

УДК 631.81.095.337:633.33

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ МИКРОУДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЮЦЕРНЫ

М.В. Рак, С.А.Титова, Т.Г. Николаева

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

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы производства кормов для животноводства тесно связано с возделыванием многолетних трав, из которых наиболее ценной является люцерна. Эту культуру отличает высокая продуктивность, долголетие, многоцелевое использование. Продуктивность люцерны может достигать более 500 ц/га зеленой

массы, что соответствует 100–120 ц/га к.ед. и 18–19 ц/га переваримого протеина [1, 2]. Повышение урожайности и качества люцерны невозможно без обеспечения сбалансированного питания всеми необходимыми макро- и микроэлементами. При этом научно обоснованное применение удобрений позволяет регулировать процессы обогащения растениеводческой продукции элементами минерального питания.

Для каждой культуры имеются определенные микроэлементы, недостаток или избыток которых в питании вызывает стрессовое состояние растений и значительно снижает их продуктивность [3, 4, 5]. Исходя из биологических особенностей люцерны, наибольшее значение из микроэлементов имеет молибден и бор. Эти микроэлементы участвуют в углеводном, азотном и фосфорном обмене, входят в состав ферментов, влияют на интенсивность окислительно-восстановительных реакций. Молибден положительно влияет на усвоение атмосферного азота клубеньковыми бактериями. При недостатке бора у растений происходит нарушение синтеза белка [6].

Наиболее доступной формой для растений являются микроудобрения в хелатной или органо-минеральной форме. Эти микроудобрения технологичны в применении и обладают высокой биологической активностью, поэтому быстрее включаются в физиолого-биохимические процессы в растениях [7, 8]. Большое значение имеет также использование регуляторов роста природного происхождения, получаемых на основе гуминовых веществ [9]. В связи с этим разработка новых хелатных и органо-минеральных форм микроудобрений и системы их применения при возделывании люцерны актуальна и имеет практическую значимость.

Цель исследований – изучение эффективности новых жидких микроудобрений МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор при возделывании люцерны на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по эффективности новых жидких микроудобрений с биостимулятором МикроСтим для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки люцерны проводили в 2015–2016 гг. в полевых опытах в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытных участков: pH_{KCl} – 6,02–6,04, гумус – 2,49–3,03 %, P_2O_5 – 223–234 мг/кг почвы, K_2O – 309–358, В – 0,57–1,18, Cu – 1,48–2,32, $Mn_{обм}$ – 1,73, Zn – 2,34–2,41 мг/кг почвы. Площадь делянки – 36 м², повторность – 3-кратная.

В 2016 г. изучение влияния некорневых подкормок люцерны новыми жидкими микроудобрениями МикроСтим проводили в производственном опыте в СПК «Городея» Несвижского района Минской области на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: pH_{KCl} – 6,45, гумус – 1,5 %, P_2O_5 – 177 мг/кг почвы, K_2O – 268, В – 0,64, Cu – 1,58, $Mn_{обм}$ – 2,2, Zn – 2,08 мг/кг почвы. Площадь производственного опыта – 15 га.

Агротехника возделывания люцерны общепринятая для республики. В опытах возделывалась люцерна Плато и Вега. Норма высева семян люцерны – 20 кг/га. Исследования с люцерной в полевых опытах проводили на фоне $P_{90}K_{180}$, в производственном опыте – $P_{35}K_{150}$. Минеральные удобрения внесены в виде

аммофоса, суперфосфата аммонизированного и хлористого калия. На посевах люцерны применяли гербицид Базагран (2,0 л/га).

Метеорологические условия в 2015 г. были менее благоприятными для роста и развития растений люцерны. По гидротермическому коэффициенту вегетационный период характеризуется как засушливый (ГТК-0,9). Погодные условия 2016 г. для развития и накопления вегетационной массы были вполне благоприятными (ГТК-1,46).

Для расширения ассортимента жидких микроудобрений при возделывании многолетних бобовых трав в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработаны новые марки микроудобрений с биостимулятором МикроСтим (ТУ ВУ 100079183.006-2008, изменение № 025389/06 от 25.07.2016). Микроудобрения МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор – водорастворимые концентраты, изготовленные на основе молибдена и бора в органо-минеральной форме и регулятора роста гидрогумат. Микроудобрения представляют собой темно-коричневую однородную, непрозрачную жидкость со специфическим запахом, хорошо растворимы в воде, нетоксичны. Микроудобрение МикроСтим-Молибден содержит молибден (150 г/л), общий азот (75 г/л) и гуминовые вещества (6,0 г/л), МикроСтим-Молибден, Бор – молибден (50 г/л), бор (50 г/л), общий азот (66 г/л) и гуминовые вещества (6,0 г/л).

В опытах микроудобрения МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор в возрастающих дозах использовались для некорневой подкормки вегетирующих растений люцерны, которую проводили в фазу стеблевания (при высоте растений 8–10 см) под каждый укос. Рабочий раствор приготавливался непосредственно перед проведением обработки посевов путем разведения концентрата удобрения водой. Расход рабочего раствора 200 л/га. Для предпосевной обработки семян рабочий раствор, состоящий из воды и микроудобрения, готовился непосредственно перед посевом, тщательно перемешивался и равномерно наносился на поверхность семян. Расход рабочего раствора 10 л/т.

Закладка и проведение полевых и производственных опытов проводилась в соответствии с методикой полевых опытов. Полученные в результате проведения исследований данные подвергались статистической обработке (дисперсионный анализ – согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [10] с помощью пакета Microsoft). Экономическая эффективность применения новых жидких микроудобрений рассчитывалась по методике, разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [11]. Схемы опытов и дозы микроудобрений представлены далее в таблицах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что при возделывании люцерны применение новых жидких микроудобрений с биостимулятором МикроСтим, содержащие молибден и бор в органо-минеральной форме, оказало существенное влияние на ее продуктивность. Уровень прибавок урожая зависел от марки микроудобрения, способа и доз внесения.

Некорневая подкормка в фазу стеблевания микроудобрением МикроСтим-Молибден, в возрастающих дозах, способствовала повышению урожайности сухой массы в среднем за два года исследований за три укоса на 8,7–9,7 ц/га, а по

укосам от 2,5 до 3,7 ц/га по сравнению с фоновым вариантом (табл. 1). Более высокие прибавки урожая обеспечивало внесение микроудобрения в дозе 0,33 и 0,66 л/га. При внесении в некорневые подкормки микроудобрения МикроСтим-Молибден, Бор, в возрастающих дозах, прибавки урожайности люцерны были выше и составили 10,4–12,3 ц/га, а по укосам – 3,1–4,4 ц/га. Наиболее эффективно было применение микроудобрения в дозе 2,0 л/га.

Таблица 1

Влияние некорневых подкормок люцерны микроудобрениями МикроСтим на урожайность люцерны, ц/га сухой массы

Вариант	2015 г.			2016 г.			Среднее за 2015–2016 гг.			Сумма за 3 укоса	Прибавка
	укосы										
	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
1. P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	49,0	40,4	29,5	39,6	48,2	31,9	44,3	44,3	30,7	119,3	–
2. Фон + МикроСтим-Молибден (0,33 л/га)	52,1	43,3	31,5	42,8	51,4	34,9	47,5	47,4	33,2	128,1	8,8
3. Фон + МикроСтим-Молибден (0,66 л/га)	53,3	44,2	31,9	42,3	51,8	34,4	47,8	48,0	33,2	129,0	9,7
4. Фон + МикроСтим-Молибден (1,0 л/га)	52,8	43,5	32,5	42,1	50,6	34,3	47,5	47,1	33,4	128,0	8,7
5. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (1,0 л/га)	51,7	45,1	33,0	43,0	51,7	34,9	47,4	48,4	34,0	129,8	10,5
6. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (2,0 л/га)	53,6	44,6	32,5	43,6	52,7	36,0	48,6	48,7	34,3	131,6	12,3
7. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (3,0 л/га)	52,8	43,7	32,4	42,7	52,1	35,6	47,8	47,9	34,0	129,7	10,4
НСР ₀₅	2,5	2,2	1,7	1,9	1,7	1,8	2,2	2,0	1,8	6,6	

Применение новых жидких микроудобрений МикроСтим в некорневую подкормку положительно влияло на качество люцерны. Так, некорневая подкормка люцерны микроудобрением МикроСтим-Молибден, в возрастающих дозах, увеличивала выход сырого протеина с гектара на 1,9–2,9 ц/га при средневзвешенном содержании сырого протеина – 17,2–17,8 % (табл. 2). При внесении микроудобрения МикроСтим-Молибден, Бор выход сырого протеина с гектара был выше фона на 3,4–4,8 ц/га при средневзвешенном содержании сырого протеина – 18,2–18,9%.

Внесение микроудобрений МикроСтим в некорневую подкормку люцерны повышало выход кормовых единиц (табл. 3). Так, в среднем за два года исследований при некорневой подкормке люцерны микроудобрениями МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор выход кормовых единиц увеличился соответственно на 5,4–6,0 ц/га и 6,4–7,5 ц/га в сравнении с фоновым вариантом. Максимальный выход кормовых единиц получен в первом и втором укосах люцерны, что связано с наибольшей урожайностью сухой массы. Содержание нитратов в зеленой массе за годы исследований составило 147–196 мг/кг сырой массы, что не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК – 300 мг/кг). В 2015 г. содержание нитратов колебалось от 125,0 мг/кг до 199, мг/кг, 2016 г. – от 104,0 мг/кг до 299,0 мг/кг сырой массы.

Таблица 2

Влияние некорневых подкормок люцерны микроудобрением МикроСтим на содержание и выход сырого протеина

Вариант	Содержание сырого протеина, %			Выход сырого протеина, ц/га		
	2015 г.	2016 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	среднее
1. P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	18,8	14,9	16,9	22,3	17,8	20,1
2. Фон + МикроСтим-Молибден (0,33 л/га)	19,8	14,5	17,2	25,1	18,8	22,0
3. Фон + МикроСтим-Молибден (0,66 л/га)	21,0	14,6	17,8	27,2	18,8	23,0
4. Фон + МикроСтим-Молибден (1,0 л/га)	20,1	15,3	17,7	25,9	19,4	22,7
5. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (1,0 л/га)	20,1	16,2	18,2	26,0	20,9	23,5
6. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (2,0 л/га)	20,5	17,3	18,9	26,8	22,9	24,9
7. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (3,0 л/га)	20,9	16,9	18,9	26,9	22,0	24,5

Результаты исследований показали, что применение различных марок молибденовых удобрений способствовало повышению содержания молибдена в сухой массе люцерны (табл. 3). Некорневая подкормка люцерны в фазу стеблевания микроудобрением МикроСтим-Молибден в дозе 0,33 л/га позволила повысить содержание элемента в сухом веществе люцерны до 1,83 мг/кг. Дальнейшее повышение дозы до 0,66 л/га приводило к увеличению содержания в 3,9 раза (4,21 мг/кг сухой массы), что превышает верхнюю границу допустимого содержания молибдена в кормах. При внесении в некорневую подкормку микроудобрения МикроСтим-Молибден, Бор в дозе 1,0 л/га содержание молибдена в сухой массе составило 2,41 мг/кг, что не превышает оптимальную концентрацию элемента. Повышение дозы микроудобрения до 2,0 л/га приводило к увеличению содержания молибдена до 2,90 мг/кг сухой массы, что превышало верхнюю границу допустимого содержания молибдена в кормах. Содержание бора в сухой массе люцерны от повышения дозы удобрения увеличивалось на 0,9–3,1 мг/кг и колебалось от 18,4 до 20,6 мг/кг сухой массы.

Таблица 3

Влияние микроудобрений МикроСтим на показатели качества люцерны (среднее 2015–2016 гг.)

Вариант	Выход к.ед., ц/га	Содержание		
		нитратов мг/кг	Mo мг/кг сухой массы	B мг/кг сухой массы
1. P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	72,7	147	0,52	17,5
2. Фон + МикроСтим-Молибден (0,33 л/га)	78,1	167	1,83	–
3. Фон + МикроСтим-Молибден (0,66 л/га)	78,7	168	4,21	–
4. Фон + МикроСтим-Молибден (1,0 л/га)	78,1	156	–	–
5. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (1,0 л/га)	79,1	160	2,41	18,4
6. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (2,0 л/га)	80,2	158	2,90	18,7
7. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (3,0 л/га)	79,0	196	–	20,6

В производственных условиях применение новых жидких микроудобрений с биостимулятором МикроСтим также оказало существенное влияние на продук-

тивность люцерны. Некорневая подкормка люцерны в фазу стеблевания (при высоте растений 8–10 см) микроудобрениями МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор способствовала повышению урожайности сухой массы до 76,7–77,5 ц/га при урожайности в фоновом варианте 71,4 ц/га (табл. 4). Суммарная прибавка урожая за два укоса от микроудобрения МикроСтим-Молибден, Бор в дозе 1,0 л/га составила 6,1 ц/га, а удобрения МикроСтим-Молибден (0,33 л/га) – 5,3 ц/га сухой массы. По укосам прибавки урожая люцерны колебались от 2,5 до 3,4 ц/га сухой массы.

Таблица 4

Влияние некорневых подкормок люцерны микроудобрениями МикроСтим на урожайность, ц/га сухой массы

Вариант	I укос		II укос		Сумма	Прибавка
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка		
1. P ₃₅ K ₁₅₀ – фон	38,7	–	32,7	–	71,4	–
2. Фон + МикроСтим-Молибден (0,33 л/га)	41,2	2,5	35,5	2,8	76,7	5,3
3. Фон + МикроСтим-Молибден, Бор (1,0 л/га)	42,1	3,4	35,4	2,7	77,5	6,1
НСР ₀₅	2,0		1,7		4,9	

Применение новых жидких микроудобрений МикроСтим оказывало влияние на качество люцерны по сравнению с фоновым вариантом (табл. 5). Некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим-Молибден за два укоса увеличивала выход сырого протеина на 1,5 ц/га, а удобрением МикроСтим-Молибден, Бор – на 1,1 ц/га. Выход кормовых единиц за два укоса в зависимости от марки микроудобрений МикроСтим был выше фонового варианта на 3,2–3,7 ц/га. Содержание нитратов в зеленой массе по всем вариантам опыта находилось ниже предельно допустимых концентраций для зеленых кормов (ПДК – 300 мг/кг). По укосам содержание нитратов колебалось от 111,0 мг/кг до 286,0 мг/кг.

Некорневая подкормка люцерны в фазу стеблевания микроудобрением МикроСтим-Молибден в дозе 0,33 л/га повышала содержание молибдена в люцерне до 1,8 мг/кг сухой массы. Применение в некорневую подкормку удобрения МикроСтим-Молибден, Бор в дозе 1,0 л/га увеличивало содержание молибдена до 2,8 мг/кг, что превышало верхнюю границу допустимого содержания молибдена в кормах (ПДК 2,5 мг/кг сухой массы). Содержание бора в сухой массе люцерны от исследуемых доз микроудобрений увеличивалось на 1,1–7,0 мг/кг и колебалось от 25,0 до 30,9 мг/кг сухой массы.

Для оценки экономической эффективности некорневых подкормок люцерны новыми жидкими микроудобрениями МикроСтим использованы полученные в полевом опыте прибавки урожайности, нормативные данные затрат и цены на текущий год. Расчеты экономической эффективности показали, что с увеличением доз микроудобрений МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор в некорневые подкормки рентабельность их снижается (табл. 6). Некорневые подкормки люцерны микроудобрениями МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден, Бор были экономически оправданы только в дозах 0,33 и 1,0 л/га при чистом доходе 10,7 и 21,1 USD/га, рентабельности – 24 и 49 % соответственно.

Таблица 5

Влияние микроудобрений МикроСтим на показатели качества люцерны

Вариант	Выход к.ед., ц/га	Выход сырого протеина, ц/га	Содержание			
			сырого протеина	нитратов	Мо	В
			%	мг/кг	мг/кг сухой массы	
1. P ₃₅ K ₁₅₀ – фон	43,6	12,6	17,6	119	1,5	23,9
2. Фон+МикроСтим-Молибден (0,33 л/га)	46,8	14,1	18,3	223	1,8	25,0
3. Фон+МикроСтим-Молибден,Бор (1,0 л/га)	47,3	13,7	17,7	221	2,8	30,9

Таблица 6

Экономическая эффективность некорневых подкормок люцерны микроудобрениями МикроСтим (в расчете на 1 га)

Вариант	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
1. P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	–	–	–	–	–
2. Фон + МикроСтим-Молибден (0,33 л/га)	8,8	53,7	43,4	10,7	24
3. Фон + МикроСтим-Молибден (0,66 л/га)	9,7	59,2	61,2	–2,1	–3
4. Фон + МикроСтим-Молибден (1,0 л/га)	8,7	53,1	76,9	–23,9	–31
5. Фон + МикроСтим-Молибден,Бор(1,0 л/га)	10,5	64,1	43,0	21,1	49
6. Фон + МикроСтим-Молибден,Бор (2,0 л/га)	12,3	75,0	59,4	15,7	26
7. Фон + МикроСтим-Молибден,Бор (3,0 л/га)	10,4	63,4	71,7	–8,3	–12

ВЫВОДЫ

1. При возделывании люцерны в полевом опыте некорневая подкормка в фазу стеблевания микроудобрением МикроСтим-Молибден в дозе 0,33 л/га повысила урожайность на 8,8 ц/га сухой массы и выход сырого протеина – на 1,9 ц/га при чистом доходе 10,7 USD/га и рентабельности 24 %. При этом содержание молибдена в растениях люцерны увеличилось с 0,52 до 1,83 мг/кг сухой массы, что не превышает верхнюю границу оптимальной концентрации этого элемента в кормах. Некорневая подкормка люцерны жидким микроудобрением МикроСтим-Молибден,Бор в дозе 1,0 л/га обеспечила повышение урожайности на 10,5 ц/га сухой массы и выход сырого протеина – на 3,4 ц/га при чистом доходе 21,1 USD/га и рентабельности 49 %.

2. В производственных условиях применение жидких микроудобрений МикроСтим-Молибден и МикроСтим-Молибден,Бор в некорневую подкормку люцерны в дозе 0,33 и 1,0 л/га обеспечило повышение урожайности на 5,3 и 6,1 ц/га сухой массы, выход сырого протеина – на 1,5 и 1,1 ц/га с рентабельностью 5 и 26 % соответственно. Некорневая подкормка люцерны жидким микроудобрением МикроСтим-Молибден в дозе 0,33 л/га способствовала повышению содержания молибдена в растениях с 1,5 до 1,8 мг/кг сухой массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кукреш, Л.В.* К проблеме производства кормового белка / Л.В. Кукреш, Н.П. Лукашевич // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 6. – С.3–5.
2. *Чекель, Е.И.* Люцерна посевная / Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси (сборник научных материалов) / Е.И. Чекель, М.Н. Крицкий, М.Б. Мороз. – Минск, 2007. – С. 225–235.
3. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
4. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / Под ред.: М.Н.В. Прасад, К.С. Саджван, Р. Найду; пер.: Д.И. Башмаков, А.С. Лукаткин. – М.: Физматлит, 2009. – 816 с.
5. *Оберлис, Д.* Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный. – СПб.: Наука, 2008. – 542 с.
6. *Анспок, П.И.* Микроудобрения: справочник. / П.И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 272 с.
7. *Дятлова, Н.М.* Комплексоны и комплексонаты металлов / Н.М. Дятлова, В.Я. Темкина, К.И. Попов. – М.: Химия, 1988. – 543 с.
8. *Сураучева, М.П.* Комплексоны и комплексонаты микроэлементов и их применение в земледелии / М.П. Сургучева, А.Ю. Киреева, З.К. Благовещенская. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1993. – 46 с.
9. *Терещенкова, В.П.* Регуляторы роста растений для Северо-Запада России / В.П. Терещенкова, С.А. Доброхотов // Сельскохозяйственные вести. – 2010. – № 1. – С. 14–20.
10. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): уч. для студ. высших с.-х. учеб. завед. по агроном. спец. / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.