

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩИХ ХЕЛАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ПОДКОРМКИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

© 2024. А. А. Петрова¹, Т. И. Смирнова²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,
г. Тверь, Российская Федерация

²ФГБОУ «Тверская ГСХА»,

г. Тверь, Российская Федерация

В статье представлены результаты экспериментальных данных по изучению влияния новых селеносодержащих хелатных соединений в качестве микроудобрения (подкормки) на продуктивность льна-долгунца в условиях Верхневолжья. Опыты выполняли в лабораториях ФГБНУ ФНЦ ЛК и на опытном поле Тверской ГСХА. Почва дерново-среднеподзолистая, супесчаная, хорошо окультурена, со средним содержанием гумуса 2,0% (по Тюрину). Анализ экспериментальных данных подтверждает положительное влияние подкормки льна новыми селено-содержащими соединениями на сохранность и продуктивность растений. Установлено, что выживаемость растений льна была выше в вариантах Se-ИДЯК и Se-ЭДДЯК, соответственно на 3,4–3,6%, относительно контроля. Подкормка улучшила показатели льносолемы: техническая длина увеличилась на 4–5 см (5,6–7,0%); содержание луба – на 1,5–2,5% абсолютных значений к контролю. Новые хелатные соединения Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК в составе водных растворов имели преимущество над селеном натрия и некоординированными комплексами ЭДДЯК и ИДЯК. Прибавка урожая составила: льносолемы – от 3,6 до 4,2 ц/га и льносемян – от 0,4 до 0,5 ц/га. Наиболее эффективным и перспективным, из селено-содержащих соединений, является Se-ЭДДЯК. Прибавка к контролю по общей урожайности составила 4,7 ц/га (14,4%). Хорошую, но несколько меньшую результативность показала обработка растений раствором Se-ИДЯК. Эффективность применения новых хелатных соединений Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК в качестве микроудобрения определяется повышением урожайности льнопродукции с учётом их экономичности (применяются в ультрамикродозах) и экологичности (полностью разлагаются в природных условиях).

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), подкормка, селено-содержащие соединения, хелаты, продуктивность.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема № FGSS -2024-0005).

Для цитирования: Петрова А.А., Смирнова Т.И. Применение новых селено-содержащих хелатных соединений для подкормки льна-долгунца в условиях Верхневолжья. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024; 2(4):(36-43). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.64.91.005

Поступила: 27.03.2024 Принята к публикации: 28.05.2024 Опубликована: 27.06.2024

APPLICATION OF NEW SELENIUM-CONTAINING CHELATE COMPOUNDS FOR TOP DRESSING OF FLAX IN THE CONDITIONS OF THE UPPER VOLGA REGION

© 2024. А. А. Petrova¹, Т. I. Smirnova²

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops,
Tver, Russian Federation

²Tver State Agricultural Academy,
Tver, Russian Federation

The article presents the results of experimental data on studying the influence of new selenium-containing chelate compounds as a micronutrient (top dressing) on the productivity of flax in the conditions of the Upper Volga region. The experiments were carried out in the laboratories of the Scientific Center of

the Federal Research Center for Bast Fiber Crops and at the experimental field of the Tver State Agricultural Academy. The soil was soddy-medium podzolic, sandy loam, well cultivated, with an average humus content of 2.0% (according to Tyurin). Analysis of experimental data confirms the positive effect of feeding flax with new selenium-containing compounds on the safety and productivity of plants. It was found that the survival rate of flax plants was higher in the Se-IDS and Se-EDDS variants, by 3.4–3.6%, respectively, relative to the control. Top dressing improved the performance of flax straw: the technical length increased by 4–5 cm (5.6–7.0%); bast content - by 1.5-2.5% of absolute values compared to control. The new liquid complex compounds with selenium in chelated form Se-EDDS and Se-IDS had an advantage over sodium selenite and uncoordinated complexones EDDS and IDS. The increase in yield was: straw from 3.6 to 4.2 c/ha (12.1–14.1%) and seeds from 0.4 to 0.5 c/ha (13.8–17.2%). The most effective and promising of the selenium-containing compounds is Se-EDDS. The increase in total yield control was 4.7 c/ha (14.4%). The treatment of plants with Se-IDS solution showed good, but somewhat less effective results. The effectiveness of using new chelate compounds Se-EDDS and Se-IDS as micronutrients is determined by increasing the yield of flax products, taking into account their efficiency (used in ultramicrodoses) and environmental friendliness (completely decompose in natural conditions).

Keywords: flax (*Linum usitatissimum* L.), top dressing, selenium-containing compounds, chelates, productivity.

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops on the topic No. FGSS -2024-0005)

For citation: Petrova A. A., Smirnova T. I. Application of new selenium-containing chelate compounds for top dressing of flax in the conditions of the Upper Volga region. Technical cultures. Scientific Agricultural Journal. 2024; 2(4):(36-43). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.64.91.005

Received: 27.03.2024 Accepted for publication: 28.05.2024 Published: 27.06.2024

Введение. Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) относится к числу важнейших и ценнейших прядильных культур РФ. Он дает три вида ценного сырья для промышленности: волокно, семена, костру, а также льняной жмых – концентрированный корм для животных. Объёмы потребления льнопродукции с каждым годом возрастают, но величина производства и качество продукции не удовлетворяют этих потребностей [8]. Качество и количество производимой льнопродукции зависят от плодородия почв и содержания доступных элементов питания, в том числе и микроэлементов [7]. Установлено, что корневая система льна–долгунца слабо развита, поэтому задача повышения эффективности питания и роста урожайности, не утрачивает актуальности. Для льна–долгунца необходимо создание оптимальных условий, обеспечивающих лучшее развитие и повышающих устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды. Немаловажным фактором в решении этого вопроса является подкормка растений льна с внесением ми-

кроудобрений в форме хелатов [5, 12]. Хелаты обладают важными свойствами: фактически не токсичны, хорошо растворимы в воде и отличаются высокой устойчивостью к широкому диапазонам pH, сочетаются с различными пестицидами [7]. В настоящее время обогащение селеном сельскохозяйственных культур становится все более актуальным при получении продукции растениеводства, особенно в условиях дефицита селена в почве [2]. Преимущественно селенодефицитные почвы в России распространены в Центральном и Северо-Западном регионах. Почва Верхневолжья и Тверской области в том числе, также характеризуются значительным недостатком селена Селен (Se) – ультра-микроэлемент, по своей значимости приближающийся к группе самых важных для живых организмов биоэлементов. Участвует в образовании хлорофилла, в реакциях цикла трикарбоновых кислот, в метаболизме длинноцепочечных жирных кислот. Присутствие в растительных клетках ферродоксинов, содержащих селен вместо серы, свидетельствует о его участии в процессах фотосинтеза,

оказывает антагонистическое действие на поглощение и транспорт тяжелых металлов. Селен положительно влияет на рост и развитие растений, а также повышает их стрессоустойчивость и увеличивает продуктивность [10, 14, 15]. Помимо этого, данный элемент крайне необходим в ультрамикродозах для здоровья человека. Он укрепляет иммунитет и препятствует возникновению злокачественных опухолей [1, 2, 9, 13]. Известно, что микроэлементы лучше всего усваиваются растениями в форме комплексных соединений хелатного типа [4, 7, 12]. Роль и влияние селена на продуктивность культуры остается недостаточно изученной, особенно для льна-долгунца, который относится к числу растений, в наибольшей степени нуждающихся в легкодоступных соединениях. Поэтому актуальными в этом направлении являются исследования по повышению содержания селена в растениях льна доступными и экологически безопасными методами.

Цель исследования — изучить влияние и эффективность применения новых селеносодержащих хелатных соединений в качестве микроудобрения (подкормки) на продуктивность льна-долгунца.

Методика исследований. Опыты проводили в лабораториях ФГБНУ ФНЦ ЛК и на опытном поле ТГСХА (Тверская область) в 2022–2023 гг. Почва дерново-среднеподзолистая, остаточна карбонатная, глееватая на морене, супесчаная по гранулометрическому составу, хорошо окультурена. Среднее содержание: гумуса — 2,0% (по Тюрину), легкогидролизуемого азота — 90 мг/кг (по Корнфилду), P_2O_5 и K_2O — 215 и 108 мг/кг (по Кирсанову) соответственно, $pH_{\text{сол.}}$ — 5,6. Исследуемые соединения синтезировали в лаборатории агрохимии Тверской ГСХА. Применяли растворы с концентрацией действующего вещества $1,27 \cdot 10^{-5}$ моль/литр из расчёта 100 мл/м².

Схема опыта:

- 1) Контроль (дистиллированная вода);
- 2) Se (Na_2SeO_3 — неорганический селен);
- 3) Se-ЭДДЯК (селенит-этилендиаминди-сукцинат);
- 4) ЭДДЯК (этилендиаминдиантарная кислота);
- 5) Se-ИДЯК (селенит-иминодисукцинат);
- 6) ИДЯК (иминодиантарная кислота).

Площадь учетной делянки — 4 м². Опыт

однофакторный, повторность в опыте — шестикратная. Объект исследований — лен-долгунец сорта Надежда. Предмет исследования — внекорневая подкормка новыми хелатными соединениями (Se-ЭДДЯК, Se-ИДЯК) в сравнении с селенитом натрия (Na_2SeO_3 — неорганический) и комплексами (ЭДДЯК, ИДЯК). Селенитные комплексы Se-ИДЯК ($C_8H_9O_9NSe$) и Se-ЭДДЯК ($C_{10}H_{14}O_9N_2Se$) представляют собой белые порошкообразные вещества, удовлетворительно растворимые в холодной воде и хорошо растворимые в тёплой воде (при $t = 40^\circ C$). Агротехника возделывания льна-долгунца традиционная. Предшественник — зерновые. Посев льна проводили в первой декаде мая с нормой высева 21 млн шт/га, непосредственно под лен удобрения не вносили. Опрыскивание растений льна исследуемыми растворами выполняли в конце фазы «ёлочка» ручным опрыскивателем. Фенологические наблюдения, густоту стояния, полевую всхожесть, сохранность растений и элементы структуры урожая определяли по методике З.И. Усановой [11]; дисперсионный анализ урожайных данных — по Б.А. Доспехову [3]; качественные показатели соломы льна устанавливали по действующему ГОСТу. Уборку урожая организовали в третьей декаде августа, отбирали снопы для учета урожайности семян и соломы льна.

Агрометеорологические условия различались по декадам и годам, отличались существенными колебаниями и перепадами температур и осадков, особенно в начальный период вегетации льна (табл.1). Метеоусловия мая 2022 года, особенно его первая декада, характеризовались прохладной погодой, среднесуточная температура воздуха была ниже нормы на $1,9^\circ C$, а сумма осадков составила 40% от нормы. В то же время в мае 2023 года среднесуточная температура была ниже нормы на $3,4^\circ C$ и сумма осадков составила 4% от нормы. В среднем за весь месяц среднесуточная температура воздуха была на уровне $9,7^\circ C$ (2022 г.) и $11,9^\circ C$ (2023 г.), а сумма осадков, соответственно — 112% и 64% от нормы. В июне и июле 2022 года средняя температура была выше среднемноголетних значений на $1,3-1,2^\circ C$ соответственно, а в 2023 году — ниже нормы на $0,8-0,4^\circ C$. При этом сумма осадков в июне 2022 года была ниже нормы на 8-29 мм, а в июле 2023 года — выше нормы

на 42 мм. В целом вегетационный период в 2023 году характеризовался как более влажный, сумма осадков составила 264 мм, по сравнению с 2022 годом (254 мм). При этом, ГТК Селянинова составил в 2022 г. – 1,05, в 2023 г. – 1,14.

Таблица 1 – Агрометеорологические условия в период вегетации льна в 2022-2023 гг.

Месяц	Декада	Среднесуточная температура, °С			Сумма осадков, мм		
		2022 г.	2023 г.	норма	2022 г.	2023 г.	норма
Май	I	8,3	6,8	10,2	6	1	15
	II	10,6	14,3	11,8	22	7	15
	III	10,3	14,6	13,4	29	25	21
	В ср. за мес.	9,7	11,9	11,8	57	33	51
Июнь	I	16,3	12,9	15,8	42	6	22
	II	16,8	17,0	16,6	24	1	25
	III	20,1	17,0	17,1	0	38	27
	В ср. за мес.	17,7	15,6	16,4	66	45	74
Июль	I	20,8	19,0	17,5	10	20	28
	II	17,7	16,2	18,1	4	56	17
	III	19,2	17,2	18,0	67	52	191
	В ср. за мес.	19,2	17,5	17,9	81	128	86
Август	I	19,7	22,0	17,8	39	3	186
	II	20,3	19,8	15,5	1	47	4
	III	20,5	14,7	14,3	10	8	43
	В ср. за мес.	20,2	18,8	15,9	50	58	73

Результаты и их обсуждение. Оценка экспериментальных данных и полевые опыты подтверждают положительный эффект подкормки льна новыми хелатными селеносодержащими соединениями (Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК) на сохранность растений льна (табл. 2). При этом, улучшалась выживаемость, повышалась густота стояния растений льна-долгунца. Количество сохранившихся растений льна, в вариантах с подкормкой в целом по опыту, составило от 1722 до 1748 шт/м². Прибавка к контролю получена от 46 до 72 шт/м² (2,7–4,3 %). Выживаемость

растений льна была выше в вариантах Se-ИДЯК и Se-ЭДДЯК, соответственно на 3,4–3,6%, относительно контроля. Количество всходов по вариантам опыта было на уровне контроля. Делянки опыта были расположены на хорошо окультуренных выровненных участках опытного поля, и число всходов по вариантам опыта практически не отличалось. При этом агрометеорологические условия в первый период вегетации, как в 2022 г., так и 2023 г., были недостаточно благоприятными для развития растений льна (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние подкормки на сохранность растений льна, в среднем за 2022– 2023 гг.

Вариант	Всходы, шт/м ²	Количество растений к уборке, шт/м ²	Сохранность, %
1. Контроль	1980	1676	84,6
2. Na ₂ SeO ₃	1980	1738	87,8
3. Se-ЭДДЯК	1980	1748	88,2
4. ЭДДЯК	1980	1736	87,6
5. Se-ИДЯК	1980	1744	88,0
6. ИДЯК	1980	1722	86,8
В среднем	1980	1727	87,2

Выживаемость и сохранение густоты стояния растений, а также рост продуктивности растений, соцветий оказали значительное влияние на структуру урожая льна (табл. 3).

Таблица 3 – Элементы структуры урожая льна, в среднем за 2022 – 2023 гг.

Вариант	Общая длина стебля, см	Число коробочек, шт/1 растение	Количество семян, шт/1 коробочке	Масса 1000 семян шт., г
1. Контроль	87,0	5,5	5,9	4,9
2. Na ₂ SeO ₃	89,0	5,9	6,4	5,1
3. Se-ЭДДЯК	91,0	6,2	6,6	5,2
4. ЭДДЯК	88,0	5,7	6,2	5,0
5. Se-ИДЯК	90,0	6,0	6,5	5,2
6. ИДЯК	88,0	5,7	6,3	5,0
В среднем	89,5	5,8	6,3	5,1
НСР ₀₅	2,6	0,2	0,3	0,1

Определение структуры урожая подтвердило хорошее развитие основных элементов урожайности льна, с внесением подкормки. Отмечен рост растений и увеличение количества соцветий и семян. Длина стебля была выше контроля на 1–4 см. При этом, число коробочек и семян в коробочке на одном растении, соответственно, было больше на 3,6–12,7% и 5,1–11,8%. Хелатные соединения Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК имели преимущество над селенитом натрия и комплексами (ЭДДЯК, ИДЯК).

Масса 1000 семян является весомым показателем структуры урожая семян льна. Применение хелатных соединений (2–6 варианты) влияло на повышение массы 1000 семян и увеличивало их вес на 2,0–6,1%. Новые тестируемые хелатные селеносодержащие комплексоны наиболее эффективно влияли на структуру урожая льна по сравнению с комплексами и селенитом натрия, что позволило сформировать более высокую продуктивность льна (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние подкормки на урожайность льна (2022–2023 гг.), ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га						Прибавка к контролю ц/га/%, (+/-)	
	СОЛОМЫ			СЕМЯН			СОЛОМЫ	СЕМЯН
	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее		
1. Контроль	29,2	30,1	29,7	2,8	2,9	2,9	-	-
2. Na ₂ SeO ₃	32,4	33,4	32,9	3,2	3,2	3,2	+3,2/10,7	+0,3/10,3
3. Se-ЭДДЯК	33,5	34,4	33,9	3,3	3,4	3,4	+4,2/14,1	+0,5/17,2
4. ЭДДЯК	32,3	32,6	32,4	3,1	3,1	3,1	+2,7/9,0	+0,2/6,9
5. Se-ИДЯК	32,5	34,1	33,3	3,3	3,3	3,3	+3,6/12,1	+0,4/13,8
6. ИДЯК	31,7	32,8	32,3	3,2	3,0	3,1	+2,6/8,7	+0,2/6,9
В среднем	31,9	32,9	32,4	3,0	3,1	3,1	-	-
НСР ₀₅	1,05	0,80	-	0,35	0,33	-	-	-

В среднем прибавка урожая составила: по льносоломе – от 2,6 ц/га до 4,2 ц/га, по льносеменам – от 0,2 ц/га до 0,5 ц/га к контролю. Подкормка раствором Se-ЭДДЯК была наиболее эффективной, препарат обеспечил увеличение урожайности льносоломы и льносемян, прибавка составила 14,1 и 17,2% соответственно к контролю. Se-ИДЯК повышал продуктивность соломы и семян на 12,1–13,8%, при этом традиционный селенит натрия повысил урожай соломы и семян на 10,7–10,3%, относительно контроля. Хелатные соединения (Se-ЭДДЯК, Se-ИДЯК) сильнее влияли на продуктивность льна,

по сравнению с комплексонами (ЭДДЯК, ИДЯК), прибавка была выше соответственно на 5,1–5,0% по соломе и на 6,9–10,3% по семенам. Неблагоприятные погодные условия (табл. 1) влияли на конечную урожайность льна. При этом, подкормка (варианты с селеном), вероятно ослабила отрицательное воздействие погодных отклонений. Полагаем, что применяемые препараты повлияли на биохимические процессы и метаболизм в растениях во время их вегетации [10], и способствовали улучшению качества льнопродукции (табл. 5).

Таблица 5 – Качественные показатели льносоломы в 2022–2023 гг.

Вариант	Техническая длина, см			Выход луба, %		
	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее
1. Контроль	73	70	71,5	34	36	35,0
2. Na ₂ SeO ₃	77	74	75,5	33	40	36,5
3. Se-ЭДДЯК	76	77	76,5	36	39	37,5
4. ЭДДЯК	75	76	75,5	35	38	36,5
5. Se-ИДЯК	75	76	75,5	35	40	37,5
6. ИДЯК	73	70	71,5	36	37	36,5
В среднем	74,7	73,8	74,3	35,0	38,3	36,7

Качество продукции определяли по действующему ГОСТу 28285-89. Подкормка в основном улучшила параметры льна. В среднем техническая длина стебля была выше с подкормкой на 5,6–7,0%, по сравнению с контрольным вариантом. Раствор ИДЯК не повлиял на техническую длину соломы,

которая отмечена на уровне контроля. При этом содержание луба в этом варианте было выше на 1,5% абсолютных значений и превышало контроль на 1-2%. Содержание луба различались по годам исследований, лучшие показатели были получены в 2023 году. Выход луба составил от 37 до 40%, прибавка к

контролю – 1-4%. Хелаты Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК положительно влияли на содержание луба. В среднем за годы исследований получен более высокий выход – 37,5%, прибавка к контролю составила 2,5% при обработке как этилендиаминдисулфонатом, так и при обработке иминодисулфонатом.

Использование селена в среде возделывания культуры, особенно в стрессовых условиях, положительно влияет на рост и развитие растений льна. Этот ультрамикрорезультат способен участвовать в усилении адаптивного потенциала растений к неблагоприятным условиям среды, хелатные соединения хорошо абсорбируются на листьях и в почве, отличаются хорошей устойчивостью и медленно разрушаются микроорганизмами [5, 7]. Неблагоприятные погодные условия (заморозки, засуха) в начале вегетации (2022-2023 гг.) влияли на рост, развитие растений и продуктивность льна. При этом подкормка с селеном частично сглаживала и нейтрализовала погодные аномалии, тем самым повышала стрессоустойчивость и сохранность растений. Для повышения продуктивности льна актуально использовать хелатные соединения с селеном, которые защищают от неблагоприятных погодных условий и влияют на выживаемость растений и повышают урожайность льнопродукции.

Выводы. В результате проведенного исследования выявлено, что применение новых селеносодержащих хелатных соединений для некорневой подкормки льна в фазу «ёлочка» на дерново-среднеподзолистой, супесчаной, хорошо окультуренной почве в условиях Верхневолжья положительно влияет на сохранность растений и увеличение льнопродукции. Установлено, что новые селенитные комплексоны Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК в качестве микроудобрений показали большую эффективность по сравнению с традиционным селеновым микроудобрением Na_2SeO_3 . Прибавка урожая к контролю составила: по льносолومه 12,1–14,1%, по льносеменам 13,8–17,2%. Наиболее эффективным и перспективным из селено-содержащих соединений является Se-ЭДДЯК. Прибавка к контролю по общей урожайности составила 4,7 ц/га. Хорошую, но несколько меньшую результативность показала обработка растений раствором Se-ИДЯК. Влияние и эффективность применения новых хелатных соединений Se-ЭДДЯК и Se-ИДЯК в качестве микроудобрений для подкормки льна определяются повышением продуктивности льнопродукции с учётом их экономичности (применяются в ультрамикродозах) и экологической безопасности (полностью разлагаются в природных условиях).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вихрева В.А., Блинохватов А.А., Клейменова Т.В. Селен в жизни растений. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – 222 с.
2. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Надёжкин С.М. Перспективы обогащения сельскохозяйственных растений селеном и йодом (обзор) // Микроэлементы в медицине. – 2015. – Т. 16. – № 3. – С. 12–19.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (учебник). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Дятлова Н.М., Тёмкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексоны металлов. – М.: Химия, 1988. – 544 с.
5. Жарких О.А., Дмитревская И.И., Белопухов С.Л. Влияние хелатных препаратов на урожай льна-долгунца и качество льнопродукции // Плодородие. – 2021. – № 4. – С. 19-22.
6. Жарких О.А., Дмитревская И.И., Белопухов С.Л. Применение новых хелатных препаратов на льне масличном // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 30-40.
7. Прудников В.А., Чирик Д.П., Степанова Н.В., Чуйко С.Р. Эффективность применения микроудобрений при возделывании льна-долгунца на супесчаной почве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 139-142.
8. Рожмина Т.А., Павлова Л.Н., Понажев В.П. Льняная отрасль на пути к возрождению // Защита и карантин растений. – 2018. – № 1. – С. 3-8.
9. Семенова Л.И., Пономарева С.М. Роль селена в питании и варьирование накопле-

ния в растениях в зависимости от региона // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования—2018.—№5. — С. 1-8.

10. Солдатов С.А., Расчётова О.А. Действие селената натрия на ростовые процессы и развитие растений яровой мягкой пшеницы (*Triticum Aestivum* L.) в условиях стресса // Физиология и биохимия растений. — 2013. — № 2 (2). — С. 120-128.

11. Усанова З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству (учебное пособие). — Тверь: Тверская ГСХА, 2015 — 143 с.

12. Цирульникова Н.В., Фетисова Т.С., Чайка Т.С., Макаренков Д.А., Дмитриевская И.И., Жарких О.А., Белопухов С.Л. Современные хелатные препараты при возделывании льна-

долгунца и льна масличного // Агробиохимический вестник. — 2022. — № 1. — С.45-50.

13. Шеуджен А.Х., Лебедевский И.А., Бондарева Т.Н. Биогеохимия и агрохимия селена // Научный журнал КубГАУ. — 2013. — № 92(08). — С. 1-11.

14. Habibi G. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley // Acta Agriculturae Slovenica. — 2013. — Vol. 101. — P. 31-39.

15. Galinha C., Freitas M.C., Pacheco A.M.G., Coutinho J., Maças B., Almeida A.S. Selenium supplementation of Portuguese wheat cultivars through foliar treatment in actual field conditions // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. — 2013a. — Vol. 297. — P. 227-231.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Петрова Алла Анатольевна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский пр-т, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: a.petrova@fncl.ru

Смирнова Татьяна Ивановна, кандидат хим. наук, доцент, ФГБОУ «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 7, ул. Маршала Василевского (Сахарово), г. Тверь, Российская Федерация, 170904, e-mail: tatsmi2013@mail.ru

Alla A. Petrova, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: a.petrova@fncl.ru

Tatyana I. Smirnova, PhD in Chemical Sciences, Associate Professor, Tver State Agricultural Academy, 7, Marshal Vasilevsky str., Tver, Russian Federation, 170904, e-mail: tatsmi2013@mail.ru