

ВЛИЯНИЕ БОРА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

В. П. СТАРОВОЙТОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В системе агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожая льна и улучшение его качества, важное место принадлежит удобрениям, в том числе микроудобрениям. Внесение бора на фоне повышенных норм азота, фосфора и калия оказывает положительное действие на урожай семян, волокна и их качество [1, 3, 4]. Представляет интерес изучить эффективность бора в зависимости от форм азотных удобрений, вносимых под эту культуру, и их норм, тем более что данные по этому вопросу практически отсутствуют.

Методика исследования

Нами в 1977—1978 гг. было проведено три опыта со льном сорта Л-11-20. Для вегетационного опыта использовали сильнокислую дерново-подзолистую суглинистую почву, бедную подвижными формами азота, фосфора и калия, при средней обеспеченности водорастворимым бором. После известкования по полной гидролитической кислотности ею набивали полиэтиленовые сосуды, вмещающие 6 кг воздушно-сухой почвы. Одинарной дозой азота, фосфора и калия

считали 0,1 г на 1 кг воздушно-сухой почвы, бора — 0,5 мг.

Полевые опыты проводили на станции полеводства Тимирязевской академии. Почва опытных участков среднекислая, содержание элементов питания в ней низкое. Нормы азота — 50 кг/га, фосфора — 100, калия — 110, бора (бура) — 1 кг/га. Размер опытных делянок — 35 и 28 м², учетная площадь — 15 м². Повторность всех опытов 4-кратная.

Результаты исследования

Анализ данных о динамике сырой массы льна при разных условиях питания азотом и бором (вегетационный опыт в 1977 г.) показал, что в фазу елочки лен отрицательно реагировал на повышенные нормы азота, особенно в форме кальциевой селитры (табл. 1). Влияние бора на развитие растений в этот период зависело от форм азота. При повышенных нормах кальциевой селитры и мочевины бор оказывал положительное влияние на накопление сырой массы льна уже в фазу елочки, чего не наблюдалось на фоне аммиачной селитры.

В фазу цветения по мере увеличения норм азота масса растений возрастала, особенно в вариантах с мочевиной и аммиачной селитрой. В последнем случае цветение льна было более ранним и дружным. Положительное действие бора в эту фазу на фоне однократной нормы азота не зависело от формы последнего, а на фоне тройных норм было более высоким по кальциевой селитре и наименьшим — по аммиачной.

Результаты уборки урожая показали, что эффективность разных уровней питания азотом без применения бора находилась в зависимости от формы азотного удобрения (табл. 2). Так, в вариантах с мочевиной и аммиачной селитрой увеличение норм азота обеспечило значительную прибавку урожая соломки (до 9 и 14,5 г на сосуд), при использовании кальциевой селитры прибавка была небольшой (5,4 г/сосуд). Подобная картина наблюдалась в отношении урожая семян, а также волокна.

При внесении бора по фону аммиачной селитры эффективность азота не изменялась, а по фону кальциевой селитры и мочевины — значительно увеличивалась (урожай соломки и семян). При этом в вариан-

Увеличение сырой массы растений по фазам вегетации (общая сырая масса 30 растений в г). Вегетационный опыт 1977 г.

Нормы азота, г на 1 кг	Фаза елочки		Цветение		Уборка	
	I	II	I	II	I	II
			N _{аа}			
0,1	13,4	14,0	122	140	119	154
0,3	11,5	11,9	150	171	158	168
			N _{скц}			
0,1	11,5	12,0	118	136	109	143
0,3	7,9	9,3	129	161	141	170
			N _м			
0,1	12,4	13,6	120	138	120	156
0,3	11,6	13,2	153	179	149	174

Примечание. I — без бора; II — с бором.

тах с различными формами азота тройные нормы его дали одинаковую прибавку урожая.

Действие бора на урожай зависело от формы и нормы азота. На фоне аммиачной селитры при увеличении нормы азота в три раза эффективность бора не изменилась, а в случае мочевины и кальциевой селитры такое повышение дозы азота усиливало действие бора — урожай соломки возрос в 1,9, урожай семян — в 1,5 раза. Такой результат можно объяснить влиянием азотных удобрений на реакцию почвенного раствора и связанную с ним подвижность бора.

В условиях полевого опыта (1977 г.) при использовании нитратной формы азота (натриевая селитра) без бора был получен более низкий урожай льна, чем при внесении аммиачного азота (сульфат аммония). Разница в урожае соломки, семян и волокна составляла соответственно 5; 0,7 и 1,7 ц/га.

Т а б л и ц а 2
Эффективность бора в зависимости от форм и доз азотных удобрений. Вегетационный опыт 1977 г.

Нормы азота, г/кг, и бора, мг/кг	Урожай, г воздушно-сухой массы на сосуд		
	соломка	волокно	семена
	N _{аа}		
0,1	44,5	10,5	10,2
0,3	59,0	14,8	13,6
0,1+B _{0,5}	48,9	12,2	12,1
0,3+B _{0,5}	62,6	16,6	15,5
	N _{скц}		
0,1	43,4	9,8	9,7
0,3	48,8	11,2	12,0
0,1+B _{0,5}	48,3	12,0	12,0
0,3+B _{0,5}	60,2	15,4	15,6
	N _м		
0,1	44,6	10,3	10,0
0,3	53,6	12,4	12,7
0,1+B _{0,5}	49,9	12,5	12,3
0,3+B _{0,5}	63,8	16,3	17,2
НСР ₀₅	3,1		1,3

Внесение 1 кг бора на 1 га при нитратном питании было наиболее эффективным (урожай соломки возрос на 26,3 %, семян — на 24,6 %). На аммиачном фоне увеличение урожая в результате применения бора было меньше (соответственно 14,7 и 15,6 %). При внесении бора обе формы азота обеспечили получение одинакового урожая соломки и семян (табл. 3).

В 1978 г. испытывали три формы азотных удобрений: аммиачную селитру, мочевины и сульфат аммония. Без бора наиболее высокий урожай соломки, волокна и семян льна был при использовании сульфата аммония, наименьший — в варианте с мочевиной. Внесение аммиачной селитры обеспечило получение среднего урожая продукции

льна. В вегетационный период 1978 г. стояла более холодная погода, чем в 1977 г., и эффективность бора снизилась (табл. 3). Прибавка урожая соломки от применения бора была наименьшей на фоне сульфата аммония, а на фоне других форм азота она была достоверно выше контроля. В варианте с мочевиной как с бором, так и без него получен самый низкий урожай семян (табл. 3).

В целом на основании результатов двухлетних опытов можно заключить, что все формы азота при использовании борных удобрений оказываются равноценными по своему действию на урожай соломки, без бора лучшей для льна была аммиачная форма. Эти выводы согла-

Т а б л и ц а 3

Урожай льна при внесении бора на разных фонах азотных удобрений
(ц воздушно-сухой массы на 1 га). Полевой опыт

Формы азотных удобрений	B ₀			B _{1,0}		
	соломка	семена	волокно	соломка	семена	волокно
1977 г.						
N _с	37,2	5,7	8,9	47,0	7,1	12,2
N _а	42,2	6,4	10,6	48,4	7,4	13,0
NCP ₀₅	4,0	0,7				
1978 г.						
N _м	44,0	5,2	11,3	50,9	6,2	14,3
N _{аа}	46,8	5,7	12,2	51,8	6,6	14,5
N _а	48,9	6,1	13,7	52,0	6,8	15,6
NCP ₀₅	4,6	0,4				

суются с литературными данными о большей эффективности аммиачных и амидных форм азота в посевах льна по сравнению с нитратными [2, 5].

При выращивании льна-долгунца важно получить как можно больше волокна, поэтому, стремясь к повышению урожая льносоломки, необходимо заботиться о том, чтобы содержание волокнистых веществ в ней не снижалось. В связи с этим представляло интерес изучить действие бора на качество льнопродукции при разных источниках и нормах азота.

По мере повышения норм азота при использовании кальциевой селитры и мочевины без бора содержание волокнистых веществ не изменялось, а выход волокна несколько возрастал за счет повышения урожая, в варианте с аммиачной селитрой повышалось значение и того и другого показателя, причем выход волокна был наибольшим (табл. 4).

Под действием бора содержание волокнистых веществ во льне несколько возрастало и было самым большим, как и выход волокна в вариантах с повышенной нормой азота, внесенного в форме аммиачной селитры и мочевины. При внесении бора по фону кальциевой селитры сбор волокна оказался таким же, как и по другим формам азота (табл. 4).

Качество льносоломки, полученной в полевых опытах, было несколько лучше в варианте с сульфатом аммония (табл. 5). Бор на фоне натриевой и аммиачной селитры, а также мочевины оказал положительное действие на качество льносоломки — повысилась ее номерность, а на фоне сульфата аммония действие бора на этот показатель существенно не проявилось.

Таким образом, влияние борных удобрений на урожай и качество льна в значительной степени зависело от форм азотных удобрений.

В условиях полевого опыта более высокие прибавки урожая были при внесении бора по фону натриевой селитры и мочевины.

Для объяснения полученных результатов важно проследить поступление бора в растения при разных условиях питания. Как показал вегетационный опыт, накопление бора растениями зависело от форм и норм азота. С увеличением норм аммиачной селитры содержание бора в растениях в основном возрастало как в контроле (без бора), так и при внесении в почву борных удобрений. Вынос бора урожаем в том и в другом случае с увеличением норм азота повышался соответственно в 1,7 и 1,8 раза. Важно отметить, что этот показатель при тройной норме

Т а б л и ц а 4

Выход волокна льна при разных условиях питания азотом и бором в вегетационном опыте 1977 г.

Формы азотных удобрений	Содержание волокна, %		Сбор волокна, г/сосуд	
	нормы азота, г/кг			
	0,1	0,3	0,1	0,3
N _{aa}	23,5	25,0	10,5	14,8
	25,0	26,5	12,2	16,6
N _{скц}	22,5	23,0	9,8	11,2
	25,0	25,0	12,0	15,4
N _м	23,0	23,0	10,3	12,4
	25,0	25,5	12,5	16,3

П р и м е ч а н и е. В числителе — без бора; в знаменателе — 0,5 мг бора на 1 кг.

Т а б л и ц а 5

Качество льносолонки в зависимости от внесения азотных и борных удобрений в полевых опытах

Вариант опыта	Содержание волокнистых веществ, %	Средняя крепость	Средняя длина	Пригодность	Номерность
1977 г.					
N _с без B	24	25	68	0,89	1,25
N _с +B _{1,0}	26	29	71	0,90	1,50
N _а без B	25	30	68	0,90	1,50
N _а +B _{1,0}	27	30	71	0,90	1,50
1978 г.					
N _м без B	25	22	70	0,89	1,25
N _м +B _{1,0}	28	26	75	0,90	1,50
N _{aa} без B	26	24	72	0,89	1,25
N _{aa} +B _{1,0}	28	26	72	0,90	1,50
N _а без B	28	26	73	0,89	1,50
N _а +B _{1,0}	30	26	73	0,90	1,50

аммиачной селитры в контроле (без бора) был выше, чем при одинарной норме, но с применением бора. В результате такого влияния аммиачной селитры на накопление бора растениями при увеличении норм азота коэффициенты использования водорастворимого бора из почвы повышались с 42,5 до 75,8 %, а из удобрений — с 24,3 до 43,3 %. На основании этих данных можно заключить, что внесение высоких норм аммиачной селитры способствует интенсивному поглощению растениями бора как из почвы, так и из удобрений.

В случае применения кальциевой селитры и мочевины без бора удвоенная норма азота не влияла на содержание бора во льне, при этом вынос его в связи с увеличением урожая несколько возрастал. При утроенной норме кальциевой селитры по сравнению с двойной содержание и вынос бора уменьшались. В варианте с мочевиной наблюдалась лишь тенденция в этом направлении (табл. 6). При использовании одинарных и тройных норм кальциевой селитры без бора различия в вы-

Т а б л и ц а 6

Накопление бора льном в зависимости от условий питания в вегетационном опыте 1977 г.

Нормы азота, г/кг, и бора, мг/кг	Содержание бора, мг в 1 кг воздушно-сухой массы		Вынос бора, мг/сосуд	
	соломка	семена	соломкой	семенами
	N _{aa}			
0,1	28,5	16,0	1,27	0,16
0,2	36,0	14,5	1,84	0,19
0,3	40,0	14,5	2,36	0,20
0,1+B _{0,5}	39,5	19,0	1,93	0,23
0,3+B _{0,5}	56,0	22,0	3,51	0,34
	N _{скц}			
0,1	27,0	14,0	1,17	0,14
0,2	27,0	14,0	1,31	0,16
0,3	24,0	11,5	1,17	0,14
0,1+B _{0,5}	30,5	17,5	1,47	0,21
0,3+B _{0,5}	30,0	16,5	1,81	0,26
	N _м			
0,1	27,0	15,0	1,20	0,15
0,2	26,0	14,0	1,31	0,17
0,3	23,5	13,0	1,26	0,17
0,1+B _{0,5}	32,0	18,0	1,60	0,22
0,3+B _{0,5}	31,5	17,0	3,29	0,29
НСР _{0,5}	2,4	0,7		

носе бора и коэффициентах использования подвижных его форм из почвы практически отсутствовали (38,8 и 38,9 %). Исходя из этого можно сказать, что повышение норм азота при внесении кальциевой селитры не улучшает использования растениями бора из почвы. При внесении одинарной и тройной норм мочевины коэффициенты использования бора из почвы были также близкими (соответственно 40,3 и 42,3 %).

При внесении бора его использование растениями на фоне кальциевой селитры и мочевины было различным. Хотя содержание его в растениях на фоне того и другого удобрения было одинаковым, вынос в зависимости от доз азота сильно различался. В случае кальциевой селитры при тройной норме азота он был всего в 1,2 раза больше, чем при одинарной, а в случае мочевины — в 1,9 раза.

При утроении нормы азота в варианте с кальциевой селитрой коэффициент использования бора из удобрений увеличивался с 12,7 до 25 %, а в варианте с мочевиной — с 15,3 до 70 %. По-видимому, повышение доз мочевины способствовало лучшему использованию внесенного бора. Это связано с изменением подвижности бора и реакции почвенной среды под влиянием азота.

В полевом опыте содержание бора в растениях в фазу елочки было наименьшим при использовании мочевины и несколько большим по фону аммиачной селитры и сульфата аммония. В период бутонизация — начало цветения содержание бора во льне несколько различалось в зависимости от применяемых азотных удобрений (табл. 7). По всей веро-

ятности, в варианте с мочевиной ощущается недостаток бора в эту фазу, так как с внесением бора содержание его сильно увеличивалось. К периоду уборки существенной разницы в содержании этого элемента в семенах по разным формам азотных удобрений без бора не наблюдалось. В соломке больше всего бора обнаружено при внесении сульфата аммония, различия в содержании бора между вариантами с мочевиной

Т а б л и ц а 7

Динамика содержания бора во льне и вынос его с урожаем в зависимости от форм азотных удобрений. Полевой опыт 1978 г.

Формы азотных удобрений	Содержание бора по фазам развития, мг/кг				Вынос бора урожаем, г/га
	Фаза елочкы	бутонизация — цветение	уборка		
			соломка	семена	
N _м	13,0	24,5	20,5	15,5	98
	15,5	32,0	27,0	20,0	14,9
N _{аа}	15,0	29,0	22,0	16,0	112
	16,0	32,0	27,5	20,0	155
N _а	15,0	30,5	25,0	16,5	132
	17,0	32,5	29,0	22,0	166

П р и м е ч а н и е. В числителе — без бора; в знаменателе — с бором.

Т а б л и ц а 8

Среднесуточное потребление льном бора (в расчете на 100 растений) по фазам развития. Полевой опыт 1978 г.

Показатель	От всходов до елочкы (24 дня)		От фазы елочкы до цветения (48 дней)		От цветения до уборки (24 дня)	
	I	II	I	II	I	II
	N _м					
Воздушно-сухая масса, г	8,0	9,4	90,0	100,8	122,0	156,0
Вынос бора, мкг	104,0	145,7	2205	3225	2621	3825
Среднесуточное накопление бора, мкг	4,5	6,3	43,8	64,2	16,6	24,0
	N _а					
Воздушно-сухая масса, г	8,5	9,3	100,0	110,6	130,0	161,0
Вынос бора, мкг	127,5	158,1	3050	3595	3700	4355
Среднесуточное накопление, мкг	6,8	8,3	60,9	71,6	26,0	30,4

П р и м е ч а н и е. I — без бора; II — с бором.

и аммиачной селитрой отсутствовали. При внесении бора по фону всех азотных удобрений содержание этого элемента во льне возрастало.

Вынос бора урожаем без его применения по разным формам азота значительно различался. Меньше всего был вынос при внесении мочевины и больше всего в варианте с сульфатом аммония (разница 34,7 %). При внесении борных удобрений вынос бора увеличился, особенно по фону мочевины, существенной разницы между формами азотных удобрений по этому показателю не наблюдалось (табл. 9).

Для льна характерна наибольшая потребность в боре в период от бутонизации до цветения (табл. 8) независимо от обеспеченности им растений.

Коэффициент использования подвижного бора из почвы в полевых условиях был наименьшим при использовании мочевины, наибольшим —

Вынос бора и коэффициенты его использования льном в фазу уборки.
Полевой опыт 1978 г.

Формы азотных удобрений	Вынос бора, г/га			Коэффициент использования бора, %	
	соломкой	семенами	общий	подвижного из почвы	из удобрений
N _м	90	8	98	10,9	—
	137	12	149	—	10,3
N _{аа}	103	9	112	12,5	—
	142	13	155	—	8,7
N _а	122	10	132	14,7	—
	151	15	166	—	6,7

Примечание. В числителе — без бора; в знаменателе — с бором.

при внесении сульфата аммония, из удобрений, наоборот, наименьшим во втором случае, наибольшим — в первом, вариант с аммиачной селитрой занимал промежуточное положение.

Таким образом, как в полевых, так и вегетационном опыте внесение мочевины способствовало использованию бора удобрений, бор почвы используется растениями несколько хуже, чем в варианте с аммиачной селитрой и особенно с сульфатом аммония.

Наиболее высокие прибавки урожая льна получены при внесении борных удобрений по фону натриевой селитры и мочевины. Подкисляющие почву азотные удобрения (сульфат аммония, аммиачная селитра) приводили к увеличению содержания бора в растениях, а снижающие кислотность (натриевая селитра и мочевина в первую половину вегетации) — к его уменьшению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватагин А. В., Бемянкина Г. А. Влияние удобрений на урожай и качество льна-долгунца на дерново-подзолистых почвах Ивановской области. — Агрехимия, 1968, № 11, с. 54—59. — 2. Деробон Ю. Г. Изменение урожая и качества волокон льна-долгунца сорта Томский 10 в зависимости от применения различных форм азотных удобрений. — Автореф. канд. дис. Киев, 1975. — 3. Карпова Э. С., Ново-

жилова М. В., Барцева А. А. Роль бора в формировании урожая льна-долгунца. — Лен и конопля, 1975, № 12, с. 21—22. — 4. Катыльмов М. В. Микроэлементы и микроудобрения. М. — Л.: Химия, 1965. — 5. Петраш В. Г. Формы азотных удобрений и физиолого-биохимические основы формирования хозяйственно-ценных признаков у льна-долгунца. — Тр. ВНИИЛ, 1973, вып. XI, с. 262—272.

Статья поступила 2 апреля 1982 г.

Summary

The work generalizes the data of three experiments (two field experiments and one vegetative one) with L-11-20 variety of flax. It was found that the effect of boron fertilizers on the yield and quality of flax depends to a great extent on the forms of nitrogen fertilizers applied. Higher increases in yield due to boron application were obtained after the application of sodium nitrate and carbamide. Boron content, removal and coefficient of its utilization from fertilizers and the soil also depend on the forms of nitrogen fertilizers applied.