

Заключение. В полевом опыте по результатам трехлетних исследований установлено, что применение минеральных удобрений на льне-долгунце нового сорта Феникс – высокоэффективный приём, обеспечивающий повышение урожайности льносемян на 77-80%. Повышение урожайности происходило за счёт увеличения массы 1000 семян и числа коробочек на растении. При этом улучшались их качественные показатели, повышались содержание азота, фосфора и калия в семенах и соломе, а также вынос основных питательных веществ с урожаем и окупаемость удобрений прибавкой урожайности.

Литература

1. Кудрявцева Л.П. Методы оценки и отбора исходного материала при селекции льна-долгунца на устойчивость к антракнозу / Л.П. Кудрявцева, Н.В. Пролетова, Н.И. Лошакова, Л.Н. Павлова, Е.Г. Виноградова, Н.С. Соколова. – Тверь: Тверской государственный университет, 2013. – 52 с.
2. Кулик Л.К. Основные результаты и перспективы развития селекции и семеноводства льна – долгунца в Смоленской области / Л.К. Кулик, А.М. Конова, С.М. Чехалков, В.М. Новиков, А.Ю. Гаврилова // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур. Материалы Международной научно-практической конференции. – Тверь: Тверской государственный университет, 2016. – С. 61-65.

3. Налиухин А.Н. Эффективность применения азотных удобрений под лен-долгунец в зависимости от агрохимических свойств дерново-подзолистых почв / А.Н. Налиухин, С.А. Шафран // Агрохимия. – 2014. – № 9. – С. 26-34.
4. Кузьменко Н.Н. Повышение эффективности комплексного удобрения под лен-долгунец / Н.Н. Кузьменко // Агрохимия. – 2020. – № 8. – С. 37-42.
5. Сорокина О.Ю. Анализ изменения оптимальных доз минеральных удобрений под лен-долгунец / О.Ю. Сорокина // Агрохимический вестник. – 2014. – № 3. – С. 16-19.
6. 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.
7. Дмитриевская И.И. Влияние длительного применения удобрений на урожайность льна-долгунца и качество волокна / И.И. Дмитриевская, Д.С. Степанова, С.Л. Белопухов, В.А. Раскатов // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – №10. – С. 50-52.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 366 с.
9. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Колос, 2001. – 512 с.
10. GISMETEО: Погода в Смоленске. – URL: <https://www.gismeteo.by/weather-smolensk-4239/> (дата обращения 24.02.2022)
11. Понажев В.П. Проблемы обеспечения льняной отрасли высококачественным льносырьем / В.П. Понажев, Т.А. Рожмина, Л.Н. Павлова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 3. – С. 61-63.

CHANGES IN THE SIZE AND QUALITY OF THE FLAX CROP WHEN USING MINERAL FERTILIZERS

A.Yu. Gavrilova¹, A.M. Konova¹, N.P. Morozova²

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops,
Nakhimova ul., 21, Smolensk, 214025, Russia

²Smolensk State Agricultural Academy,
Bolshaya Sovetskaya ul., 10/2, Smolensk, 214000, Russia

In a field experiment on sod-podzolic medium loamy soil in the conditions of the Smolensk region, the effect of increasing doses of mineral fertilizers on the yield and quality of seeds and fibers of a new variety of flax-long-lived Phoenix was studied. The most effective means of increasing the yield of flax seeds was the introduction of a complete mineral fertilizer in doses of N48P48K48 and N64P64K64. The increase in the yield of flax was due to changes in the elements of its structure. Thus, the use of mineral fertilizers contributed to an increase in the mass of 1000 seeds by 0.3 – 0.7%, increased the number of boxes from 10 plants by 110%. The introduction of fertilizers into the soil changed the chemical composition of flax plants and, as a result, the removal of the main elements of nutrition with the harvest of seeds and straw.

Keywords: flax, mineral fertilizers, yield, grain quality, sod-podzolic soil.

УДК 631.816:633.521

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.07

ДОЗЫ БОРА И ФОРМЫ БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЛЕН-ДОЛГУНЕЦ

О.Ю. Сорокина, д.с.-х.н., ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

170041, г. Тверь, Комсомольский проспект, д. 17/56,

e-mail: olga-sorokina@bk.ru

**Работа выполнена по госзаданию ФНЦ ЛК № FGSS – 2019 – 0017 при поддержке
Минобрнауки России**

Изучено влияние бора на формирование продуктивности льна-долгунца, выращиваемого в условиях Нечерноземной зоны. Исследования показали, что на легкосуглинистой почве доза бора 1,5 кг д.в./га является избыточной для льна и сопровождается визуальным проявлением в виде краевого ожога листьев. Дозы бора 0,25 кг/га (в составе борного суперфосфата) и 0,4 кг/га (в составе аммофоса) увеличили урожайность льноволокна, соответственно, на 2,3 и 3,0 ц/га и его качественные параметры, но в то же время снижали микробиологическую активность почвы (общее число бактерий и полностью уничтожались актиномицеты). Применение бора в составе комплексных удобрений – азотно-фосфорно-калийного с бором и ОМУ «Льняное», позволяющих внести бор в оптимальных дозах эффективно. Урожайность льносоломы возросла на 7,8 и 8,1 ц/га, льносемян – на 0,4 и 0,9 ц/га в сравнении с применением азотфоски в выравненной дозе по азоту.

Ключевые слова: лен-долгунец, борные удобрения, доза, урожайность.

Для цитирования: Сорокина О.Ю. Дозы бора и формы борных удобрений под лен-долгунец // Плодородие. – 2022. – №3. – С. 26-29. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.07.

Доступность бора растениям льна-долгунца – важнейший фактор его возделывания. Поступление его в растения льна происходит на протяжении всей вегетации. Критические периоды недостатка поступления бора в растения льна – фазы всходы и бутонизация, в которые визуально можно отметить изменение формы проростка (крупные семядольные листья, скручивание и отмирание кончика корня), деформацию цветоносов и их засыхание [2].

Увеличение кислых корневых выделений растений способствует лучшему усвоению бора. На поверхности корней pH бывает около 3,5, поэтому растения могут усваивать кислоторастворимые формы бора. Так при внесении борной кислоты (1 кг д. в/га В) на известкованном фоне дерново-подзолистой почвы (pH 4,5) поступило бора в стебли льна в 2 раза больше, чем на произвесткованной почве (pH 7,0). Недостаточное поступление бора в растения при известковании выразилось в проявлении визуальных признаков борного голодания, приведшего к заболеванию растений бактериозом уже с момента всходов (35,4 % в сравнении с 0,5 % при применении бора) [11].

Возбудитель бактериоза – бактерия *Paenibacillus macerans* (син. *Bacillus macerans*; *Clostridium macerans*) довольно широко встречается в природе и является постоянным спутником льна-долгунца, который переходит к паразитизму и вызывает заболевание при недостатке в почве бора, избыточном и неравномерном внесении извести, высоких температурах воздуха и нехватке влаги в почве [6]. Поэтому использование борсодержащих удобрений в основное внесение является необходимым, приоритетным, экономически оправданным приемом возделывания двудольных культур [3, 10]. В Нечерноземной зоне при основном способе внесения бора, который предпочтительнее, доза внесения этого элемента под лен-долгунец, по данным ряда исследователей, от 0,5 до 1,0 кг д. в/га [13].

Перспективно включение бора в состав комплексных удобрений. Так, при применении комплексных удобрений с микроэлементами обеспечиваются равномерное распределение в почве элементов питания и более высокая доступность их корневой системе. Это позволяет получить выравненный по высоте стеблестой льна и более качественное льносырье [12].

При выборе способа применения удобрения под культуру необходимо учитывать ряд специфических особенностей льна-долгунца: повышенную чувствительность к концентрации почвенного раствора и недостатку влаги, поверхностный характер корневой системы и качество посевного материала. Рядковое внесение удобрения под лен более экономично, но требует в ассортименте лучшую форму – ОМУ «Льняное» [5]. В последние годы многие исследователи предлагают применять бор в различных соединениях в качестве некорневой подкормки [1, 7, 8].

Цель исследований – выявить эффективные дозы бора под лен-долгунец при возделывании в Нечерноземной зоне.

Методика. Исследования проведены на дерново-подзолистой легко- и среднесуглинистой почве. Вегетационный опыт закладывали на легкосуглинистой почве в полиэтиленовых поддонах ёмкостью 1,5 кг. Бор (борная кислота) вносили в дозах 0,5; 1,0 и 1,5 мг д. в/кг. Повторность 6-кратная.

Эффективность различных сроков внесения борсо-

держащих удобрений изучали в полевом эксперименте в 2005-2008 г. Удобрения, содержащие бор, вносили осенью под вспашку и весной под первую культивацию. Доза бора составляла 0,25 кг д.в/га в борном суперфосфате, 0,4 – в аммофосе, 0,45 – в бормагне, 0,5 кг д.в/га в борной кислоте. Все виды удобрений выравнены по макроэлементам ($N_{15}P_{60}K_{60}$).

Эффективность новых комплексных удобрений, содержащих бор, изучали на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в 2018-2020 г.

Содержание гумуса в пахотном слое 1,4 %, подвижных фосфора и калия (по Кирсанову) – 298 и 85 мг/кг почвы соответственно, pH_{KCl} 5,44, водорастворимого бора – 0,33 мг/кг. Предшественник – травы 2-го г.п. Возделывали лен-долгунец сорта Универсал с нормой высева для товарных посевов. Сравнивали широко применяемое удобрение азофоску с минеральным комплексным с бором ($N_{14}P_{23}K_{14}B_{0,3}$) и органоминеральным ОМУ «Льняное» при различных способах внесения. При расчете физической дозы в основное внесение исходили из выравнивания дозы по азоту (21 кг д.в/га). При рядковом способе внесения доза комплексного удобрения с бором – 0,5 ц/га, ОМУ – 1,0 ц/га.

Результаты и их обсуждение. В лабораторном опыте с различными дозами бора наблюдали появление визуальных признаков избытка элемента в виде пожелтения краев листьев льна и постепенного их засыхания. Краевой ожог от избытка бора отмечает на разных культурах ряд авторов [2, 4].

При внесении бора в дозе 1,5 кг/га визуальные признаки пожелтения краев листочков наблюдали на десятые сутки. В последующем данные признаки появились и на растениях при внесении дозы бора 1 мг/кг. Растения льна подвергли структурному анализу для определения изменений их показателей при избыточном поступлении бора (табл. 1).

1. Изменение массы, объема корней и стеблей льна от разных доз бора (50 растений)

Доза бора, мг/кг	Корни		Стебли		
	масса, г	объем, см ³	длина, см	масса сырых стеблей, г	масса сухих стеблей, г
Без бора (контроль)	0,40	10,5	8,1	8,37	0,86
0,5	0,57	13,0	10,5	10,57	1,10
1,0	0,66	13,3	10,3	10,77	1,07
1,5	0,43	10,5	10,1	10,67	0,95
НСР ₀₅ , мг/кг	0,14	1,6	0,9	1,00	0,12

Отметим достоверное увеличение объема и массы корней, а также надземной части растений льна при применении микроэлемента бора. Наибольшая доза бора (1,5 мг/кг) при её применении сформировала меньшую корневую систему и длину, массу растений в сравнении с меньшими дозами бора. Обращает внимание то, что корневая система отреагировала достоверным снижением объема корней и их массы. Снижение воздушно-сухой массы растений от большей дозы бора было меньше (27 %), чем корневой системы (53 %) в сравнении с дозой бора 1 мг/кг. Это позволяет сделать вывод об избыточности применения высоких доз бора (1,5 мг/кг).

В полевом опыте по изучению эффективности различных удобрений, содержащих бор, при разных сроках их внесения было определено, что при осеннем внесении поступление бора в растения льна снижалось (табл. 2).

2. Влияние различных борсодержащих удобрений на вынос бора льном и коэффициент использования его из удобрений (среднее за 3 года)

Срок внесения, форма удобрения	Вынос, г/га	Коэффициент использования бора из удобрений	
		%	среднее
Осень – азофоска + борная кислота	47,5	9,5	12,1
Весна – азофоска + борная кислота	73,1	14,6	
Осень – аммофос + бормагний	58,8	13,1	13,3
Весна – аммофос + бормагний	61,1	13,5	
Осень – аммофос с бором	61,3	16,3	17,9
Весна – аммофос с бором	73,0	19,4	
Осень – борный суперфосфат	49,3	21,4	22,9
Весна – борный суперфосфат	56,3	24,5	

Если при расчете дозы бора под лен-долгунец исходить из компенсации его выноса, то она будет составлять 0,5-0,6 кг д.в./га. Потери бора из борной кислоты при осеннем внесении составляли 35 % в сравнении с её весенним внесением. У удобрений, в состав которых входит бор, разница в выносе элемента при сравнении осеннего и весеннего способов внесения гораздо ниже: у борного суперфосфата 13 %, у аммофоса с бором 16 %.

Положительным аспектом включения бора в состав сложного удобрения является более полное использо-

вание его из удобрения. Так коэффициент использования бора из удобрения у борного суперфосфата в 2 раза выше, чем у борной кислоты и бормагния.

Все применяемые борные удобрения повысили урожайность льноволокна от 0,8 до 3,2 ц/га в сравнении с аммофосом. Наибольшая урожайность льноволокна с более высокими показателями его качества получена при применении бормагния, по всей видимости, за счет комплекса с магнием. При внесении аммофоса с бором, борной кислоты осенью получают более высокую урожайность волокна и его качественные показатели (табл. 3). Это связано с тем, что часть бора вымылась, и его доза стала оптимальной для льна.

В то же время отметим, что применение аммофоса, содержащего бор, в дозе 0,4 кг/га снизило биологическую активность почвы, определяемую по степени распада льняной ткани [9]. При осеннем применении бора степень разложения льняного полотна наибольшая и близка к разложению полотна при применении аммофоса. При весеннем применении бора степень разложения льняного полотна заметно снизилась, и для микроорганизмов его содержание было избыточным (табл. 4). Усиленное выделение из почвы CO₂ свидетельствует об активизации биохимических процессов, обусловленных ростом численности микроорганизмов и усилением их жизнедеятельности.

3. Урожайность и качественные показатели льноволокна

Удобрение	Срок применения	Выход всего волокна, %	Урожайность волокна, ц/га	%№ волокна, усл. ед.	Чесаное волокно		Центнеро-номер, усл. ед.
					выход, %	номер, усл. ед.	
Аммофос + бормагний	Осенью	27,8	13,3	256	42,3	17,3	114
	Весной	26,6	12,7	242	40,0	17,5	107
Борный суперфосфат	Осенью	27,6	12,8	247	41,3	16,6	105
	Весной	27,4	13,1	247	41,2	17,0	113
Аммофос с бором	Осенью	27,4	13,1	241	40,3	17,0	112
	Весной	26,5	12,5	237	40,2	17,0	104
Азофоска + борная кислота	Осенью	28,4	11,4	240	40,1	17,1	89
	Весной	26,7	11,0	237	39,1	16,8	86
Аммофос	Осенью	26,6	10,1	231	37,8	17,0	96
	Весной	26,3	10,2	230	40,0	16,1	104

4. Интенсивность выделения CO₂ (кг/ч/га) и целлюлозная активность почвы (по разложению льняной ткани), %

Удобрение	Срок внесения	Разложение льняного полотна за 60 дней, %	Фаза развития	
			елочка	бутонизация
Аммофос	Осенью	37,0	4,38	2,56
	Весной	37,1	5,04	2,92
Аммофос с бором	Осенью	39,1	4,16	2,00
	Весной	29,8	3,94	1,26

Так же обращают внимание на процесс снижения интенсивности выделения диоксида углерода при применении бора в данной дозе в составе удобрения. В фазе елочка при весеннем применении бора интенсивность выделения диоксида углерода снизилась в 1,3 раза, в бутонизацию – в 2,3 раза в сравнении с применением аммофоса без бора.

Анализ влияния льняного полотна на микробиологическую активность показал, что состав целлюлозоразрушающей микрофлоры почвы достаточно беден и представлен в основном *Sclerocium* sp. (гриб) и *Cellvibrio ochraceus* (бактерия). При осеннем внесении аммофоса без бора деятельность *Cellvibrio ochraceus* была заметно выше, чем при внесении аммофоса с бором при обоих сроках внесения. При применении бора в составе аммофоса снизилось общее число бактерий и

полностью уничтожились актиномицеты, присутствующие при разложении ткани на её поверхности.

Снижение количества бактерий и актиномицетов в почве в дальнейшем может сказаться на получении качественной тресты на льнице.

Включение бора в состав комплексных удобрений показало их высокую эффективность (табл. 5).

5. Урожайность льна при применении комплексных удобрений, содержащих бор (среднее за 3 года)

Удобрение	Льносолома		Льносемена	
	ц/га	+, %	ц/га	+, %
Без удобрений (контроль)	48,9		5,1	
Комплексное с бором N ₂₁ P ₃₄ K ₂₄ B _{0,45}	69,6	42,3	7,1	39,0
Комплексное с бором в рядок N ₇ P _{11,5} K ₇ B _{0,15}	61,4	25,6	6,8	33,3
ОМУ «Льняное» N ₂₁ P ₁₅ K ₃₀ B _{0,9}	69,3	41,7	7,6	49,0
ОМУ «Льняное» в рядок N ₇ P ₅ K ₁₀ B _{0,3}	63,8	30,5	7,5	47,1
Азофоска N ₂₁ P ₂₁ K ₂₁	61,5	25,7	6,7	31,4
НСР ₀₅ , ц/га	5,13		0,73	

При основном способе внесения под культивацию комплексное удобрение с бором и ОМУ «Льняное» в выравненных дозах по азоту достоверно превышали по урожайности льносоломы на 7,8 и 8,1 ц/га, льносемян –

на 0,4 и 0,9 ц/га применение азофоски. При рядковом применении этих удобрений, когда доза удобрения в 3 раза меньше, эффективность их была близка к уровню применения азофоски в полной дозе. Дозы бора при включении их в комплексные удобрения оптимальные и дают хорошие прибавки урожайности льнопродукции.

Заключение. Вынос бора растениями льна в среднем за 3 года в зависимости от применяемого удобрения составлял от 55 до 65 г/га. Исходя из компенсации выноса этого элемента, доза бора под лен-долгунец составляет 0,5-0,6 кг д.в./га. Визуальные признаки избыточного поступления бора в растения льна с проявлением краевого ожога листьев проявились при дозе бора от 1,0 до 1,5 кг д.в./га на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. При основном способе внесения борсодержащих удобрений на легкосуглинистой почве с низкой обеспеченностью бором было установлено, что доза бора 0,25 кг д.в./га, вносимая в почву с борным суперфосфатом, была оптимальной. Бор, применяемый в составе аммофоса в дозе 0,4 кг д.в./га, при увеличении урожайности волокна от 2,3 до 3,0 ц/га, способствовал снижению микробиологической активности почвы (общего числа бактерий и полностью уничтожались актиномицеты). Применение бора в составе комплексных удобрений – азотно-фосфорно-калийное с бором и ОМУ «Льняное» позволяет решить проблему применения микроэлемента под лен-долгунец с увеличением урожайности и качества льнопродукции.

Выбор оптимальной дозы бора – обязательный прием, потому что как недостаточное его содержание, так и избыточное сказывается на конечном результате даже такой «боролюбивой» культуры как лён-долгунец. Параметр оптимальных доз бора для применения на льне находится в узком коридоре от 0,25 кг д.в./га на легко-

суглистых почвах до 1,0 кг д. в/га на среднесуглинистых почвах.

Литература

1. Akimov A.A., Ivanyutina N.N., Vasiliv A.S., Drozdov I.A. Prospects for the use of fallow lands in the Tver region for sowing long-stalked flax// Eco. Env. And Cons. 26 (3): 2020; pp.1110-1114.
2. Азаренко Ю.А., Гавриленко О.Л. Влияние высоких концентраций бора и легкорастворимых солей на поступление микроэлементов в растения и их продуктивность// Омский научный вестник. – 2003. – №3. – С. 176 – 179.
3. Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Эффективность применения различных способов борных удобрений под сахарную свеклу// Московский экономический журнал. – 2018. – №4. – С. 42 – 64.
4. Безручко Е.В. Недобор или перебор? Как избежать рисков //Защита и карантин растений. – 2021. – № 7. – С. 28 – 30.
5. Кузьменко Н.Н. Сравнительная эффективность разных форм комплексных удобрений при рядковом внесении под лен-долгунец// Научные труды по агрономии. – 2020. – №2. – С. 36 – 40.
6. Лазарев А.М. Диагностика бактериоза льна. – СПб.: ГНУ ВИЗР, 2010.- 35 с.
7. Прудников А.Д., Прудникова А.Г., Морозов М.С. Использование биопрепаратов при выращивании льна-долгунца на семена// Главный агроном. – 2021. – №12.
8. Pukalova E.N. Influence of various forms and doses of microfertilizers on the accumulation and removal of microelements by plant oil flax// Soil Science and Agrochemistry. 2020; (1): 182 – 190.
9. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – 2- изд., перераб. и доп./Под редакцией В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 319 с.
10. Shaker A.T., Al-Badhrani W., Mohammed S.A. The effect of potassium and boron on growth and yield of flax (*Linum usitatissimum*)// Tikrit Journal for Agricultural Sciences 2019. V. 14. n. 2, p. 1 – 11.
11. Сорокина О.Ю. Экологические аспекты применения микроэлементов в льняном севообороте //Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека: Материалы Междунар. научно-практ. семинара, Торжок, 26-28 сентября 2011 г. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – С- 132 – 137.
12. Сорокина О.Ю. Эффективность традиционных, новых комплексных и органоминеральных удобрений под лен-долгунец// Плодородие. – 2020. – №1. – С. 8 – 11.
13. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонова А.Я. и др. Интенсификация продукционного процесса микроэлементами. Приемы управления. – М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.

ON THE ISSUE OF BORON DOSES AND FORMS OF BORON FERTILIZERS FOR FIBRE -FLAX

O.Yu. Sorokina

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 170041 Tver, Komsomolsky prospect 17/56, e-mail: olga-sorokina@bk.ru

The effectiveness of boron on the formation of the productivity of flax grown in the conditions of the Non-Chernozem zone has been studied. Studies have shown that on light loamy soil, a boron dose of 1.5 kg d. v. / ha is excessive for flax and is accompanied by visual manifestations in the form of a marginal "burn" of leaves. A dose of boron 0.25 kg/ha (as part of boron superphosphate) and 0.4 kg/ha (as part of ammophos) increased the yield of flax fiber by 2.3 and 3.0 c/ha and its qualitative parameters, but at the same time reduced the microbiological activity of the soil (the total number of bacteria and actinomycetes were completely destroyed). It is effective to use boron as part of complex fertilizers – nitrogen-phosphorus-potash with boron and OМУ "Flax", which make it possible to introduce boron in optimal doses and increase the yield of flax straw by 7.8 and 8.1 c / ha, flax seeds – by 0.4 and 0.9 c / ha in comparison with the use of azofoska, in an equalized dose of nitrogen.