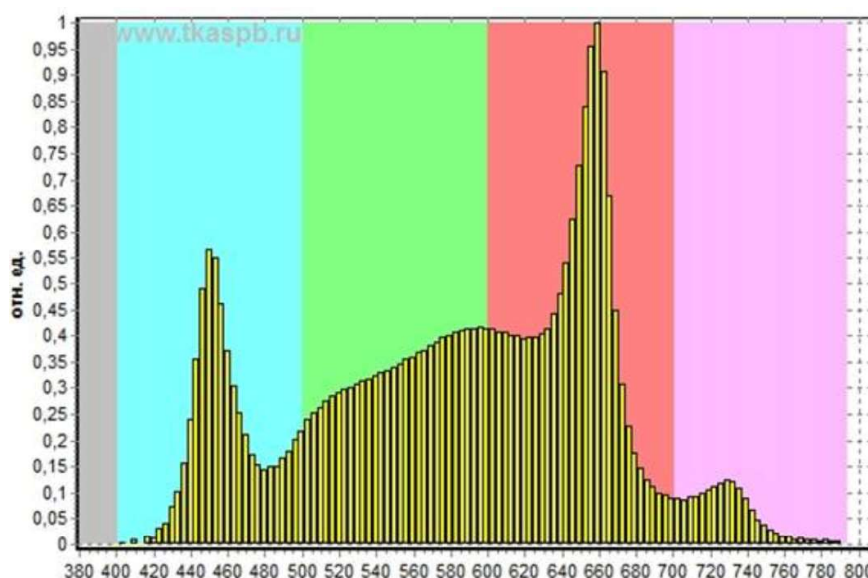
В период вегетации до наступления фазы 2 настоящих листьев во всех вариантах опыта полив осуществляли фоновым раствором. После прохождения фазы 2 настоящих листьев проводили 3 корневые подкормки, в соответствии со схемой опыта с интервалом 10 дней. Агрехимическая характеристика рабочих растворов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Уровень pH и электропроводности (Ес) рабочих растворов в вариантах опыта

Table 2 – pH level and electrical conductivity (Ес) of working solutions in experimental variants

Вариант опыта	pH, ед.	Ес, мСм/см
Фон (st)	5,30	1,50
Фон + Аминотал, 2 мл/л	5,00	1,75
Фон + Реновация, 2 мл/л	6,00	1,70
Фон+ L-Метионин, доза внесения 10^{-2} моль/л	5,40	1,50
Фон + L-Цистеин, доза внесения 10^{-2} моль/л	5,60	1,45
Фон + L-Лизин, доза внесения 10^{-2} моль/л	5,50	1,65

Агротехника при проведении исследований. Семена сажали вручную на минераловатные коврики в три ряда с последующим прореживанием посевов. Проращивание осуществляли при 21–23 °С и влажности воздуха 80 %. При появлении массовых всходов включали освещение. В течение вегетации поддерживали температуру воздуха 22–24 °С, относительную влажность воздуха – 60–70 %. Мощность облучения – 170,0 мкмоль/м²/с, фотопериод составлял 16 ч. Спектрограмма источника облучения представлена на рисунке.



Спектрограмма светодиодного источника
освещения

Spectrogram of LED light source

Полив осуществляли методом проточной гидропоники автоматически с периодичностью работы 2 мин каждые 6 ч. Корневые подкормки проводили три раза с интервалом 10 дней, после наступления фазы двух настоящих листьев.

Результаты исследований. Результаты фенологических наблюдений за сортами индау посевного показали, что удобрения, содержащие АМК, не оказали существенного влияния на скорость развития сортов на разных этапах (таблица 3).



В результате применения отдельных аминокислот (лизин и цистеин) установлено сокращение периода между фазами двух и четырех настоящих листьев у сорта Сицилия на 2 дня относительно контрольного варианта. Влияние отдельных аминокислот на сорт Корсика не обнаружено.

Применение удобрений, содержащих АМК, и чистых аминокислот в качестве корневой подкормки оказало противоречивое влияние на рост сортов индау посевного (таблица 4).

Таблица 3 – Продолжительность фенологических периодов индау посевного при корневых подкормках удобрениями, содержащими аминокислоты, в условиях полной светокультуры (2023 г.)

Table 3 – Duration of phenological periods of indau with root feeding with fertilizers containing amino acids under conditions of full light culture (2023)

Вариант опыта	Посев – массовые всходы, сут.	От массовых всходов до..., сут.		Продолжительность вегетационного периода от массовых всходов до уборки, сут.
		2 настоящих листьев	4 настоящих листьев	
Сорт Сицилия				
Фон	6	17	25	40
Фон + Реновация	6	17	24	40
Фон + Аминотал	7	16	25	40
Фон + Метионин	5	16	24	40
Фон + Цистеин	5	17	23	40
Фон + Лизин	6	17	23	40
Сорт Корсика				
Фон	6	18	26	40
Фон + Реновация	6	18	27	40
Фон + Аминотал	6	17	26	40
Фон + Метионин	5	16	24	40
Фон + Цистеин	5	16	23	40
Фон + Лизин	6	16	23	40

Таблица 4 – Биометрические параметры индау посевного при корневых подкормках удобрениями, содержащими аминокислоты, в условиях полной светокультуры (2023 г.)

Table 4 – Biometric parameters of indau during root feeding with fertilizers containing amino acids under conditions of full light culture (2023)

Вариант опыта	Высота растений $\pm S_x$, см	Количество листьев $\pm S_x$, шт.
Сорт Сицилия		
Фон	15,88 \pm 0,36	5,60 \pm 0,27
Фон + Реновация	14,46 \pm 0,72	5,80 \pm 0,39
Фон + Аминотал	15,83 \pm 0,96	6,90 \pm 0,53
Фон + Метионин	13,90 \pm 1,00	7,60 \pm 0,07
Фон + Цистеин	17,40 \pm 0,76	7,00 \pm 0,53
Фон + Лизин	15,56 \pm 0,39	6,50 \pm 0,61
НСР _{0,05}	1,87	1,59
Сорт Корсика		
Фон	14,87 \pm 1,17	6,08 \pm 0,10
Фон + Реновация	13,54 \pm 1,95	6,19 \pm 0,91
Фон + Аминотал	17,80 \pm 0,29	5,44 \pm 0,49
Фон + Метионин	13,54 \pm 0,99	5,89 \pm 1,16
Фон + Цистеин	17,20 \pm 0,60	5,86 \pm 0,53
Фон + Лизин	16,45 \pm 1,19	8,36 \pm 1,15
НСР _{0,05}	2,93	1,86

Так, у сорта Сицилия с применением метионина сформировалось листьев больше (7,60 \pm 0,07 шт.), чем на контрольном варианте, на 35,7 %. Существенных различий по высоте растений у сорта Сицилия по вариантам опыта не наблюдалось. Наиболее высокие растения сформировались в варианте опыта с применением цистеина – 17,40 \pm 0,76 см, что выше контроля на 1,52 см.





Данные факты не нашли своего отражения у сорта Корсика. Растения этого сорта сформировались существенно выше контроля в варианте применения удобрения Аминотал, содержащего АМК, $17,80 \pm 0,29$ см, что выше контроля на 2,93 см. Наибольшее количество листьев отмечали в варианте с применением в качестве корневой подкормки лизина – $8,36 \pm 1,15$ см, что выше контроля на 37,5 %.

Полученные результаты противоречивы и требуют дополнительной проверки на других сортах.

По данным таблицы 5, урожайность при корневой подкормке имеет сортовые особенности. Так, у сорта Сицилия урожайность достоверно выше в варианте опыта с применением цистеина. По отношению к контрольному варианту прибавка урожайности составила 38 %. При этом накопление нитратов в данном варианте в 3,7 раза меньше, чем в контроле. Такую существенную разницу в накоплении нитратов между контрольным вариантом и опытными вариантами можно объяснить тем, что условиях недостатка серы наблюдается снижение активности нитратредуктазы в растениях, что приводит к избыточному накоплению нитратов. Цистеин и метионин являются серосодержащими аминокислотами и дополнительными источниками серы для растений в нашем исследовании (влияние лизина на ассимиляцию нитратов еще предстоит уточнить). Согласно данным [16], обработка растений отдельными аминокислотами (в т.ч. цистеином и метионином) позволила увеличить активность нитратредуктазы и, как следствие, ассимиляцию нитратов в растениях.

Таблица 5 – Урожайность и качество урожая индау посевного при корневых подкормках удобрениями, содержащими аминокислоты, в условиях полной светокультуры (2023 г.)

Table 5 – Productivity and quality of the indau during root feeding with fertilizers containing amino acids under conditions of full light culture (2023)

Вариант опыта	Урожайность, кг/м ²	Разница, кг/м ²	Содержание NO ₃ , мг/кг
Сорт Сицилия			
Фон	2,18		3203,0
Фон + Реновация	2,15	-0,03	1090,0
Фон + Аминотал	2,01	-0,17	584,0
Фон + Метионин	1,43	-0,75	1932,0
Фон + Цистеин	3,01	0,83	857,0
Фон + Лизин	1,83	-0,35	677,0
НСР _{0,05}		0,43	
Сорт Корсика			
Фон	1,58		3043,0
Фон + Реновация	1,21	-0,37	1421,0
Фон + Аминотал	1,08	-0,50	945,5
Фон + Метионин	0,70	-0,88	1860,0
Фон + Цистеин	1,62	0,04	1870,0
Фон + Лизин	1,34	-0,24	1609,5
НСР _{0,05}		0,26	

В ходе проведения исследования была определена эффективность корневых подкормок удобрениями, содержащими АМК, и чистыми аминокислотами с учетом сортовых особенностей индау посевного. Применение удобрений, содержащих АМК, не оказало существенного влияния на рост и развитие растений индау посевного и способствовало снижению урожайности, а также содержанию нитратов.

В варианте с применением метионина урожайность у обоих сортов индау посевного оказалась достоверно ниже по сравнению с контролем – 1,43 и 0,70 кг/м² соответственно. Корневая подкормка метионином способствовала формированию растений высотой от 13,5 до 13,9 см и количеством листьев от 5,89 до 7,60 шт., существенно не отличавшихся от контрольного варианта.

Обратная ситуация наблюдается при использовании цистеина в дозе 10⁻² моль/л в качестве корневой подкормки. Исходя из наблюдений, было выявлено, что прохождение фенологических фаз после обработки ускорилось по отношению к контролю на 2–3 дня в зависимости от сорта.



Данная тенденция сохранилась и при учете урожайности, где вариант с цистеином проявлял себя наилучшим образом по отношению к остальным вариантам опыта. Так, сорта Сицилия и Корсика дали прибавку к урожайности контрольного варианта в 38 и 2,5 % соответственно. Корневая подкормка удобрениями с АМК и чистыми АМК способствовала улучшению метаболизма нитратов в растениях.

Эффективность корневых подкормок составляет 15–20 % [12], что, возможно, является причиной противоречивых результатов. Необходимо провести исследование по влиянию листовых обработок удобрениями с АМК и чистыми АМК на рост и развитие индау посевного в условиях полной светокультуры.

Заключение. Проведенные исследования показали, что корневая подкормка удобрениями с аминокислотами не оказала существенного влияния на рост и развитие индау посевного. Корневая подкормка сорта Сицилия лизином и цистеином позволила сократить межфазный период между 2-я и 4-я настоящими листьями на 2 суток. Под воздействием цистеина высота растений обоих сортов была выше по сравнению с остальными. Применение цистеина в качестве корневой подкормки привело к существенному увеличению урожайности у сорта Сицилия (на 38 %) и незначительному – у сорта Корсика (на 2,5 %). Корневая подкормка удобрениями с аминокислотами и чистыми аминокислотами способствовала улучшению метаболизма нитратов в растениях.

Требуется проведение дополнительных исследований с разными дозировками и другими способами обработки растений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (соглашение № 17791ГУ/2022).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru> (07.11.2023).
2. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Ромашкин А. С. Эффективность цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, в качестве удобрения проса // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(59). С. 76–82. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-3-76-82. EDN AXSXJJ.
3. Куликова А. Х., Карпов А. В., Черкасов М. С. Влияние цеолита и удобрений на его основе на урожайность кукурузы и баланс элементов питания в черноземе, выщелоченном под ее посевами // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 69–75. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75. EDN RYNKJS.
4. Лизгунова Т. В., Корень Н. Ф. Методические указания по изучению коллекции капусты и листовых зеленых культур (салат, шпинат, укроп). Л.: ВАСХНИЛ, 1969. С. 26–33.
5. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ ВНИИО, 2011. 650 с.
6. Лудилов В. А., Иванова М. И. Редкие и малораспространенные овощные культуры: биология, выращивание, семеноводство; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М.: Росинформагротех, 2009. 195 с.
7. Можарова И. П., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю. Влияние полифункциональных удобрений с включением гуминовых веществ, аминокислот, макро- и микроэлементов на урожайность и качество яровой и озимой пшеницы // Агротехнический вестник. 2018. № 6. С. 39–43. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10058. EDN YPLFMD.
8. Пономарева А. С., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю. Продуктивность и качество пшеницы при внесении органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот // Плодородие. 2019. № 5(110). С. 13–16. DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.04. EDN IWQGOK.
9. Принципиальные различия между двурядником тонколиственным (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) и индау посевным (*Eruca sativa* (Mill.)) при культивировании в производственных условиях / М. И. Иванова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 14–19.
10. Фрунзе Н. И. Разнообразие аминокислот чернозема типичного (Молдавия) // Почвоведение. 2014. № 12. С. 1483. DOI: 10.7868/S0032180X1412003X. EDN SXIZMX.
11. Шаповал О. А., Можарова И. П., Федотова Л. С. Эффективность применения на картофеле полифункциональных удобрений с аминокислотами в стрессовых условиях // Агротехника. 2019. № 7. С. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119070123. EDN MZZUJK.
12. Эффективность применения органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот на пшенице / А. С. Пономарева [и др.] // Агротехнический вестник. 2019. № 1. С. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014. EDN YXMDML.

13. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. Агрехимия. 4-е изд., стер. СПб.: Лань, 2023. 584 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/271331> (дата обращения: 05.12.2023).

14. Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense / M. Trovato, D. Funck, G. Forlani, S. Okumoto, R. Amir // *Front. Plant Sci.* 2021. No. 12. P. 772–810. DOI: 10.3389/fpls.2021.772810.

15. Influence of LED lighting power on basil (*Ocimum basilicum* L.) / V. M. Kondratev, G. S. Osipova, M. V. Kiselev, O. Yu. Gudiev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture, Smolensk, 2021. Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. P. 032079. EDN HHSSKP.

16. Sulfur starvation and restoration affect nitrate uptake and assimilation in rapeseed / G. Kaur, R. Chandna, R. Pandey, Y. P. Abrol, M. Iqbal, A. Ahmad // *Protoplasma*. 2010. № 248(2). P. 299–311. DOI:10.1007/s00709-010-0171-3.

REFERENCES

1. The State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties – access mode. URL: <https://reestr.gosortrf.ru/> (07.11.2023). (In Russ.).

2. Kulikova A. H., Yashin E. A., Romashkin A. S. The effectiveness of zeolite and zeolite enriched with amino acids as a millet fertilizer. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2022;3(59):76–82. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2022-3-76-82. EDN AXSXJJ.

3. Kulikova A. H., Karpov A. V., Cherkasov M. S. The influence of zeolite and fertilizers based on it on corn yield and the balance of nutrients in chernozem leached under its crops. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023;2(62):69–75. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75. EDN RYNKJS.

4. Lizgunova T. V., Koren N.F. Methodological guidelines for the study of the collection of cabbage and leafy green crops (lettuce, spinach, dill). L.: VASHNIL; 1969. P. 26–33. (In Russ.).

5. Litvinov S. S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow: GNU VNIIO; 2011. 650 p. (In Russ.).

6. Ludilov V. A., Ivanova M. I. Rare and sparsely distributed vegetable crops: (biology, cultivation, seed production); Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Moscow: Rosinformagrotech; 2009. 195 p. (In Russ.).

7. Mozharova I. P., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu. The influence of multifunctional fertilizers with the inclusion of humic substances, amino acids, macro- and microelements on the yield and quality of spring and winter wheat. *Agrochemical Bulletin*. 2018;(6):39–43. (In Russ.). (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10058. EDN YPLFMD.

8. Ponomareva A. S., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu. Productivity and quality of wheat when applying organomineral fertilizers with a complex of amino acids. *Fertility*. 2019;5(110):13–16. (In Russ.). DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.04. EDN IWQGOK.

9. Fundamental differences between thin-leaved double-row (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) and indau (*Eruca sativa* (Mill.)) when cultivated in production conditions / M. I. Ivanova, A. F. Bukharov, A. V. Litnetsky, A. F. Razin, R. A. Meshcheryakova. *Agrarian Scientific Journal*. 2018;(1):14–19. (In Russ.).

10. Frunze N. I. Diversity of amino acids of typical chernozem (Moldova). *Soil Science*. 2014;(12):1483. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0032180X1412003X. EDN SXIZMX.

11. Shapoval O. A., Mozharova I. P., Fedotova L. S. The effectiveness of using multifunctional fertilizers with amino acids on potatoes under stressful conditions. *Agrochemistry*. 2019;(7):75–82. (In Russ.). DOI: 10.1134/S0002188119070123. EDN MZZUJK.

12. Efficiency of application of organomineral fertilizers with amino acid complex on wheat / A. S. Ponomareva, A. A. Korshunov, T. Yu. Voznesenskaya, D. A. Ryzhova. *Agrochemical Bulletin*. 2019;(1):59–62. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014. EDN YXMDML.

13. Yagodin B. A., Zhukov Yu. P., Kobzarenko V. I. Agrochemistry. 4th ed., ster. St. Petersburg: Lan; 2023. 584 p. URL: <https://e.lanbook.com/book/271331> (date of application: 05.12.2023). (In Russ.).

14. Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense / M. Trovato, D. Funck, G. Forlani, S. Okumoto, R. Amir. *Front. Plant Sci.* 2021;12:772–810. DOI: 10.3389/fpls.2021.772810.

15. Influence of LED lighting power on basil (*Ocimum basilicum* L.) / V. M. Kondratev, G. S. Osipova, M. V. Kiselev, O. Yu. Gudiev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture, Smolensk, 2021. Smolensk: IOP PUBLISHING LTD; 2021. P. 032079. EDN HHSSKP.

16. Sulfur starvation and restoration affect nitrate uptake and assimilation in rapeseed / G. Kaur, R. Chandna, R. Pandey, Y. P. Abrol, M. Iqbal, A. Ahmad. *Protoplasma*. 2010;248(2):299–311. DOI:10.1007/s00709-010-0171-3.

Статья поступила в редакцию 11.12.2023; одобрена после рецензирования 22.01.2024; принята к публикации 26.01.2024.
The article was submitted 11.12.2023; approved after reviewing 22.01.2024; accepted for publication 26.01.2024.

