

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В. А. ПРУДНИКОВ, Д. П. ЧИРИК, Н. В. СТЕПАНОВА, С. Р. ЧУЙКО

РУП «Институт льна»,  
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

(Поступила в редакцию 08.02.2021)

Лен-долгунец относится к группе культур чувствительных к недостатку микроэлементов. Для установления их влияния на урожайность и качество льнопродукции на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Могилевской области проведены исследования по эффективности микроудобрений в минеральной и хелатной формах при внесении их в почву перед посевом и по вегетации растений на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, содержащей органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных форм фосфора 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы, с обменной кислотностью почвы рНксл 5,2–5,3. В слабо засушливых погодных условиях периода вегетации 2019 года (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 года (ГТК 1,9) с использованием сорта льна-долгунца Грант максимальные прибыль с гектара посева 677,6 рублей и рентабельность выращивания 44 % получены при внесении в почву минерального цинка, 2,0 кг/га д.в. (сульфата цинка) обеспечившего получение урожайности семян 7,1, льняной тресты 47,0 ц/га номером 1,50. Максимальные прибавки семян 1,4, тресты 3,7, а также волокна общего 1,6, в том числе длинного 1,4 ц/га получены при совместном внесении в почву минеральных бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в., но увеличение затрат на приобретение и внесение микроудобрений снижало экономическую эффективность производства льнопродукции. Применение препаратов с хелатными микроэлементами Микростим, 2,0 л/га и Мультилен, 3,0 л/га в фазе «елочка» льна-долгунца достоверно повышало только урожайность семян на 10 %.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, микроэлементы, супесчаная почва, урожайность, рентабельность.

*Fiber flax belongs to the group of crops sensitive to the lack of micronutrients. To establish their influence on the yield and quality of flax products on the experimental field of JSC "Khotimsk flax plant" of Mogilev region, studies were carried out on the effectiveness of micronutrient fertilizers in mineral and chelate forms when they were introduced into the soil before sowing and during the vegetation of plants on sod-podzolic sandy loamy soil containing 1.6–1.8 % of organic matter, mobile forms of phosphorus – 160–165 mg / kg of soil, potassium – 145–180, zinc – 3.6–4.6, boron – 0.47–0.52, copper – 1.2–2.4 mg / kg of soil, with exchangeable soil acidity рНксл 5.2–5.3. In slightly arid weather conditions of the growing season of 2019 (hydrothermal index 1.3) and hyperhumid conditions of 2020 (hydrothermal index 1.9), using the Grant fiber flax variety, the maximum profit per hectare of sowing of 677.6 rubles and the profitability of growing of 44 % were obtained with application of mineral zinc in the soil, 2.0 kg / ha of acting agent (zinc sulfate), which ensured the yield of seeds of 0.71 t / ha, flax straw number 1.50–4.7 t / ha. The maximum additional yield of seed of 0.14 t / ha, straw – 0.37 t / ha, as well as total fiber – 0.16 t / ha, including the long fiber – 0.14 t / ha, were obtained with the combined introduction into the soil of mineral boron (1.0 kg / ha of acting agent) + zinc (2.0) + copper (1.0) + manganese (2.0 kg / ha of acting agent), but an increase in the cost of purchasing and applying micronutrient fertilizers reduced the economic efficiency of production of flax products. The use of preparations with chelated microelements Microstim (2.0 l / ha) and Multilen (3.0 l / ha) in the herringbone phase of fiber flax significantly increased only the seed yield by 10%.*

**Key words:** fiber flax, microelements, sandy loam soil, productivity, profitability.

### Введение

Научно обоснованное применение микроудобрений в сельскохозяйственном производстве базируется не только на потребности культуры льна, но и на их содержании в почве. В работах многих исследователей указывается на тесную взаимосвязь между содержанием подвижных форм микроэлементов в почве и эффективностью внесенных микроэлементов с удобрениями [1, 2, 3, 4]. В большинстве почв наблюдается недостаток одного или нескольких элементов. Смешивание отдельных солей микроэлементов для применения в производстве связано с рядом трудностей, так как отдельные металлы-микроэлементы могут образовывать труднорастворимые соединения. Кроме того, на почвах близко к нейтральным по кислотности, а также с высоким содержанием фосфора образуются трудноусвояемые формы некоторых микроэлементов, что также требует дополнительной коррекции минерального питания для растений. Поэтому, наряду с солями микроэлементов, следует рассматривать использование их хелатных форм, применение которых из-за высокой стоимости может осуществляться в виде подкормок.

Лен-долгунец относится к группе культур, чувствительных к недостатку микроэлементов, особенно цинка. В наших исследованиях на суглинистой почве с оптимальной для льна обменной кислотностью (рНксл 5,1–5,3) и низкой обеспеченностью цинком (1,75 мг/кг) внесение в почву сульфата цинка 3,0 кг/га д.в. повышало урожайность общего на 1,7 и длинного волокна на 1,2 ц/га, при низкой обеспеченности почвы медью (1,50 мг/кг), внесение под лён сернокислой меди 0,5 кг/га д.в. повышало урожайность общего на 1,4 и длинного волокна на 1,2 ц/га [1]. Использование микроудобрений на льне-долгунце при возделывании его на супесчаной почве являются недостаточно изученными.

Цель исследований заключалась в установлении влияния микроудобрений на урожайность и качество льнопродукции, и их экономическую эффективность при возделывании льна-долгунца на супесчаной почве.

### Основная часть

Эффективность микроудобрений устанавливалась на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Хотимского района, Могилевской области на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковых пылевато-песчаных супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,7–0,8 метра. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы были следующие: рН<sub>ксл</sub> 5,2–5,3, содержание органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных фосфатов 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы. Почва характеризовалась средним содержанием фосфора, калия, бора, цинка, низким и средним содержанием меди. Исследования осуществлялись в слабо засушливых погодных условиях периода вегетации 2019 года (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 года (ГТК 1,9) с использованием сорта льна-долгунца Грант. Повторность полевого опыта четырехкратная, площадь общей делянки – 28, учетной – 15 м<sup>2</sup> [5].

Макроудобрения вносили весной в почву в виде КАСа, двойного суперфосфата, хлористого калия (N<sub>25</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>); микроудобрения в минеральной (сульфат цинка, сульфат меди, борная кислота, сернокислый марганец) и хелатной (Микростим, Мультилен) формах – согласно схеме опыта. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину пахотного слоя 20 см, весеннюю культивацию для «закрытия влаги» на глубину 5–7 см, вторую культивацию для заделки минеральных удобрений на глубину 8–10 см, предпосевную обработку почвы агрегатом АКШ-6. Посев льна-долгунца осуществлялся сеялкой СПУ-6Л с шириной междурядий 6,25 см, нормой высева 20 млн всхожих семян на гектар. Семена льна обрабатывались защитно-стимулирующим составом, включающим протравитель Витавакс 200ФФ, 2,0 л/т, инсектицид Табу, 1,0 л/т, микроэлементы цинк 120, бор 100 г/т д.в. Против сорной растительности посева обрабатывались композиционным составом Агритокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 (фаза «ёлочка») + Миура, 1,0 л/га (через 7 дней); против болезней льна – Феразим, 1,0 л/га. Уборка посева осуществлялась тереблением (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты. Качество льнотресты определялось согласно действующему стандарту [6], пораженность растений болезнями – согласно практическому руководству по фитосанитарному контролю посевов льна-долгунца [7].

В 2019 году в условиях недостатка осадков пораженность льна-долгунца болезнями была невысокая. В фазе «ёлочка» распространение и развитие антракноза достигали 1,5–2,0 %, в фазе зеленой спелости 19–20 и 8–9 %, соответственно. Поражение льна фузариозом и септориозом не проявлялось. Влияние микроудобрений на развитие болезней не установлено.

В условиях переувлажненного вегетационного периода 2020 года распространение и развитие антракноза в фазе «ёлочка» не превышали 5–6 %. К уборке (фаза ранней желтой спелости) наблюдалось сильное поражение льна септориозом, распространение которого достигало 76–83 % при развитии 43–55 % (табл. 1). Поражение растений фузариозом было не высоким 1,5–2,5 %. Применение микроудобрений снижало развитие септориоза льна. Внесение в почву минерального комплекса бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., а также дополнительное внесение в фазе «ёлочка» минерального цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. снижало распространение пасмо на 7 % и его развитие на 12 %. Эффективность хелатных форм микроудобрений Микростим, 2,0 и Мультилен, 3,0 л/га, применяемых в фазе «ёлочка», по снижению развития септориоза была низкой на уровне 1,0 кг/га д.в. бора, внесенного в почву.

Таблица 1. Влияние микроудобрений на развитие (R) и распространение (P) болезней в посевах льна-долгунца к уборке, 2020 г., %

Вариант	Фаза «ёлочка» антракноз		Фаза ранней желтой спелости			
	Р	Р	септориоз		фузариоз	
			Р	Р	Р	Р
Без микроэлементов	6,5	6,5	83,0	55,3	2,5	2,5
Бор, 1,0 кг/га, в почву	5,5	5,5	80,0	52,7	2,0	2,0
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	5,5	5,5	80,5	50,5	2,0	2,0
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	6,0	6,0	80,0	49,5	2,5	2,5
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	6,0	6,0	81,0	48,0	2,0	2,0
Бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	5,0	5,0	76,5	43,5	1,5	1,5
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	5,0	5,0	76,5	43,0	1,5	1,5
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,5	6,5	81,5	52,5	2,0	2,0
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,5	6,5	81,5	52,5	2,0	2,0

Анализ структуры урожая льна-долгунца свидетельствует, что внесение в почву 2,0 кг/га д.в. цинка увеличивало общую на 5 % и техническую длину стебля на 8 %, количество коробочек на стебле на 9 %, количество семян в коробочке на 5 %, количество семян на растении на 16 % (табл. 2). Совместное внесение в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в., а также дополнительное внесение в фазе «ёлочка» цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. повышало общую (на 3–4 %) и техническую длину стебля на (5–7 %), количество коробочек на стебле (на 7 %), семян на растении (на 7–16 %). Отдельные микроэлементы бор, медь, марганец, внесенные в почву, а также препараты с хелатными микроэлементами Микростим, Мультилен, внесенные в фазе «ёлочка», обеспечили достоверное увеличение технической длины стебля и положительную тенденцию к увеличению образования коробочек и семян в коробочках на растении по сравнению с контролем.

Таблица 2. Влияние микроудобрений на структуру урожая льна-долгунца, 2019–2020 гг.

Вариант	Длина стебля, см		Количество коробочек на растении, шт.	Количество семян, шт.		Масса 1000 семян, г
	общая	техническая		в коробочке	на растении	
Без микроэлементов	77,0	62,0	4,2	7,2	30,2	5,1
Бор, 1,0 кг/га, в почву	77,5	63,0	4,4	7,4	32,6	5,1
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	81,0	67,0	4,6	7,6	35,0	5,2
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	79,5	64,5	4,4	7,3	32,1	5,1
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	79,0	64,5	4,4	7,3	32,1	5,2
Бор, 1,0+цинк, 2,0+медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	79,5	65,0	4,5	7,2	32,4	5,1
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	80,0	66,5	4,5	7,8	35,1	5,2
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	79,0	64,5	4,4	7,3	32,1	5,1
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	78,5	64,5	4,3	7,4	31,8	5,1
<i>НСР<sub>05</sub></i>	2,3	1,2	0,32	0,38	2,6	-

Применение микроудобрений положительно влияло на урожайность льна-долгунца, но наибольшая прибавка семян 1,4, тресты 3,7 и волокна 1,6 ц/га получены при совместном внесении в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в. (табл. 3). Дополнительное внесение на этом фоне цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. в фазе «ёлочка» не увеличивало урожайность льнопродукции. Обработка растений в фазе «ёлочка» хелатными препаратами Микростим, 2,0 л/га и Мультилен, 3,0 л/га обеспечили только достоверную прибавку семян 0,6 ц/га.

Таблица 3. Влияние микроудобрений на содержание волокна в тресте и урожайность льнопродукции, 2019–2020 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га				Содержание волокна в тресте, %	
	семена	треста	волокно		общее	длинное
			общее	длинное		
Без микроэлементов	5,8	44,8	13,2	8,0	29,4	17,8
Бор, 1,0 кг/га, в почву	6,4	45,0	13,3	8,0	29,6	17,8
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	7,1	47,0	14,3	9,0	30,5	19,1
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	6,8	46,9	14,0	8,4	29,8	18,0
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	6,9	45,8	13,6	8,2	29,8	17,9
Бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	7,2	48,5	14,8	9,4	30,6	19,4
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	7,2	48,3	14,9	9,6	30,8	19,9
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,4	45,5	13,6	8,1	29,8	17,9
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,4	45,5	13,6	8,1	29,8	17,9
<i>НСР<sub>05</sub></i>	0,6-0,5	1,6-1,4	0,62-0,47	0,41-0,28		

Применение микроудобрений проявляет положительную тенденцию по увеличению содержания волокна в тресте, однако существенное увеличение содержания общего на 1,2–1,4 % и длинного на 1,6–2,1 % волокна получено в вариантах с внесением бора + цинка + меди + марганца в почву и дополнительного внесения цинка + меди в фазе «ёлочка».

При средней урожайности тресты 44,8 и семян 5,8 ц/га в варианте без применения микроудобрений расчетная прибыль составила 481,9 руб./га, рентабельность выращивания 33 % (табл. 4).

Максимальная прибыль 677,6 руб./га и рентабельность 44 % получены при внесении в почву до посева льна 2,0 кг/га д.в. цинка, обеспечившего получение урожайности семян 7,1 ц/га и тресты 47,0 ц/га номером 1,50. И на связносупесчаной почве со средним обеспечением макро- и микроэлементов этого было достаточно для ведения рентабельного производства льнопродукции.

Совместное внесение в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в. и дополнительное внесение в фазе «елочка» цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. достоверно повышало урожайность льнопродукции, но увеличивало затраты на покупку и применение микроудобрений, что снижало прибыль и рентабельность производства до 659,7–671,3 руб./га и 41 %, соответственно. Отдельное внесение минерального бора, 1,0 кг/га д.в., марганца, 2,0 кг/га д.в. в почву, препарата с хелатными микроэлементами Мультилен, 3,0 л/га в фазе «ёлочка» не обеспечило положительного экономического эффекта, а полученная прибыль была ниже, чем в контроле.

Таблица 4. Расчет экономической эффективности применения микроудобрений при возделывании льна-долгунца на связно-супесчаной почве, 2019–2020 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га		Номер тресты	Затраты на продукцию, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	треста	семена					
Без микроэлементов	44,8	5,8	1,25	1447,3	1929,2	481,9	33,3
Бор, 1,0 кг/га, в почву	45,0	6,4	1,25	1495,7	1959,6	463,9	31,0
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	47,0	7,1	1,50	1552,5	2230,1	677,6	43,6
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	46,9	6,8	1,25	1537,6	2047,3	509,7	33,1
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	45,8	6,9	1,25	1532,1	2009,1	477,0	31,1
Бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	48,5	7,2	1,50	1625,2	2296,5	671,3	41,3
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	48,3	7,2	1,50	1628,4	2288,1	659,7	40,5
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	45,5	6,4	1,25	1479,2	1978,7	499,5	33,8
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	45,5	6,4	1,25	1508,8	1978,7	469,9	31,1

### Заключение

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,7–0,8 м, содержащей 1,6–1,8 % гумуса, при средней обеспеченности почвы макро- и микроэлементами максимальные прибыль 677,6 руб./га и рентабельность 44 % получены при внесении в почву минерального цинка, 2,0 кг/га д.в., обеспечившего получение урожайности семян 7,1, тресты 47,0 ц/га номером 1,50. Максимальные прибавки семян 1,4, тресты 3,7, волокна 1,6, в том числе длинного 1,4 ц/га получены при совместном внесении в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в., но увеличение затрат на микроудобрения снижало экономическую эффективность производства льнопродукции. Применение препаратов с хелатными микроэлементами Микростим, 2,0 л/га и Мультилен, 3,0 л/га в фазе «елочка» льна достоверно повышало только урожайность семян на 0,6 ц/га (на 10 %).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Прудников, В. А. Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск: Полиграфт, 2016. – С. 62.
2. Усовершенствованная система применения удобрений в льняном севообороте / В. Я. Тихомирова [и др.]; под общ. ред. В. Я. Тихомировой. – Торжок, 2005. – 81 с.
3. Трунилова, В. Н. Эффективность применения микроэлементов и их комплексонатов на посевах льна-долгунца в условиях северо-запада Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Трунилова; ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА. – Великие Луки, 2003. – 22 с.
4. Сорокина, О. Ю. Рекомендации по применению удобрений при выращивании льна-долгунца с учетом плодородия почвы и сортовых особенностей культуры / О. Ю. Сорокина. – Тверь: Тверской государственный университет, 2015. – 10 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194-2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.
7. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.