

## ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМКИ ХЕЛАТНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ НА ОБЩУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И МАСЛИЧНОСТЬ СЕМЯН ЛЬНА–ДОЛГУНЦА

Петрова Алла Анатольевна<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий

Смирнова Татьяна Ивановна<sup>2</sup>, кандидат химических наук, доцент кафедры «Агрохимия, земледелие и лесопользование».

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур

170041, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56; тел. (4822) 416-110. e-mail: a.petrova@fncl.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ Тверская ГСХА

170904, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (п. Сахарово), д.7; тел. (4822)531-236; e-mail: tatsmi2013@mail.ru

**Ключевые слова:** лен–долгунец, внекорневая подкормка, боросодержащие соединения, хелаты, продуктивность, качество, масличность.

В статье представлены результаты трехлетних экспериментальных данных по изучению влияния внекорневой подкормки боросодержащими хелатными соединениями на продуктивность и качество льнопродукции. Опыты проводили (по методике Б.А. Доспехова) в 2019 – 2021 гг. в лабораториях Научного центра ФНЦ ЛК и на опытном поле Тверской ГСХА (Верхневолжье). Почва – дерново-среднеподзолистая супесчаная, со средним содержанием гумуса 2,5% (по Тюрину). Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль (дистиллированная вода); 2) борная кислота; 3) В-ЭДТУК (борат-этилендиаминтетраацетат); 3) В-ЭДДЯК (борат-этилендиаминдисукуцинат); 5) В-ИДЯК (борат-иминодисукуцинат). Использовали растворы с концентрацией растворённого вещества 0,002 моль/л из расчёта 100 мл/м<sup>2</sup>. В результате исследований установлено, что применение боросодержащих препаратов в качестве микроудобрения способствует формированию более высокой продуктивности льна-долгунца. Прибавка урожая к контролю в среднем за три года составила: по соломе от 3,0 до 5,8 ц/га (7,8–15,2%) и семенам от 0,9 до 1,5 ц/га (30–50 %). При этом улучшается качество урожая: техническая длина льносоломки выше на 4–7 см (4,8–8,5%); выход луба на (2,3–5%); масличность льносемян (содержание липидов) на 2,8–4,1%. Из изученных хелатных соединений преимущество имеет подкормка борат-этилендиаминдисукуцинатным комплексом (В-ЭДДЯК). Прибавка к контролю по общей продуктивности составила 7,3 ц/га (17,7%). По эффективности боросодержащих соединений, В-ИДЯК и В-ЭДТУК также превосходят традиционное борное удобрение – борную кислоту. Однофакторным дисперсионным анализом подтверждено влияние внекорневой подкормки боросодержащими соединениями на продуктивность (урожайность) льна-долгунца.

**Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема № FGSS -0477-2019-0017)**

### Введение

Лен–долгунец (*Linum usitatissimum* L.) относится к числу ценных лубяных культур, его выращивают в основном на волокно, однако и семена представляют большую ценность, так как содержат много жира [1]. Наряду с важными свойствами льноволокна, обладающего большой прочностью, эластичностью, долговечностью и устойчивостью против гниения, лен ценится и за масло, получаемое из семян. В льняном семени в среднем содержится 35 – 40% жира. Льняное масло содержит (ПНЖК): линолевую (омега-6) и линоленовую (омега-3) кислоты. Оно используется для приготовления медицинских препаратов и биологически активных добавок к пище [2, 3, 17, 19]. Поэтому задача повышения урожайности и качества льнопродукции не утрачивает актуальности. Извест-

но, что урожайность и качество льна–долгунца зависят от плодородия почв и содержания доступных элементов питания, в том числе микроэлементов. Лен относится к числу растений, в большей степени нуждающихся в соединениях бора, в течение вегетации. Выявлено, что в растениях бор не реутилизируется, поэтому при его дефиците в большей степени страдают верхние части растений [1, 2, 3].

Основные посевы льна–долгунца размещены в Нечерноземной зоне (около 90%). Почвы Нечерноземья характеризуются низким содержанием большинства необходимых растениям микроэлементов, в том числе бора. Химический элемент бор в форме минеральных солей, традиционно применяемый в льноводстве при возделывании льна, является недостаточно эффективным. Повысить влияние микроэлементов

можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые более эффективны при любой реакции кислотности почвы и хорошо совместимы с пестицидами [4, 5, 6, 8, 18]. В основном микроэлементы вносят внекорневым способом. При этом раствор попадает на листья, быстрее работает, бор активно участвует в метаболизме веществ, что в течение вегетационного периода формирует количественный и качественный состав вегетативной и продуктивной частей растения [2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12]. Поэтому проведение исследований для выявления эффективности хелатных соединений на растениях льна-долгунца представляется перспективным и актуальным.

Цель данной работы – изучить влияние внекорневой подкормки боросодержащими хелатными соединениями на продуктивность и качество льнопродукции.

#### **Материалы и методы исследований**

Научные и экспериментальные исследования проводили в 2019 – 2021 гг. в лабораториях Научного центра и Института льна ФНЦ ЛК. Полевые опыты на опытном поле в Тверской ГСХА (п. Сахарово) Тверской области. Почва участков опыта: дерново-среднеподзолистая остаточной карбонатная глееватая на морене, супесчаная по гранулометрическому составу, хорошо окультурена, содержание гумуса 2,5 % (по Тюрину), легкогидролизуемого азота –100 мг/кг (по Корнфилду),  $P_2O_5$  – 220 и  $K_2O$  – 110 мг/кг (по Кирсанову),  $pH_{\text{сол.}}$  5,6. Опыт закладывали по следующей схеме: 1) контроль (дистиллированная вода); 2) борная кислота; 3) В-ЭДТУК (борат-этилендиаминтетраацетат); 4) В-ЭДДЯК (борат-этилендиаминдисулфонат); 5) В-ИДЯК (борат-иминдисулфонат).

Использовали растворы с концентрацией растворённого вещества 0,002 моль/л из расчёта 100 мл/м<sup>2</sup>. Площадь учетной делянки 4м<sup>2</sup>, под опытом – 80м<sup>2</sup>. Опыт однофакторный, повторность в опыте четырёхкратная. Объект исследований – лен-долгунец. Предмет исследования – внекорневая подкормка боросодержащими хелатными соединениями (В-ЭДТУК, В-ЭДДЯК, В-ИДЯК) в сравнении с традиционной борной кислотой. Агротехника возделывания льна-долгунца – зональная. Предшественник – зерновые. Посев льна проводили в первой декаде мая. Под предпосевную культивацию вносили нитроаммофоску в дозе 1 ц/га. В фазу «елочки» посеvy льна обрабатывали гербицидами баковой смесью (агритокс + секатор турбо). Внекорневая подкормка растений льна бо-

росодержащими соединениями проводилась в фазу быстрого роста, согласно схеме опыта.

Исследования проводили по существующим в земледелии и растениеводстве методикам. Фенологические наблюдения: густоту стояния, полевую всхожесть, сохранность растений определяли по методике В.В. Гриценко, З.М. Калошиной, 1984, З.И. Усановой, 2015 [13]. Элементы структуры урожая – по методике З.И. Усановой, 2015 [13]; дисперсионный анализ урожайных данных и промежуточных определений – по методике Р.А. Фишера (Б.А. Доспехов, 1985) [14]; качество соломы и масличность семян льна [15,16] определяли по ГОСТу. Учёт урожая проводили во второй и третьей декадах августа. Урожайность определяли путем взвешивания растений и семян с учетной площади делянки. Урожай пересчитывали и определяли среднее значение, провели дисперсионный анализ данных. Агрометеорологические условия отличались по годам исследований. Вегетационный период (май – август) за годы исследований различался по тепло- и влагообеспеченности. (ГТК) Селянинова варьировал и составил: 2019г – 1,35 (достаточное увлажнение); 2020 г – 2,11(влажный); 2021 г –1,05 (неустойчивое увлажнение).

#### **Результаты исследований**

Опытные данные показали, что в условиях Верхневолжья применение внекорневой подкормки боросодержащими соединениями в качестве микроудобрения способствует лучшему росту и развитию растений льна. Фенологические наблюдения выявили положительное воздействие подкормки хелатными комплексами на прохождение фаз развития растений льна в середине и конце вегетации. Отмечено более интенсивное развитие растений, обильное цветение и качественный переход от фазы цветения до желтой спелости, что способствовало повышению урожайности и масличности семян льна. Продолжительность межфазных периодов удлинилось на 2-3 дня по сравнению с контролем в среднем за три года исследований.

Для формирования высокой продуктивности льна-долгунца важно сохранить густоту стояния растений перед уборкой урожая (табл.1). Внекорневая подкормка льна в фазу быстрого роста обеспечила лучшую сохранность и повышала густоту стояния растений льна, что связано с улучшением питания растений бором. В среднем за годы исследований количество растений перед уборкой увеличилось на 70 – 90 шт./м<sup>2</sup>, и соответственно сохранность была выше на 3,1

– 3,9 % относительно контроля. Отмечено, что лучшим из комплексонатов является боратный хелатный комплекс В-ЭДДЯК, который повысил сохраняемость льна. Так к уборке сохранилось 2060 шт. растений на м<sup>2</sup>. При этом сохранность растений в среднем за три года составила 88,5 %.. При определении показателей структуры урожая (табл. 2) перед уборкой растений отмечено, что внесение боросодержащих соединений увеличивает продуктивность растений в среднем на 7 – 10 % к контролю по льносолومه. Экспериментальные данные свидетельствуют о преимуществе хелатных соединений относительно традиционной борной кислоты.

**Таблица 1**  
**Влияние подкормки на сохранность растений льна-долгунца (в среднем за 2019-2021 гг.)**

Вариант	Всходы, шт./м <sup>2</sup>	Растений перед уборкой, шт./м <sup>2</sup>	Сохранившихся растений, %
1.Контроль (вода)	2326	1970	84,6
2.Борная кислота	2326	2040	87,7
3.В-ЭДТУК	2326	2052	88,2
4. В-ЭДДЯК	2326	2060	88,5
5.В-ИДЯК	2326	2054	88,3

При сравнении элементов структуры урожая льна-долгунца выявлено, что в вариантах с внесением хелатных соединений (В-ЭДДЯК, В-ЭДТУК, В-ИДЯК) увеличивается продуктивность соцветий, коробочек (количество семян) на 13,4 – 15,7 % относительно контроля без подкормки. Подкормка хелатными соединениями существенно повлияла на структуру урожая и продуктивность льна в целом.

Наиболее эффективным является боратный хелатный комплекс В-ЭДДЯК. Основные показатели: длина стебля, количество семян и масса 1000 шт. в среднем соответственно составили (90 см)

**Таблица 2**  
**Элементы структуры урожая льна-долгунца в среднем за 2019-2021 гг.**

№ п/п	Вариант опыта	Техническая длина стебля, см	Количество коробочек, шт. на 1 растение	Количество семян в 1 коробочке, шт.	Масса 1000 семян, г
1.	Контроль(вода)	82	5,5	5,2	5,1
2.	Борная кислота	87	6,2	6.2	5,2
3.	В-ЭДТУК	88	6,4	6,3	5,3
4.	В-ЭДДЯК	90	6.8	6.6	5.5
5.	В-ИДЯК	88	6,6	6.4	5,3

и (44,9 шт.; 5,5г). Хелатные соединения В - ИДЯК и В-ЭДТУК также по основным элементам превалировали над борной кислотой. Анализ растений льна показал, что внекорневая подкормка способствует повышению технической длины стебля в среднем на 5 – 8 см (6 – 9,7 %) по сравнению с контролем без подкормки, что положительно влияет на урожайность соломы и качество льнопродукции. Отмечена положительная тенденция увеличения основных параметров продуктивности и элементов структуры урожая льна – долгунца, в вариантах с подкормкой хелатными соединениями, что в основном влияет на общую продуктивность агроценоза.

Продуктивность льна-долгунца оценивалась по сбору с гектара соломы и семян. Оба эти показателя представляют производственную ценность, так как имеют хозяйственное значение.

**Таблица 3**

**Урожайность льна-долгунца (соломы и семян), 2019-2021 гг., ц/га**

Вариант опыта	Урожайность, ц/га						Среднее		Прибавка к контролю ц/га/ %, (+/-)	
	2019-2021 гг.			2019-2021 гг.						
	соломы		семян		соломы		семян		соломы	семян
1.Контроль	38,8	37,5	38,4	3,4	2,9	2,7	38,2	3,0	-	-
2.Борная к-та	42,8	40,2	40,5	4,3	4,2	3,1	41,2	3,9	3,0/7,8	+0,9/30
3.В-ЭДТУК	41,9	40,8	41,3	4,8	4,3	3,3	41,3	4,1	3,1/8,1	+1,1/36
4.В-ЭДДЯК	44,7	43,6	43,7	5,3	4,8	3,5	44,0	4,5	5,8/15,2	+1,5/50
5. В-ИДЯК	42,7	41,3	41,6	5,1	4,5	3,4	41,8	4,3	3,6/9,4	+1,3/43
В среднем по опыту (1-5)	42,2	40,7	41,1	4,6	4,1	3,2	41,3	3,9	3,8/10,1	+1,2/40
НСР <sub>05</sub>	1,1	1,08	1,12	0,49	0,45	0,29	-	-	-	-

ние. Обработка растений хелатными борсодержащими комплексами способствовала росту урожайности льна-долгунца и повышала физико-химические свойства льнопродукции. Оценка урожайности льна-долгунца (табл. 3) свидетельствует о том, что применение подкормки способствует повышению общей продуктивности растений.

Выявлено, что применение борсодержащих соединений на льне в фазу быстрого роста способствовало получению прибавки урожая льносолумы в среднем за три года на 7,8–15,2%. Она составила от 3,0 до 5,8 ц/га к контролю. Более существенная прибавка получена по семенам от 0,9 ц/га (30 %) до 1,5 ц/га (50 %). В среднем по опыту урожайность составила: по соломе и семенам, соответственно 41,3 и 3,9 ц/га.

В результате исследований установлено, что эффективность применения хелатных комплексов была выше по сравнению с борной кислотой. Наиболее перспективным хелатным соединением для подкормки льна является борат-этилендиаминдисуцинатный комплекс (В-ЭДДЯК). Прибавка к контролю по общей продуктивности составила 7,3 ц/га (17.7%).

Дисперсионный анализ показал, что урожайность льносолумы и льносемян при применении внекорневой подкормки превысила контроль соответственно на 3,0– 5,8 ц/га ( $НСР_{05} = 1,1$  ц/га) и на 0,9–1,5 ц/га ( $НСР_{05} = 0,41$  ц/га). Однофакторным дисперсионным анализом подтверждено влияние внекорневой подкормки борсодержащими соединениями на общую

продуктивность (урожайность) льна-долгунца.

Внесение бора в хелатных комплексах на льне оказало существенное влияние на качество льносолумы (табл.4).

Заметно увеличилась техническая длина соломы. Она была выше у всех вариантов опыта по сравнению с контролем в среднем за 3 года на 5,0–8,0 см (6,1–9.8 %). При этом улучшались качественные показатели: выход луба на 2,3–5,0 % и повышались физико-химические свойства (крепость, прочность) льнопродукции в зависимости от подкормки. Соответственно, пригодность и номер соломы были выше в вариантах с подкормкой.

Масличность (содержание липидов) семян льна – наследственный признак, который, однако, варьирует в зависимости от условий возделывания: при повышении температуры и снижении влажности содержание масла в семенах может изменяться (табл. 5).

Для формирования семени льна сильно влияют условия роста и развития растения и элементы питания. Внесение борсодержащих хелатных соединений способствовало накоплению жира. Лучшие показатели за три года исследований получены в варианте (В-ЭДДЯК), содержание липидов от 30,5 до 37,5%. Анализ показал, что в условиях влажного вегетационного периода 2020 г. (ГТК-2,11) содержание липидов было низким по всем вариантам опыта. Обильные осадки смывали и снижали концентрацию препаратов с растений. Наиболее благоприятными для накопления жиров (масел) были агроклиматические условия вегетационного пе-

Таблица 4

Влияние внекорневой подкормки на качество льносолумы, 2019–2021гг.

Вариант опыта	Техническая длина, см				Выход луба, %			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
1.Контроль	77	76	92	81,7	29.5	30	37	32,1
2.Борная к-та	86	80	94	86,7	32.3	31	40	34,4
3.В-ЭДТУК	85	81	99	88,3	30.8	31	42	34,6
4.В-ЭДДЯК	87	82	100	89,7	33.4	34	44	37,1
5.В-ИДЯК	85	81	99	88,3	31.7	32	40	34,5

Таблица 5

Влияние подкормки на масличность льносемян, 2019–2021 гг.

Вариант опыта	Содержание (липидов) сырого жира в семенах льна, %				Прибавка к контролю %, (+/-) среднее (2019–2021)
	2019	2020	2021	среднее	
1.Контроль (вода)	30,4	30,1	30,3	30,3	–
2.Борная кислота	34,2	30,3	34,7	33,1	2,8
3.В-ЭДТУК	34,9	30,1	36,8	33,9	3,6
4.В-ЭДДЯК	35,3	30,5	37,5	34,4	4,1
5.В-ИДЯК	34,2	30,4	36,9	33,8	3,5

риода 2021 года (ГТК-1,05), что позволило растениям получить полноценную подкормку и повлиять на качество продукции в целом, и на масличность семян в частности. Анализ по определению масличности семян показал, что подкормка способствовала росту содержания сырого жира в семенах льна-долгунца. Содержание липидов в семенах льна с подкормкой получено от 33,1 до 34,4 % в среднем за три года. Масличность льносемян повышается относительно контроля на 2,8 – 4,1%. Отмечено, что при соблюдении высокой агротехники и внесении удобрений с применением внекорневой подкормки (с хелатными соединениями) растения льна накапливают больше запасных веществ в семенах в виде сырого жира (липидов).

#### **Обсуждение**

В результате проведенных исследований по изучению влияния подкормки хелатными соединениями на посевах льна-долгунца установлено, что внесение боросодержащих соединений улучшает питание растений и способствует формированию более высокой продуктивности. Прибавка урожая к контролю в среднем за три года составила: по соломе от 3,0 до 5,8 ц/га (7,8–15,2%) и семенам от 0,9 до 1,5 ц/га (30–50 %). Дисперсионный анализ показал, что урожайность льносолемы и льносемян при применении внекорневой подкормки превысила контроль соответственно на 3,0–5,8 ц/га ( $HCp_{05} = 1,1$  ц/га) и на 0,9–1,5 ц/га ( $HCp_{05} = 0,41$  ц/га). При этом улучшается качество урожая: техническая длина льносолемы выше на 4–7 см (4,8–8,5%); выход луба на 2,3–5%; масличность льносемян (содержание липидов) на 2,8–4,1%.

#### **Заключение**

Применение хелатных боросодержащих препаратов в качестве микроудобрения для внекорневой подкормки льна-долгунца способствует увеличению общей биомассы и повышению продуктивности. Отмечено более интенсивное развитие растений, обильное цветение и оптимальное созревание семян льна, что позволяет повысить общую урожайность и улучшить качество льнопродукции, в том числе содержание липидов в семенах льна.

Комплексная оценка по средней урожайности, качеству льносолемы и масличности семян льна позволила выделить более эффективное хелатное соединение для внекорневой подкормки – борат-этилендиаминдисулфонатный комплекс (В-ЭДДЯК). Внесение В-ИДЯК и В-ЭДТУК по основным показателям структуры урожая льна также превышают традиционное борное удобрение

– борную кислоту. Полученные данные по внесению внекорневой подкормки борными хелатными соединениями являются перспективными и рекомендованы для улучшения системы питания льна-долгунца в условиях Верхневолжья.

#### **Библиографический список**

1. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков [и др.]. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 612 с.
2. Плешков, Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б. П. Плешков. – 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Агропромиздат, 1987. – 485 с.
3. Физиология растений / Н. Д. Алехина [и др.] ; под редакцией И. П. Ермакова. – Москва : Академия, 2007. – 640 с. – ISBN 978-5-7695-3688-5 (В пер.).
4. Дятлова, Н. М. Комплексоны и комплексоны металлов / Н. М. Дятлова, В. Я. Тёмкина, К. И. Попов. – Москва : Химия, 1988. – 544 с. – ISBN 5-7245-0107-4 (В пер.).
5. Жарких, О. А. Влияние хелатных препаратов на урожай льна-долгунца и качество льнопродукции / О. А. Жарких, И. И. Дмитриевская, С. Л. Белопухов // Плодородие. – 2021. – № 4. – С. 19-22.
6. Стимулирующее действие боросодержащих хелатных комплексов на лен-долгунец / А. А. Петрова, Т. И. Смирнова, М. Н. Павлов, А. А. Варламова, В. М. Никольский // Вестник Тверского Государственного университета. Серия: Химия. - 2020. - № 2. - С. 143-149.
7. Влияние внекорневой подкормки боросодержащими хелатными комплексами на продуктивность и качество льнопродукции / А. И. Беленков, В. Н. Мельников, А. А. Петрова, Т. И. Смирнова, М. Н. Павлов // Вестник АПК Верхневолжья. - 2021. - № 2(54). - С. 11-15.
8. Смирнова, Т. И. Исследование деградации комплексонов, производных янтарной кислоты, и их боросодержащих комплексов под действием микробиологических препаратов / Т. И. Смирнова, И. А. Дроздов, М. Н. Павлов // Экология и промышленность России. - 2021. - № 6. - С. 49-53.
9. Степанова, Д. С. Качество семян и масла при выращивании льна-долгунца на разных фонах минерального питания / Д. С. Степанова, И. И. Дмитриевская, С. Л. Белопухов // Агротехнический вестник. - 2018. - № 1. - С. 25-28.
10. Применение комплексонов в технологии возделывания льна-долгунца в условиях Верхневолжья / С. С. Скворцов, А. С. Васильев,

С. В. Яковлева, П. А. Лесных, Е. Н. Чумакова // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12-20. – С. 315-320.

11. Yanchevskaya, T. Physiological and biochemical optimization of mineral nutrition of plants monograph / T. Yanchevskaya. – Germany : LAP LAMBERT Acad. Publ, 2018. – 556 p. – ISBN978-613-7-70950-4. – Text:electronic.

12. Экономическая эффективность применения внекорневой подкормки борсодержащими соединениями при возделывании льна-долгунца / Ю. Т. Фаринюк, А. А. Петрова, Т. И. Смирнова, М. Н. Павлов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - 2021. - № 1(70). - С. 72-76.

13. Усанова, З. И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству / З. И. Усанова. – Тверь : Тверская ГСХА, 2015. - 143 с. – ISBN 978-5-91488-089-4.

14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : / Б. А. Доспехов. - 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

15. Коренман, И. М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / И. М. Коренман. – Москва : Химия, 1975. – 360 с.

16. ГОСТ Р 51483 99. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме : государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 22 декабря 1999 г. № 639-ст : введен впервые : дата введения 2001-01-01 / разработан Временным творческим коллективом, образованным в рамках договора № 9842002 Е 4075 между АФНОР и ВНИЦСМВ с участием членов Технического комитета по стандартизации ТК 238. - Москва : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 7с.

17. Потенциал льняного поля : монография / А. Д. Прудников, А. В. Кучумов, Т. И. Рыбченко [и др.]. – Москва : ООО Научный консультант, 2018. – 120 с. – ISBN 978-5-907084-26-1.

18. Эффективность применения микроудобрений при возделывании льна-долгунца на супесчаной почве / В. А. Прудников, Д. П. Чирик, Н. В. Степанова, С. Р. Чуйко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 139–142.

19. Зубцов, В. А. Лен – прядильная и масличная культура / В. А. Зубцов. – Тверь : Тверской государственный университет, 2017. – 304 с.

## INFLUENCE OF FERTILIZATION WITH CHELATE COMPOUNDS ON TOTAL PRODUCTIVITY AND OIL CONTENT OF FIBRE FLAX SEEDS

Petrova A. A.<sup>1</sup>, Smirnova T. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBSI Federal Scientific Center of Fiber Crops, 170041, Tver, Komsomolsky Ave., 17/56; tel. (4822) 416-110. e-mail: a.petrova@fncl.ru

<sup>2</sup>FSBEI Tver State Agricultural Academy, 170904, Tver, Marshal Vasilevsky st. (v. Sakharovo),.7; tel. (4822)531-236;e-mail: tatsmi2013@mail.ru

**Keywords:** fiber flax, top dressing, boron-containing compounds, chelates, productivity, quality, oil content.

The article presents results of three year experimental data on the study of the effect of top dressing with boron-containing chelate compounds on productivity and quality of flax products. The experiments were carried out (according to B.A. Dospikhov method) in 2019 - 2021, in the laboratories of the Scientific Center of Federal Scientific Center of Fiber Crops and on the experimental field of Tver State Agricultural Academy

(Upper Volga). The soil is soddy medium podzolic, sandy loamy, with an average humus content of 2.5% (by Tyurin). The scheme of the experiment included the following variants: 1) control (distilled water); 2) boric acid; 3) B-EDTA (borate-ethylenediaminetetraacetate); 3) B-EDDAC (borate-ethylenediamine disuccinate); 5) B-IDAC (borate-iminodisuccinate). Solutions with a solute concentration of 0.002 mol/l at 100 ml/m<sup>2</sup> were used. As a result of the research, it was found that application of boron-containing preparations as a microfertilizer contributes to higher productivity of fiber flax. Yield increase compared to the control (on average for three years) was: for straw - from 3.0 to 5.8 dt/ha (7.8–15.2%) and for seeds - from 0.9 to 1.5 dt/ha (30 -50 %). Moreover, the yield quality improves: the technical length of flax straw is 4–7 cm longer (4.8–8.5%); bast yield by 2.3–5%; oil content of flaxseeds (lipid content) by 2.8–4.1%. Treatment with a borate-ethylenediamine disuccinate complex (B-EDDAC) has an advantage among the studied chelate compounds. Total productivity increase was 7.3 dt/ha (17.7%) compared to the control. As far as the efficiency of boron-containing compounds, such as B-IDAC and B-EDTA is concerned, they also excel the traditional boron fertilizer - boric acid. One-way analysis of variance confirmed the effect of top dressing with boron-containing compounds on productivity (yield) of fiber flax.

### Bibliography:

1. Crop production / G. S. Posypanov, V. E. Dolgodvorov, B. Kh. Zherukov [et al.]. - Moscow: INFRA-M, 2019. - 612 p.
2. Pleshkov, B.P. Biochemistry of agricultural plants: a textbook for universities / B.P. Pleshkov. – 5th ed., revised and upgraded. - Moscow: Agropromizdat, 1987. – 485 p.
3. Plant physiology: textbook / N. D. Alekhina [and others]; edited by I. P. Ermakov. - Moscow: Academy, 2007. - 640 p. – ISBN 978-5-7695-3688-5 (Translated).
4. Dyatlova, N. M. Complexons and complexonates of metals / N. M. Dyatlova, V. Ya. Tyomkina, K. I. Popov. - Moscow: Chemistry, 1988. - 544 p. – ISBN 5-7245-0107-4 (Translated).
5. Zharkikh, O. A. Influence of chelate preparations on yield of fiber flax and quality of flax products / O. A. Zharkikh, I. I. Dmitrevskaya, S. L. Belopukhov // Soil Fertility. - 2021. - №4. - P. 19-22.

6. Stimulating effect of boron-containing chelate complexes on fiber flax / A. A. Petrova, T. I. Smirnova, M. N. Pavlov, A. A. Varlamova, V. M. Nikolsky // *Vestnik of Tver State University. Series: Chemistry*. - 2020. - №2. - P. 143-149.
7. Influence of top dressing with boron-containing chelate complexones on productivity and quality of flax products / A. I. Belenkov, V. N. Melnikov, A. A. Petrova, T. I. Smirnova, M. N. Pavlov // *Vestnik of the AIC of the Upper Volga*. - 2021. - №2 (54). - P. 11-15.
8. Smirnova, T. I. Study of the degradation of complexones, derivatives of succinic acid, and their boron-containing complexes under the influence of microbiological preparations / T. I. Smirnova, I. A. Drozdov, M. N. Pavlov // *Ecology and Industry of Russia*. - 2021. - №6. - P. 49-53.
9. Stepanova, D.S. Quality of seeds and oil when growing fiber flax on different backgrounds of mineral nutrition / D. S. Stepanova, I. I. Dmitrevskaya, S. L. Belopukhov // *Agrochemical Vestnik*. - 2018. - №1. - P. 25-28.
10. Application of complexonates in the technology of fiber flax cultivation in the conditions of the Upper Volga region / S. S. Skvortsov, A. S. Vasiliev, S. V. Yakovleva, P. A. Lesnykh, E. N. Chumakova // *Successes of modern natural sciences*. - 2018. - №12-20. - P. 315-320.
11. Yanchevskaya, T. Physiological and biochemical optimization of mineral nutrition of plants monograph / T. Yanchevskaya. – Germany : LAP LAMBERT Acad. Publ, 2018. - 556 p. – ISBN 978-613-7-70950-4. – Text:electronic.
12. Economic efficiency of top dressing with boron-containing compounds in cultivation of fiber flax / Yu. T. Farinyuk, A. A. Petrova, T. I. Smirnova, M. N. Pavlov // *Economics, labor, management in agriculture*. - 2021. - №1(70). - P. 72-76.
13. Usanova, Z. I. Methodology for performing scientific research in crop production: a text book / Z. I. Usanova. - Tver: Tver State Agricultural Academy, 2015. - 143 p. – ISBN 978-5-91488-089-4.
14. Dospekhov, B. A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results): textbook / B. A. Dospekhov. - 5th ed., revised and upgraded - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 351 p.
15. Korenman, I. M. Photometric Analysis. Methods for specification of organic compounds / I. M. Korenman. - Moscow: Chemistry, 1975. - 360 p.
16. State Standard GOST R 51483 99. Vegetable oils and animal fats. Specification by gas chromatography of the mass fraction of methyl esters of individual fatty acids to their sum: state standard of the Russian Federation: official edition: adopted and put into effect by the Decree of the State Standard of Russia dated December 22, 1999 №639-st: introduced for the first time: introduction date 2001-01 -01 / developed by the Temporary creative team formed under the agreement №9842002 E 4075 between AFNOR and All-Russian Research Center for Standardization, Information and Certification of Raw Materials, Materials and Substances with participation of the members of the Technical Committee for Standardization TK 238. - Moscow: IPC Standards Publishing House, 2005. - 7p.
17. Potential of the flax field: monograph / A. D. Prudnikov, A. V. Kuchumov, T. I. Rybchenko [and others]. - Moscow: OOO Scientific Consultant, 2018. - 120 p. – ISBN 978-5-907084-26-1.
18. Efficiency of microfertilizers in cultivation of fiber flax on sandy loamy soil // *Vestnik of Belarusian State Agricultural Academy*. - 2021. - №1. - P. 139–142.
19. Zubtsov, V. A. Flax - spinning and oil crop / V. A. Zubtsov. - Tver: Tver State University, 2017. - 304 p.