

ВЛИЯНИЕ БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ БОРОМ

М.В. Рак, Е.Н. Барашкова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Лен считается наиболее ранней яровой масличной культурой, потенциал его урожайности превышает 25 ц/га семян. Это одна из перспективных сельскохозяйственных культур комплексного использования, возделываемых в основном для получения масла, которое обладает свойством к быстрому высыханию и широко используется в промышленности и медицине. Льняной жмых содержит до 32-36% белка и является высокопитательным концентрированным кормом для животных [1,5-6].

В льняном семени, согласно исследованиям Б.П. Плешкова, содержится до 30% белка, до 40% жиров, 22% углеводов, 8% клетчатки, 4% золы. Льняной белок (линулин) обладает полным составом незаменимых для человека аминокислот. Лен масличный может быть значительным источником растительного масла для различных отраслей. Содержание насыщенных жирных кислот в масле составляет 10%, олеиновой – 18%, линолевой – 14%, линоленовой – 58%. Из этих количественных характеристик ингредиентов льняных семян следует, что основную их питательную ценность составляет льняное масло, обладающее высоким удельным энергосодержанием [2,7]. Значимость льняного масла огромна, прежде всего, по содержанию ненасыщенных кислот, витаминов F, A, ферментов и других соединений. Обладая высоким йодным числом (190-200), хорошей высыхающей способностью, оно широко используется для изготовления масляных красок, олиф и лаков.

Польза льняного масла для человека обусловлена преимущественно жирнокислотным составом его триглицеридов. Льняное масло относят к группе масел с содержанием линоленовой кислоты более 20%. Высокая активность линоленовой кислоты делает его незаменимым в медицинской промышленности. По содержанию жирных кислот и общей биологической ценности льняное масло превосходит другие растительные масла. [3-4].

В современных условиях одной из задач является повышение урожайности и качества льнопродукции с помощью сбалансированного микроэлементного питания культуры. Для решения поставленной задачи актуально изучение на льне масличном дифференцированного использования весьма значимого для его роста и развития микроэлемента – бора в зависимости от уровня обеспеченности им дерново-подзолистой почвы. Бор является наиболее эффективным микроэлементом для льна. Необходимость этого микроэлемента для льна обусловлена тем, что они активно участвуют в физиологических и биохимических процессах и значительно снижают поражение растений кальциевым хлорозом. Бор принимает участие в обмене углеводов, синтезе нуклеиновых кислот и белков, процессе роста растения и развитии генеративных органов. Избыток кальция и высокие значения pH почвенного раствора вызывают у растений льна борное голодание. Как результат – пожелтение и отмирание точки роста, приостановление роста и ветвление стебля. Внесение бора устраняет развитие грибных и бактериальных болезней, увеличивает урожайность семян. Одной из причин часто наблюдаемых заболеваний растений льна, связанных со слабым или избыточным поступлением бора в растения, является недостаточная обоснованность доз и сроков борных удобрений. Результаты ранее проводимых исследований не дают достаточной информации для разработки надежных критериев для обоснования приемов улучшения питания растений льна масличного бором, вносимых в виде неорганических солей и комплексонатов. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований по совершенствованию технологии возделывания масличного льна для условий Беларуси, с целью повышения урожайности и масличности семян. Важное значение при этом должно отводиться сбалансированному минеральному питанию растений макро- и микроэлементами. В технологии возделывания льна масличного вопросы оптимизации питания растений бором изучены слабо. Исходя из вышеизложенного, возникает необходимость изучения сравнительной эффективности неорганических солей и перспективных органоминеральных борных удобрений при возделывании льна масличного при различной обеспеченности почвы бором.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в полевом опыте в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,8 м моренным суглинком, сменяемым песком.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 5,8-6,0, содержание гумуса – 2,40-2,76%, подвижного P_2O_5 и обменного K_2O (в 0,2 М HCl) соответственно 205 и 225 мг/кг почвы. Исходное содержание водорастворимого бора в пахотном слое – 0,28-0,35 мг/кг, подвижного цинка – 2,5 мг/кг почвы.

В опыте возделывался лен масличный Сонечны. Предшественник – озимая пшеница.

Схема опыта включала варианты с возрастающими дозами бора, которые вносили в некорневую подкормку растений льна масличного в фазу «елочка» на 5-ти уровнях насыщения супесчаной почвы бором, созданных перед закладкой опыта: 1-0,28 мг/кг (низкий); 2-0,65 мг/кг (средний); 3-0,95 мг/кг (высокий); 4-1,25 мг/кг (избыточный); 5-1,60 мг/кг почвы (избыточный).

1. Контроль без удобрений
 2. $N_{60}P_{60}K_{120}Zn_{0,2}$ – фон
 3. $B_{0,05}$
 4. $B_{0,10}$
 5. $B_{0,15}$
 6. $B_{0,05}$
 7. $B_{0,10}$
 8. $B_{0,15}$
- } борная кислота
- } жидкое удобрение МикроСтим-Бор

На фоне минеральных удобрений – $N_{60}P_{60}K_{120}$ кг/га и сульфата цинка – в некорневую подкормку в дозе 0,2 кг/га д.в. вносился бор в дозах 0,05, 0,10 и 0,15 кг/га в некорневые подкормки растений. В качестве борного удобрения применяли борную кислоту с содержанием 17,3% бора и жидкое удобрение МикроСтим-Бор, содержащее 50 г/л бора в органоминеральной форме и биостимулятор [8]. Минеральные удобрения внесены в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

В процессе ухода за посевами льна проведена обработка гербицидами секатор (125 г/га) и 2М4Х (0,7 л/га), а также инсектицидом децис экстра (60 мл/га).

Погодные условия вегетационных периодов льна масличного в годы проведения исследований различались как температурой, так и количеством выпавших осадков. Вегетационный период 2006 года по гидротермическим условиям характеризовался как избыточно увлажненный (ГТК 1,7), но с равномерным выпадением осадков. Гидротермические условия вегетационного периода 2008 года были близки к среднемноголетним показателем (ГТК 1,3) и отличались, прежде всего, неравномерностью выпадения осадков, наибольшее количество которых приходилось на апрель и недостаточное на июнь. В целом, для роста и развития льна масличного погодные условия вегетационных периодов в годы исследований были благоприятными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В технологии возделывания льна масличного при определении эффективности борных удобрений большое значение имеет оценка урожайности и качества получаемой продукции.

Результаты исследований со льном масличным свидетельствуют о различном влиянии уровней насыщения почвы бором на урожайность семян льна (табл.1). Повышение содержания водорастворимого бора с 0,28 до 0,95 мг/кг способствовало увеличению урожайности семян с 23,5 до 26,3 ц/га. Увеличение содержания бора в почве с 1,25 до 1,6 мг/кг не приводило к дальнейшему повышению урожайности семян льна.

Эффективность форм и доз борного удобрения в некорневую подкормку льна масличного была различной в зависимости от уровня обеспеченности почвы бором. Кроме этого, прибавки семян определялись как формой, так и дозой борного удобрения. При низком содержании в пахотном слое бора существенные прибавки урожайности семян получены от обеих форм борного удобрения в диапазоне всех исследуемых доз элемента. Это свидетельствует о необходимости применения борного удобрения на льне при низком уровне содержания подвижного бора в почве.

При среднем содержании в пахотном слое супесчаной почвы бора максимальная прибавка урожайности льносемян – 5,0 ц/га – получена от некорневой подкормки бором в органоминеральной форме в дозе 0,05 кг/га д.в. При увеличении дозы бора до 0,1 кг/га д.в. достоверные прибавки семян получены от обеих форм борного удобрения и были в пределах 3,0-3,1 ц/га. Менее эффективно на данном уровне было внесение борной кислоты в дозе 0,15 кг/га д.в. Прибавка урожайности льносемян составила 2,8 ц/га.

При высоком содержании в пахотном слое бора (3 уровень) эффективен бор в дозе 0,05 кг/га д.в. в органоминеральной форме, обеспечивший прибавку урожая семян 2,3 ц/га.

На 4 уровне с избыточным содержанием в почве бора отмечается повышение урожайности семян культуры на 2,1 ц/га соответственно при использовании в некорневую подкормку только удобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,05 кг/га д.в.

Таблица 1

**Влияние форм и доз борных удобрений на урожайность, масличность и сбор масла
льносемян при различной обеспеченности супесчаной почвы бором
(среднее 2006, 2008 гг.)**

Уровни содержания бора в почве	Варианты опыта		Урожай- ность льносе- мян, ц/га	Маслич- ность, %	Сбор масла, ц/га	Прибавка сбора масла к фону, ц/га
	1. Контроль без удобрений					
Низкое (0,28 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		23,5	34,9	8,2	-
	3. B _{0,05}	Борная кислота	26,0	34,9	9,1	0,9
	4. B _{0,10}		27,6	35,5	9,8	1,6
	5. B _{0,15}		29,0	35,5	10,3	2,1
	6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	27,7	35,6	9,9	1,7
	7. B _{0,10}		28,5	36,6	10,4	2,2
	8. B _{0,15}		27,8	34,4	9,6	1,4
	Среднее (0,65мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		25,4	35,2	8,9
3. B _{0,05}		Борная кислота	26,5	32,9	8,7	-
4. B _{0,10}			28,4	32,6	9,2	0,3
5. B _{0,15}			28,2	35,1	9,9	1,0
6. B _{0,05}		МикроСтим- Бор	30,4	35,1	10,6	1,7
7. B _{0,10}			28,5	36,2	10,3	1,4
8. B _{0,15}			24,2	36,2	8,7	-
Высокое (0,95 мг/кг)		2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		26,3	38,3	10,1
	3. B _{0,05}	Борная кислота	25,3	36,7	9,3	-
	4. B _{0,10}		26,9	37,5	10,1	-
	5. B _{0,15}		25,2	37,4	9,4	-
	6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	28,6	39,7	11,3	1,2
	7. B _{0,10}		26,9	37,4	10,1	-
	8. B _{0,15}		25,3	37,5	9,5	-
	Избыточное (1,25 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		26,7	38,3	10,2
3. B _{0,05}		Борная кислота	24,9	37,9	9,4	-
4. B _{0,10}			25,4	38,0	9,6	-
5. B _{0,15}			25,9	33,0	8,5	-
6. B _{0,05}		МикроСтим- Бор	28,8	33,6	9,7	-
7. B _{0,10}			27,1	33,9	9,2	-
8. B _{0,15}			26,4	32,3	8,5	-
Избыточное (1,60 мг/кг)		2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		26,0	34,1	8,8
	3. B _{0,05}	Борная кислота	25,7	35,3	9,1	0,3
	4. B _{0,10}		25,2	32,1	8,1	-
	5. B _{0,15}		26,4	34,0	8,9	-
	6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	27,0	33,3	9,0	0,2
	7. B _{0,10}		26,7	33,2	8,8	-
	8. B _{0,15}		25,4	34,2	8,7	-
	НСП ₀₅			2,10	-	0,95

Наиболее важным показателем, определяющим качество семян льна масличного, является содержание масла. Результаты двухлетних исследований позволили установить, что повышение содержания водорастворимого бора в почве и применение борных удобрений в некорневую подкормку оказали положительное влияние на масличность семян льна.

Повышение содержания бора в дерново-подзолистой супесчаной почве от 0,28 до 0,95 мг/кг способствовало увеличению масличности семян с 34,9 до 38,3% и сбора масла с 7,8 до 9,7 ц/га (рис. 1).

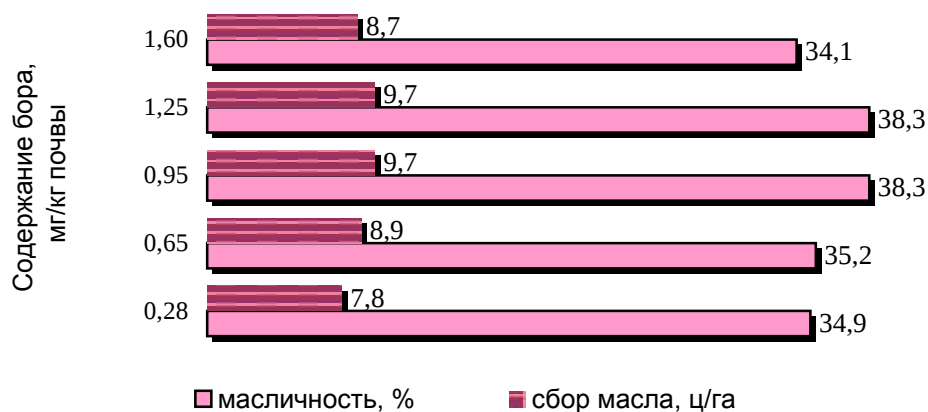


Рис. 1. Масличность семян льна и сбор масла при различной обеспеченности супесчаной почвы бором (среднее 2006, 2008 гг.)

Эффективность форм и доз борных удобрений в некорневую подкормку на показатель масличности семян различалась в зависимости от уровня обеспеченности почвы бором. Более высокая эффективность от применения в некорневую подкормку борных удобрений была получена при низком и среднем содержании бора в почве. Применение борных удобрений на почвах с избыточной концентрацией элемента в почве не способствовало повышению масличности семян льна.

Максимальное повышение содержания масла в семенах льна (на 1,7%) отмечается от некорневой подкормки удобрением МикроСтим-Бор в дозе 0,1 кг/га д.в. при низком содержании бора в почве (табл. 1). При среднем уровне обеспеченности почвы бором (0,65 мг/кг), некорневая подкормка удобрением МикроСтим-Бор в дозе 0,1 кг/га д.в. способствовала повышению масличности семян на 1,0%. При высоком содержании элемента в почве (0,95 мг/кг) повышение масла в семенах льна отмечено лишь в варианте с внесением удобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,05 кг/га д.в.

Наибольшие прибавки сбора масла были получены при внесении борных удобрений в некорневую подкормку на низком и среднем уровне обеспеченности супесчаной почвы бором. Максимальная прибавка сбора масла (2,2 ц/га) получена при внесении удобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,1 кг/га д.в. при низком содержании бора в почве.

Пищевые и технические достоинства любого растительного масла определяются соотношением жирных кислот. К основным жирным кислотам льняного масла относятся ненасыщенные – олеиновая, линолевая, линоленовая, и насыщенные – стеариновая и пальмитиновая.

В наших исследованиях установлено, что обеспеченность дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным бором и внесение в некорневую подкормку борных удобрений не оказывает значительного влияния на жирнокислотный состав семян льна масличного (табл. 2). Содержание пальмитиновой (6,18-6,81%) и стеариновой (3,44-3,83%) кислоты по вариантам опыта на различных уровнях насыщения почвы бором стабильно и практически не меняется. По содержанию олеиновой кислоты можно отметить тенденцию к её повышению от 14,10 до 14,58% по мере увеличения концентрации бора в почве с 0,28 до 1,25 мг/кг (по вариантам опыта пределы колебаний от 13,54 до 16,12%). Содержание линоленовой кислоты в пределах опыта варьирует от 67,26 до 70,00%, а линолевой от 5,49 до 7,57%.

В среднем за 2 года исследований отмечаются некоторые различия по жирнокислотному составу семян льна масличного, что, вероятно, связано с особенностями в формировании урожая под влиянием погодных условий. В 2008 году отмечается тенденция к снижению содержания в масле стеариновой, олеиновой и линоленовой кислоты, и некоторое повышение линолевой кислоты.

Таблица 2

**Жирнокислотный состав семян льна масличного в зависимости от доз и форм
борного удобрения при различном уровне обеспеченности почвы бором
(среднее 2006, 2008 гг.)**

Варианты		Массовая доля, % к сумме жирных кислот				
		Пальми- тиновая	Стеари- новая	Олеи- новая	Линоле- новая	Линолевая
1. Контроль		6,29	3,82	15,94	66,83	6,26
Уровень 1 – низкое содержание бора в почве (0,28 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		6,41	3,59	14,10	68,53	6,62
3. B _{0,05}	Борная кислота	6,36	3,47	13,54	70,00	5,90
4. B _{0,10}		6,28	3,63	14,11	69,39	5,84
5. B _{0,15}		6,34	3,59	14,10	69,39	5,84
6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	6,18	3,64	14,13	69,10	6,17
7. B _{0,10}		6,34	3,74	14,51	67,81	6,89
8. B _{0,15}		6,20	3,44	13,74	69,23	6,70
Уровень 2 – среднее содержание бора в почве (0,65 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		6,37	3,66	14,13	68,53	6,56
3. B _{0,05}	Борная кислота	6,34	3,68	14,24	67,94	7,00
4. B _{0,10}		6,28	3,64	14,30	69,28	5,71
5. B _{0,15}		6,35	3,61	14,46	68,39	6,43
6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	6,30	3,65	14,26	68,52	6,54
7. B _{0,10}		6,28	3,67	14,21	69,57	5,49
8. B _{0,15}		6,41	3,77	14,60	67,83	6,58
Уровень 3 – высокое содержание бора в почве (0,95 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		6,47	3,45	14,18	68,90	6,31
3. B _{0,05}	Борная кислота	6,33	3,72	14,64	68,18	6,34
4. B _{0,10}		6,35	3,70	14,50	68,20	6,52
5. B _{0,15}		6,34	3,74	14,70	67,88	6,48
6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	6,54	3,59	14,36	68,02	6,82
7. B _{0,10}		6,47	3,59	14,38	67,26	7,57
8. B _{0,15}		6,35	3,71	14,50	68,39	6,26
Уровень 4 – избыточное содержание бора в почве (1,25 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		6,47	3,79	14,58	67,67	6,70
3. B _{0,05}	Борная кислота	6,57	3,66	16,12	66,62	6,19
4. B _{0,10}		6,29	3,80	14,68	68,61	5,81
5. B _{0,15}		6,38	3,67	14,46	68,10	6,60
6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	6,38	3,75	14,90	67,85	6,32
7. B _{0,10}		6,55	3,65	14,57	67,65	6,85
8. B _{0,15}		6,34	3,83	14,77	67,60	6,66
Уровень 5 – избыточное содержание бора в почве (1,60 мг/кг)						
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон		6,40	3,64	14,54	68,46	6,15
3. B _{0,05}	Борная кислота	6,81	3,47	14,63	68,61	5,82
4. B _{0,10}		6,41	3,67	14,60	68,70	5,87
5. B _{0,15}		6,47	3,67	14,72	68,28	6,09
6. B _{0,05}	МикроСтим- Бор	6,34	3,70	14,45	68,82	5,90
7. B _{0,10}		6,59	3,65	14,51	68,33	6,24
8. B _{0,15}		6,32	3,69	14,68	67,92	6,66

ВЫВОДЫ

1. При возделывании льна масличного на дерново-подзолистой супесчаной почве повышение содержания водорастворимого бора с 0,28 до 0,95 мг/кг способствует увеличению урожайности семян с 23,5 до 26,3 ц/га, повышению масличности с 34,9 до 38,3%. Увеличение содержания бора в почве с 1,25 до 1,6 мг/кг не приводило к дальнейшему повышению урожайности и масличности семян льна.

2. Применение различных форм и доз борных удобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой супесчаной почве низко- средне- и высоко обеспеченной подвижным бором способствовало повышению урожайности и масличности льносемян. Жидкое удобрение МикроСтим-

Бор обеспечивала более высокую эффективность в сравнении с борной кислотой по мере повышения содержания бора в почве.

3. Обеспеченность дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным бором и внесение в некорневую подкормку борных удобрений не оказывает значительного влияния на жирнокислотный состав семян льна масличного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдан, Т.М. Лен масличный – источник растительного масла в республике Беларусь / Т.М. Богдан, Л.М. Полонецкая // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: тезисы Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образования Института земледелия, Жодино, 29 июня 2007 г. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по землед. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 114-117.
2. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков – Москва: Агропромиздат, 1987. – 485 с.
3. Самонов, В.П. Льняное масло в Беларуси. / В.П. Самсонов, Н.Маковский // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 11. – С.34-35.
4. Беляк, В.Б. Лен масличный – ценная сельскохозяйственная культура многостороннего использования / В.Б. Беляк, В.Н. Бражников, О.Ф. Бражникова // Пути решения проблем повышения адаптивности, продуктивности и качества зерновых и кормовых культур / Пензенский НИИ сел. хоз-ва. – Самара, 2003. – С. 81-83.
5. Картамышева, Е.В. Возродим лен масличный. / Е.В. Картамышева, В.Г. Картамышев // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы. 3 Междунар. науч.-произв. конф., Пенза, 14-19 июня 2000 г. / РАЕН; редкол.: А.Ф. Блинохватова [и др.]. – Пенза, 2000. – Т. 3. – С.13-14.
6. Лукомец, В.М. Семена масличных культур – сырье для производства пищевого и кормового белка / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов / Куб. гос. аграр. ун-т. – 2005. – С. 233-286
7. Состав жирных кислот семян льна / А.В. Поляков [и др.] // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы 3 междунар. науч.-произв. конф., Пенза, 14-19 июня 2000 г. / РАЕН; редкол.: А.Ф. Блинохватова [и др.]. – Пенза, 2000. – Т. – С.10-11.
8. Микроудобрения с биостимулятором МикроСтим: ТУ ВУ 100079183006-2008 – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008.

INFLUENCE OF BORIC FERTILIZER ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF OIL FLAX SEEDS IN RELATION TO B-STATUS OF PODZOLUVISOL LOAMY SAND SOIL

M.V. Rak, E.N. Barashkova

Summary

In the field experiences with oil flax cultivation the influence of boric fertilizers on productivity and quality of oil flax seeds at the various levels contents boron on sod-podzolic soil has been studied. It is noted that boron content increase in soil in the limits 0,28-0,95 mg/kg and outside root top-dressing by boric fertilizers was accompanied with flax seeds yield enhance from 23,5 to 26,3 c/ha, increasing content of crude oil in seeds from – 34,9 to 38,3%.

Поступила 4 мая 2010 г.