

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ягодин, Б.А. Кобальт в жизни растений / Б.А. Ягодин. – М.: Наука, 1970. – 343 с.
2. Рак М.В. Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в современных агротехнологиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26-30 июля 2010 г. – Минск, 2010. – С. 14-17.
3. Кобальт и йод в почвах Беларуси / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Теоретические и прикладные вопросы изучения и использования почвенно-земельных ресурсов: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию кафедры почвоведения БГУ, Минск, 16-20 сент. 2003 г. / БГУ ; редкол.: В.С. Аношко (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – С. 218-220.
4. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №4. – С. 23-24.
5. Мальчевская, Е. Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е.Н. Мальчевская, Г.С. Миленькая. – Минск: Ураджай, 1981. – 143 с.
6. Ковальский, В.В. Микроэлементы в растениях и кормах / В.В. Ковальский, Ю.Е. Раецкая, Т.И. Грачева. – М.: Колос, 1971. – 235 с.

## EFFECT OF COBALT FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF MADOW CLOVER

M.V. Rak, T.G. Nikolaeva, S.A. Titova, E.N. Barashkova

### Summary

The efficiency of using different types of cobalt fertilizers while growing madow clover at various levels of mineral nutrition is studied in the article It was found that the outside root top-dressing by cobalt fertilizers is more effective at the level of mineral nutrition of the RK 165 kg/ha. The maximum yield increase of dry weight with the optimum a concentration of cobalt was obtained in variants, where the cobalt chelate was added at a dose of 25 g/ha active substance. Moreover, this technique is the most economically feasible.

*Поступила 4 апреля 2011 г.*

УДК 631.8.022.3:633.521:631.445.2

## СОДЕРЖАНИЕ БОРА В РАСТЕНИЯХ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ БОРОМ И ДОЗ БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

Барашкова Е.Н.

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Содержание элементов питания является важным показателем оценки качества культуры и эффективности применяемых удобрений. Лишь при оптимальном

содержании того или иного элемента в определенную фазу развития растение может наиболее полно реализовать свои возможности в формировании урожая.

Лен масличный отличается специфичностью питания, потребляя на формирование урожая больше питательных веществ, чем многие другие культуры, неравномерно поглощая элементы питания в течение вегетации. Самый ответственный период в формировании урожая – начальный – от всходов до «ёлочки» и быстрого роста. Обеспеченность питанием впервые две ранние фазы обуславливает рост растения, нормальное образование семян и хороший урожай качественного волокна. В то же время поступление каждого элемента питания в онтогенезе льна значительно изменяется в зависимости от погодных условий, содержания подвижных форм микроэлементов в почве, сортовых особенностей культуры [1].

Бор является наиболее эффективным микроэлементом для льна. Необходимость этого микроэлемента для льна обусловлена тем, что он активно участвует в физиологических и биохимических процессах. 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, что называется кальциевым хлорозом (бактериозом) льна. Внесение бора устраняет развитие грибных и бактериальных болезней, например бактериоз льна, увеличивает урожайность семян [2,3].

По данным М.В. Каталымова [4] содержание бора в соломе составляет 8,2-30,0 и семенах – 5,1-31,0 мг/кг абсолютно сухого вещества. По данным Битюцкого [5], симптомы дефицита бора начинают проявляться при содержании этого микроэлемента 5-10 мг/кг сухой массы. По данным В.В. Церлинг [1], оптимальное содержание бора в растениях льна в фазу цветения составляет 33-45 мг/кг сухого вещества. Содержание бора в различных частях одного и того же растения неодинаково. Изменяются потребности растения в боре также и в течение вегетационного периода.

Исходя из того, что содержание бора в растениях льна в течение вегетации оказывает положительное влияние на урожайность и качество семян, важно изучить закономерности поведения микроэлемента в почве, параметры его поступления в растения в зависимости от факторов внешней среды и концентрации его в почве. При этом важно оценить роль как почвенных запасов бора, так и применение различных форм и доз борных удобрений в некорневые подкормки растений льна.

Целью исследований являлось установить параметры потребления бора растениями льна масличного в зависимости от уровня содержания его в дерново-подзолистой супесчаной почве и некорневой подкормки борными удобрениями.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ 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 – 0,3 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). Уровни насыщения пахотного слоя почвы бором в полевом опыте были созданы внесением борной кислоты в виде водного раствора. При этом учитывалось, что на данной почве смещение содержания водорастворимого бора в пахотном слое от 1 кг бора составляет 0,12 мг/кг. Созданные уровни корректировались под заданные параметры во все годы исследований.

#### Схема опыта

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

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 150 г/л бора в органо-минеральной форме и биостимулятор [6].

В процессе ухода за посевами льна проведена обработка по всходам 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

Результаты исследований по содержанию подвижного бора по генетическим горизонтам и уровням насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы свидетельствуют о накоплении основного количества бора преимущественно в верхнем перегнойно-аккумулятивном слое почвы (рис. 1). Распределение подвижного бора по генетическим горизонтам почвы с глубиной снижается, доходя до минимума в горизонте В<sub>2</sub>D. Насыщение пахотного слоя почвы бором на 2, 3, 4 и 5 уровнях способствует повышению количества бора в нижележащих горизонтах по сравнению с его исходным содержанием. Это свидетельствует о миграции водорастворимого бора из пахотного горизонта вниз по профилю почвы. Причем, на блоках, где проведено насыщение, независимо от содержания элемента в пахотном слое его количества в нижележащих горизонтах приблизительно одинаковы.

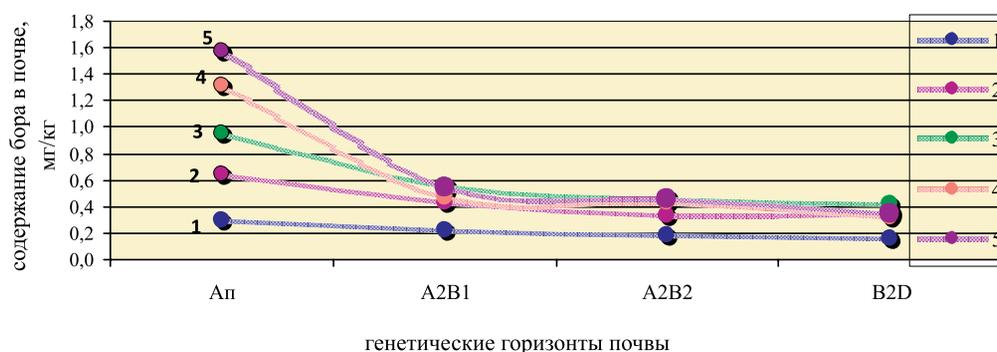


Рис. 1. Содержание бора по горизонтам профиля дерново-подзолистой почвы в зависимости от уровня обеспеченности этим элементом (среднее 2006, 2008 гг.)

В годы исследований при возделывании льна масличного не наблюдалось существенного изменения количественного содержания подвижного бора в почве в течение вегетации. Отмечается тенденция повышения количества подвижного бора в период активного роста, развития растений и снижение его к уборке.

По литературным данным поступление и передвижение бора в растениях в очень сильной степени зависит от концентрации его в почве. Внесенный в почву бор довольно быстро поступает в растение. Один и тот же вид растений может содержать различные количества бора в зависимости от содержания его в почве [2].

В наших исследованиях отмечается тесная корреляционная зависимость между накоплением бора растениями льна и содержанием подвижного бора в почве. Корреляционный анализ показал наиболее высокую сопряженность содержания бора в растениях льна с содержанием подвижного бора в почве в фазу от бутонизации до цветения (коэффициент корреляции – 0,99).

Результаты расчетов коэффициента накопления бора в семенах и соломе льна на фоновых вариантах блоков насыщения свидетельствуют о значительном его усвоении из подвижной формы в почве (табл. 1). Следует отметить, что наиболее активно он поступает в растения при низкой концентрации в почве.

Установлена следующая зависимость накопления бора растениями льна масличного: максимальное содержание бора в начале вегетации и затем, постепен-

ное снижение его концентрации до фазы созревания. Меньше всего бора накапливается в льносеменах.

Таблица 1

**Коэффициент накопления бора в семенах  
и соломке льна масличного в зависимости  
от уровня содержания его в почве**

Уровень содержания бора в почве	Кн (семена)	Кн (соломка)
Низкое содержание (0,28 мг/кг)	19,0	43,0
Среднее содержание (0,65 мг/кг)	11,5	30,6
Высокое содержание (0,95 мг/кг)	9,0	21,6
Избыточное содержание (1,25 мг/кг)	9,0	22,5
Избыточное содержание (1,65 мг/кг)	10,0	19,3

По мере насыщения супесчаной почвы бором от 0,28 до 1,6 мг/кг, отмечается повышение концентрации бора в растениях льна в фазу «ёлочки» на фоновых вариантах уровней с 29,3 до 67,5 мг/кг сухой массы или на 2,9 мг/кг бора в растении от 0,1 мг/кг бора в почве. Накопление бора в соломке составляло от 12,8 до 30,5 мг/кг или 1,3 мг/кг от 0,1 мг/кг в почве, в семенах от 5,7 до 15,9 или 0,77 мг/кг от 0,1 мг/кг в почве.

Некорневая подкормка растений в фазу «ёлочки» различными формами и дозами борных удобрений также способствовала обогащению льнопродукции данным элементом, повышая его содержание в растениях льна по сравнению с фоновыми вариантами уровней насыщения (табл. 2).

Процентное накопление бора в биомассе льна под влиянием некорневой подкормки борными удобрениями снижалось по мере повышения концентрации элемента в почве.

В фазу бутонизации, на почвах с низким содержанием бора, концентрация элемента в биомассе льна по вариантам опыта составляла 27,5-33,5 мг/кг сухой массы, что на 1,1-23,2% выше фонового варианта (27,2 мг/кг). На почвах со средним содержанием бора накопление элемента в растениях было в пределах 36,7-42,0 мг/кг, при содержании в фоновом варианте 34,5 мг/кг. Применение борных удобрений способствовало повышению накопления элемента в биомассе льна на 6,4-21,7% по сравнению с фоновым вариантом данного уровня. Внесение борных удобрений в некорневую подкормку льна при уровне содержания данного элемента в почве 0,95 мг/кг, способствовало повышению концентрации бора в растениях от 43,0 до 46,8 мг/кг или на 4,8-11,9% выше фонового варианта данного уровня (41,8 мг/кг). На уровне с избыточным содержанием бора в почве (1,25 мг/кг) содержание элемента в растениях на фоновом варианте составляло 54 мг/кг. Некорневая подкормка способствовала повышению бора в растениях до 59,5 мг/кг, или на 10,2%. Применение борных удобрений в некорневую подкормку при концентрации элемента в почве на уровне 1,6 мг/кг, увеличивало содержание бора в растениях с 63,0-71,0 мг/кг сухой массы, или на 2,4-15,4%.

В фазу цветения оптимальным содержанием бора в растениях льна по В.В. Церлинг [1] считается 33-45 мг/кг сухой массы.

Таблица 2

**Содержание бора в растениях льна масличного в зависимости от уровня обеспеченности почвы этим элементом, доз и форм борного удобрения (среднее за 2006, 2008 гг.)**

Уровни содержания бора в почве, мг/кг	Вариант	Фаза роста					
		ёлочка	бутонизация	цветение	семена	соломка	
	1. Контроль	27,0	29,4	15,0	3,3	12,5	
Низкое содержание (0,28 мг/кг)	2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> Zn <sub>0,2</sub> – фон	29,3	27,2	17,6	5,7	12,8	
	3. Фон + B <sub>0,05</sub>	Борная кислота	-	33,5	19,4	6,0	14,2
	4. Фон + B <sub>0,10</sub>		-	32,1	19,3	7,4	13,9
	5. Фон + B <sub>0,15</sub>		-	27,5	16,0	7,6	14,1
	6. Фон + B <sub>0,05</sub>	Микро Стим-Бор	-	32,2	19,8	7,7	13,7
	7. Фон + B <sub>0,10</sub>		-	31,5	19,4	5,2	14,3
	8. Фон + B <sub>0,15</sub>		-	29,5	17,0	7,8	15,5
	Среднее содержание (0,65 мг/кг)	2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> Zn <sub>0,2</sub> – фон	36,0	34,5	25,3	7,5	19,9
3. Фон + B <sub>0,05</sub>		Борная кислота	-	36,7	27,0	9,4	20,0
4. Фон + B <sub>0,10</sub>			-	37,5	29,7	10,9	22,6
5. Фон + B <sub>0,15</sub>			-	42,0	29,5	11,3	21,7
6. Фон + B <sub>0,05</sub>		Микро Стим-Бор	-	40,3	31,1	9,0	23,2
7. Фон + B <sub>0,10</sub>			-	39,7	28,7	10,4	21,6
8. Фон + B <sub>0,15</sub>			-	37,0	27,5	10,4	22,5
Высокое содержание (0,95 мг/кг)		2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> Zn <sub>0,2</sub> – фон	44,0	41,8	35,9	8,6	20,7
	3. Фон + B <sub>0,05</sub>	Борная кислота	-	43,0	37,3	11,2	26,2
	4. Фон + B <sub>0,10</sub>		-	46,8	34,4	11,9	24,1
	5. Фон + B <sub>0,15</sub>		-	45,0	38,1	12,5	23,0
	6. Фон + B <sub>0,05</sub>	Микро Стим-Бор	-	45,0	37,4	11,4	24,9
	7. Фон + B <sub>0,10</sub>		-	44,5	36,2	11,8	26,2
	8. Фон + B <sub>0,15</sub>		-	46,4	36,0	12,1	26,0
	Избыточное содержание (1,25 мг/кг)	2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> Zn <sub>0,2</sub> – фон	61,0	54,0	42,0	11,8	29,5
3. Фон + B <sub>0,05</sub>		Борная кислота	-	56,0	50,5	12,5	30,5
4. Фон + B <sub>0,10</sub>			-	58,5	48,3	14,3	31,2
5. Фон + B <sub>0,15</sub>			-	59,5	49,0	14,6	34,0
6. Фон + B <sub>0,05</sub>		Микро Стим-Бор	-	53,8	45,5	13,9	30,4
7. Фон + B <sub>0,10</sub>			-	57,6	45,6	14,0	30,6
8. Фон + B <sub>0,15</sub>			-	56,2	42,9	17,1	31,5
Избыточное содержание (1,60 мг/кг)		2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> Zn <sub>0,2</sub> – фон	67,5	61,5	47,5	15,9	30,5
	3. Фон + B <sub>0,05</sub>	Борная кислота	-	63,0	48,5	20,8	33,7
	4. Фон + B <sub>0,10</sub>		-	67,0	49,9	20,5	35,3
	5. Фон + B <sub>0,15</sub>		-	65,8	50,5	18,9	36,2
	6. Фон + B <sub>0,05</sub>	Микро Стим-Бор	-	71,0	54,7	20,9	35,4
	7. Фон + B <sub>0,10</sub>		-	66,7	52,2	20,4	35,7
	8. Фон + B <sub>0,15</sub>		-	63,7	49,5	19,9	33,4
	Оптимум (по В.В. Церлинг)				33-45		

К фазе цветения, на почве с низкой обеспеченностью бором, содержание элемента в биомассе льна по вариантам опыта было в пределах 16,0-19,8 мг/кг (рис. 2, рис. 3). При среднем уровне содержания бора в почве применение борных удобрений приближало накопление элемента в растениях льна к нижней границе оптимальных значений и составило 27,0-31,1 мг/кг. Оптимальное содержание бора в растениях обеспечило в первую очередь повышение содержания его в почве до 0,95 мг/кг (3 уровень), что составило 35,9 мг/кг, применение борных удобрений повышало накопление бора до 38,1 мг/кг. На избыточных уровнях применение некорневой подкормки обеспечило накопление бора от 42,9 до 50,5 мг/га.

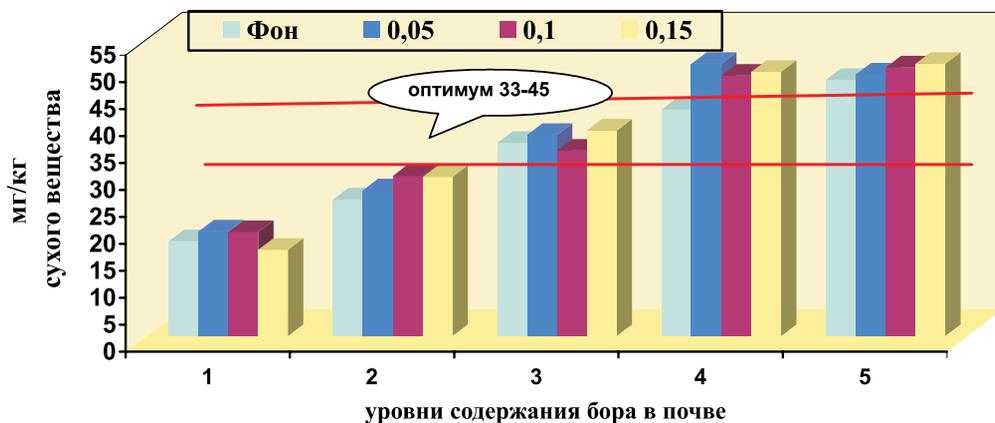


Рис. 2. Влияние некорневой подкормки борной кислотой на накопление бора в биомассе льна в фазу цветения на различных уровнях насыщения

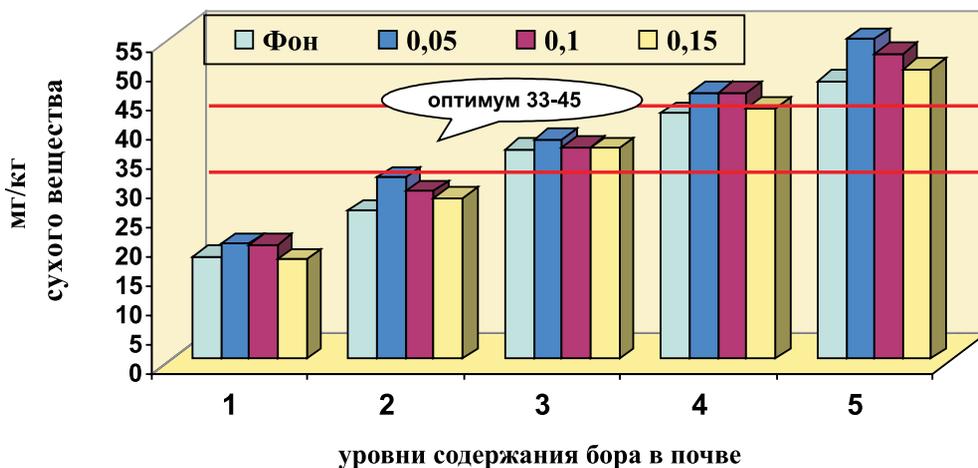


Рис. 3. Влияние некорневой подкормки удобрением МикроСтим-Бор на накопление бора в биомассе льна в фазу цветения на различных уровнях насыщения

В среднем по дозам и видам внесения борного удобрения содержание бора в растениях льна изменялось незначительно. Виды и дозы борного удобрения в меньшей мере влияли на накопление бора в растениях льна. Можно отметить

некоторое преимущество в накоплении бора только от удобрения МикроСтим-Бор в низкой дозе (рис. 2, рис. 3).

В соломке льна содержание бора от некорневой подкормки борными удобрениями повышалось по вариантам от 13,7 до 36,2 мг/кг по мере насыщения почвы данным элементом, в семенах от 6,0 до 20,9 мг/кг.

### ВЫВОДЫ

1. Накопление бора в семенах и соломке льна свидетельствует о значительном его усвоении из почвы в наибольших значениях при низком (0,28 мг/кг) и среднем (0,65 мг/кг) уровнях обеспеченности супесчаной почвы этим элементом.

2. Некорневые подкормки растений льна масличного в фазу «ёлочки» борными удобрениями способствуют накоплению бора в льнопродукции. Накопление бора в биомассе льна под влиянием некорневой подкормки борными удобрениями снижалось по мере повышения его концентрации в почве.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник. – М., 1990. – 235 с.

2. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

3. Кибаленко, А.П. Бор в жизни и продуктивности растений / А.П. Кибаленко. – К.: Навук. думка, 1973. – 222 с.

4. Катыльмов, М.В. Микроэлементы и их роль в повышении урожайности / М.В. Катыльмов. – 2-е изд. – Москва: Госхимиздат, 1960. – 75 с.

5. Битюцкий, Н.П. Микроэлементы и растения / Н.П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во С.-П. ун-та, 1999. – 232 с.

6. Жидкое концентрированное борное удобрение для некорневой подкормки растений: пат. 11666 Респ. Беларусь МПК6 С 05G 3/00 / М.В. Рак, Г.М. Сафроновская, С.А. Титова, Е.Н. Барашкова, В.А. Муковозчик; заявитель РУП «Ин-т почвения и агрохимии». – № а 20070666; заявл. 01.06.07; опубл. 28.02.09 // Афiцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №1.

## BORON CONTENT IN PLANTS OIL FLAXIN RELATION TO B-STATUS OF PODZOLUVISOL LOAMY SAND SOIL

E.N. Barashkova

### Summary

Results of research on study of influence of various levels contents of water soluble boron in sod-podzol loamy sand soil, doses and forms on boron accumulation in the seeds and flax straw are presented in article. The research results indicate a significant assimilation of boron from soil to the highest values at low (0.28 mg/kg) and average (0.65 mg/kg) levels of security sandy loam soil with this element. Accumulation of boron in the biomass of flax under the influence of foliar feeding of boron fertilizers decreased with increasing concentrations of soluble boron in the soil.

*Поступила 14 мая 2011 г.*