

EFFECTIVENESS OF LIQUID AND SOLID ORGANIC FERTILIZERS ON THE BASIS OF RESIDUES OF BIOGAS INSTALLATION IN CORN GREEN MASS CULTIVATION ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

L.N. Iovik, T.M. Seraya

Summary

Comparative effectiveness of new and traditional types of organic fertilizers on the sod-podzolic sandy loam soil was studied. It was established the liquid and solid organic fertilizers on the basis of biogas residue has positive effect on the yield and quality of corn green mass. Action of «Effluent» similar mineral fertilizers and traditional liquid organic fertilizers at the similar nitrogen doses. The highest nutritional and energy value of green mass was obtained by «Effluent» fertilizing. Maximal net income obtained by 35 and 70 t/ha of «Effluent» – 226–257 USD/ha.

Поступила 17.11.2015

УДК 631.81.095.337:633.16:631.442

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОБАЛЬТОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ КОБАЛЬТОМ

М.В. Рак, Е.Н. Пукалова, В.А. Савицкая, Л.Н. Гук

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

ВВЕДЕНИЕ

Содержание кобальта в почве обуславливает количество этого элемента в растениях и уровни поступления его в организм животных. Кобальт поступает в растения в форме катиона, хелатных соединений и витамина В₁₂. Этот микроэлемент может влиять на процессы, проходящие в растениях в период формирования и налива зерна, поскольку он улучшает углеводный обмен, синтез хлорофилла, содержание аскорбиновой кислоты, повышает активность ферментов и количество нуклеиновых кислот в растениях [1–2]. Наиболее объективным показателем содержания кобальта в почве является наличие его подвижной формы, что зависит в первую очередь от гранулометрического состава почвы, кислотности и содержания гумуса. Содержание подвижного кобальта в пахотных почвах республики низкое и составляет 0,48–0,65 мг/кг [3–5]. Низкое содержание подвижного кобальта в почве обуславливает недостаточное его содержание в растениеводческой продукции, которое достигает лишь нижних границ оптимальных значений и составляет 0,11–0,40 мг/кг сухой массы [5–7]. Научно обоснованное применение микроудобрений позволяет регулировать процессы обогащения

продукции микроэлементами. При этом в последние годы большое внимание уделяется хелатным формам микроэлементов [8–9].

Закономерности распределения в почвах кобальта и потребления растениями в зависимости от уровней обеспеченности им почвы в республике изучены слабо. В связи с этим разработка количественных критериев для оптимизации питания и обогащения растениеводческой продукции кобальтом является актуальным направлением и будет способствовать повышению эффективности применения кобальтовых удобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в полевом опыте с яровым ячменем в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на рыхлых водно-ледниковых супесях, сменяемых с глубины около 0,5 м связной супесью. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы при возделывании ячменя: pH в KCl – 6,6, содержание гумуса – 2,3%, P_2O_5 и K_2O – 210 и 310 мг/кг почвы. Исходное содержание подвижного кобальта в пахотном горизонте почвы составляло 0,87 мг/кг почвы.

Исследования с яровым ячменем Статус проводились на фоне минеральных удобрений ($N_{70}P_{60}K_{90}$), которые вносились в форме КАС, суперфосфата аммонизированного и хлористого калия. Нормы высева 4,5 млн всхожих зерен на гектар. Предшественник – озимая пшеница.

Схема полевого опыта включала 7 вариантов; 6 вариантов некорневых подкормок растений ячменя кобальтовыми удобрениями развернуты на 4 уровнях насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы кобальтом, созданных перед закладкой опыта. Уровни насыщения пахотного слоя почвы кобальтом в полевом опыте с ячменем были созданы внесением сернокислого кобальта в виде водного раствора. Площадь делянки – 12 м², повторность в опыте – 3-кратная.

Некорневая подкормка растений ячменя возрастающими дозами кобальта и бора (0,025, 0,05, 0,075 кг/га д.в.) проводилась в стадию первого узла. В качестве микроудобрений применялось жидкое удобрение МикроСтим–Кобальт, содержащее 125 г/л кобальта в ор, и 50 г/л бора в органоминеральной форме. Расход рабочего раствора 200 л/га.

В соответствии с программой исследований отбирались растительные и почвенные образцы. Отбор растительных образцов осуществлялся в вариантах 1–8 на 4 уровнях насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы кобальтом. Почвенные образцы отбирали по генетическим горизонтам ($A_{\text{пах}}$ – 0–25 см, A_1A_2 – 25–55, A_2B_1 – 55–80, B_2D – 80–100 см) на 4 уровнях насыщения. Уборка и учет урожая ячменя проводилась поделочно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований по содержанию и миграции валового и подвижного кобальта по генетическим горизонтам дерново-подзолистой супесчаной почвы при возделывании ячменя показали, что основное количество элемента

накапливается преимущественно в верхнем перегнойно-аккумулятивном слое почвы.

Концентрация валового кобальта в пахотном горизонте увеличивается по уровням насыщения. Максимальная концентрация валового кобальта наблюдается в верхнем пахотном горизонте почвы и с глубиной происходит уменьшение концентрации валового кобальта (рис. 1).

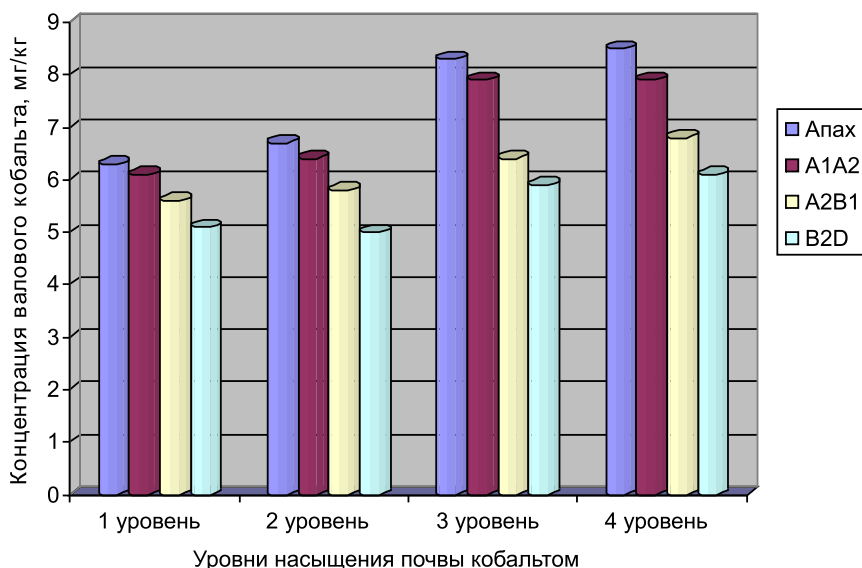


Рис. 1. Распределение валового кобальта по генетическим горизонтам дерново-подзолистой супесчаной почвы на 4 уровнях насыщения

Распределение подвижного кобальта по генетическим горизонтам почвы с глубиной снижалась. Установлено, что наибольшая концентрация подвижного кобальта наблюдается в верхнем перегнойно-аккумулятивном слое почвы, а в горизонте A_1A_2 происходит значительное уменьшение его концентрации. Отмечается плавное снижение концентрации подвижного кобальта в нижних горизонтах почвенного профиля (рис. 2).

За двухлетний период исследований после внесения сернокислого кобальта в почву содержание подвижного кобальта в пахотном горизонте повысилось от 1,77 (2 уровень) до 2,5 мг/кг (4 уровень) (табл. 1). Содержание валового кобальта находилось в пределах от 6,7 мг/кг (2 уровень) до 8,5 мг/кг (4 уровень). К концу вегетационного периода содержание подвижного кобальта в почве по уровням насыщения было ниже и колебалось от 0,9 мг/кг (1 уровень) до 2,1 мг/кг (4 уровень), валового кобальта – от 5,7 до 8,5 мг/кг соответственно.

Вниз по профилю дерново-подзолистой супесчаной почвы количественное содержание подвижного кобальта снижалось. Так, в гумусово-элювиальном горизонте содержание кобальта колебалось от 0,51 мг/кг (1 уровень) до 1,40 мг/кг (4 уровень), а в элювиально-иллювиальном горизонте – от 0,65 до 0,61 мг/кг соответственно.

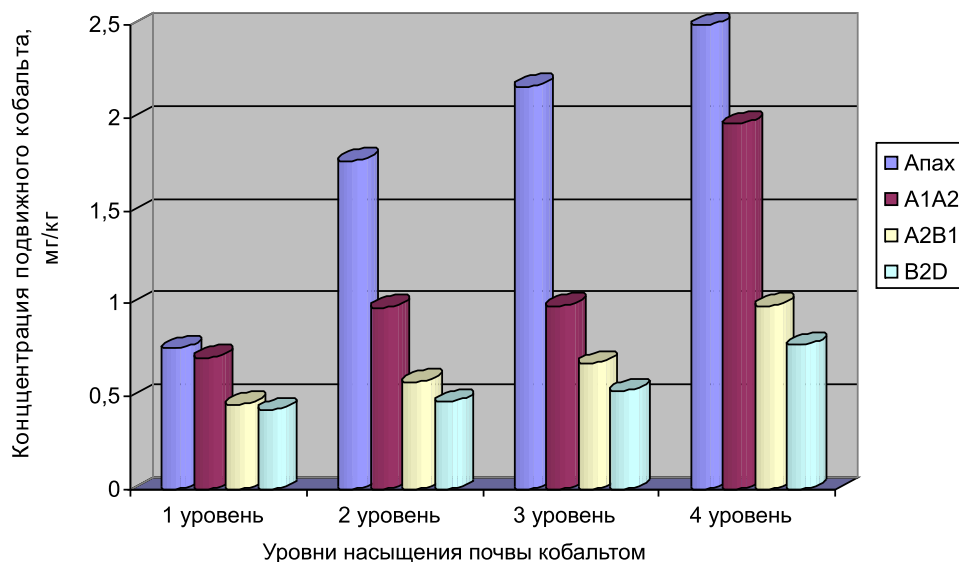


Рис. 2. Распределение подвижного кобальта по генетическим горизонтам дерново-подзолистой супесчаной почвы на 4 уровнях насыщения

Таблица 1

Динамика содержания подвижного и валового кобальта в супесчаной почве при возделывании ячменя, мг/кг (среднее за 2013–2014 гг.)

Горизонт	Глубина образца, см	Кущение		Выход в трубку		Цветение		Полная спелость	
		подвиж- ный	вало- вой	подвиж- ный	вало- вой	подвиж- ный	вало- вой	подвиж- ный	вало- вой
I уровень									
Апах	0—24	0,76	6,3	1,89	5,6	1,90	5,8	0,90	5,7
A ₁ A ₂	24—47	0,71	6,1	0,74	5,1	0,76	5,0	0,57	5,3
A ₂ B ₁	47—85	0,46	5,6	0,49	4,8	0,52	4,7	0,65	5,1
B ₂ D	85—115	0,43	5,1	0,47	4,2	0,48	4,3	0,49	4,8
II уровень									
Апах	0—24	1,77	6,7	2,02	7,6	2,02	7,7	1,90	6,72
A ₁ A ₂	24—47	0,98	6,4	1,02	6,8	1,20	7,1	0,90	6,8
A ₂ B ₁	47—85	0,58	5,8	0,99	6,2	1,10	6,0	0,80	6,4
B ₂ D	85—115	0,47	5,0	0,74	5,9	0,99	5,55	0,78	5,92
III уровень									
Апах	0—24	2,17	8,3	2,20	8,2	2,10	8,1	2,00	8,1
A ₁ A ₂	24—47	0,99	7,92	1,90	7,4	1,70	7,9	1,90	7,7
A ₂ B ₁	47—85	0,68	6,4	1,75	6,5	1,03	6,2	1,40	6,5
B ₂ D	85—115	0,53	5,9	1,71	6,0	1,20	5,9	1,00	6,2
IV уровень									
Апах	0—24	2,50	8,5	2,40	8,4	2,30	8,5	2,10	8,5
A ₁ A ₂	24—47	1,97	7,9	1,51	8,2	1,40	8,0	1,40	8,1
A ₂ B ₁	47—85	0,99	6,8	0,80	7,7	0,50	7,6	0,61	7,6
B ₂ D	85—115	0,78	6,1	0,91	6,1	0,89	7,0	0,83	7,4

Соотношение содержания подвижной формы микроэлемента к его валовому количеству в почве свидетельствует о его подвижности. Как видно из результатов исследований наиболее подвижен кобальт в пахотном горизонте почвы.

Таким образом, при насыщении дерново-подзолистой супесчаной почвы кобальтом происходит его аккумуляция в гумусовом горизонте почвы с последующей миграцией по почвенному профилю. При этом концентрация валового кобальта снижается менее значительно, чем подвижного. По мере обеспеченности почвы элементом, его подвижность возрастает с выраженным максимумом в пахотном горизонте.

Анализ экспериментальных данных по урожайности ярового ячменя показал, что увеличение содержания кобальта в дерново-подзолистой супесчаной почве от низкого до избыточного уровня сопровождалось снижением урожайности зерна. Наибольшая урожайность зерна ячменя (51,4 ц/га) отмечается при средней концентрации кобальта в супесчаной почве (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние кобальтовых удобрений на урожайность ярового ячменя
при различной обеспеченности почвы кобальтом**

Уровни содержания кобальта в почве, мг/кг	Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к фону, ц/га
		2013 г.	2014 г.	средняя	
Низкий	1. $N_{70}P_{60}K_{90}$ – фон	49,9	46,7	48,3	–
	2. $Co_{0,025}$	54,8	53,0	53,9	5,6
	3. $Co_{0,05}$	54,6	49,1	51,9	3,6
	4. $Co_{0,075}$	53,8	46,1	49,9	1,6
	5. $Co_{0,025}B_{0,025}$	53,2	50,9	52,1	3,8
	6. $Co_{0,05}B_{0,05}$	53,5	51,5	52,5	4,2
	7. $Co_{0,075}B_{0,075}$	50,0	48,6	49,3	1,0
Средний	1. $N_{70}P_{60}K_{90}$ – фон	53,5	49,3	51,4	–
	2. $Co_{0,025}$	57,6	51,0	54,3	2,9
	3. $Co_{0,05}$	56,3	50,7	53,5	2,1
	4. $Co_{0,075}$	56,3	53,6	54,9	3,5
	5. $Co_{0,025}B_{0,025}$	57,6	51,0	54,3	2,9
	6. $Co_{0,05}B_{0,05}$	54,7	47,9	51,3	–
	7. $Co_{0,075}B_{0,075}$	55,0	51,9	53,5	2,1
Высокий	1. $N_{70}P_{60}K_{90}$ – фон	50,5	44,8	47,7	–
	2. $Co_{0,025}$	50,8	43,3	47,1	–
	3. $Co_{0,05}$	49,4	44,2	46,8	–
	4. $Co_{0,075}$	50,7	44,5	47,6	–
	5. $Co_{0,025}B_{0,025}$	50,8	43,2	47,0	–
	6. $Co_{0,05}B_{0,05}$	49,5	43,8	46,7	–
	7. $Co_{0,075}B_{0,075}$	48,5	44,8	46,7	–
Избыточный	1. $N_{70}P_{60}K_{90}$ – фон	51,3	51,2	51,3	–
	2. $Co_{0,025}$	48,5	51,6	50,1	–
	3. $Co_{0,05}$	46,9	51,8	49,4	–
	4. $Co_{0,075}$	45,3	49,7	47,5	–

Окончание табл. 2

Уровни содержания кобальта в почве, мг/кг	Вариант		Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к фону, ц/га
			2013 г.	2014 г.	средняя	
	5. Co _{0,025} B _{0,025}	МикроСтим– Кобальт, Бор	46,0	46,8	46,4	–
	6. Co _{0,05} B _{0,05}		47,7	48,1	47,9	–
	7. Co _{0,075} B _{0,075}		47,1	51,1	49,1	–
НСР ₀₅ вариантов			1,52	1,77	1,61	
НСР ₀₅ уровней			1,68	1,95	1,78	

Эффективность применения некорневой подкормки кобальтовыми удобрениями определялась уровнем обеспеченности почвы кобальтом. Наибольшие прибавки урожайности зерна ярового ячменя от применения некорневой подкормки кобальтовыми удобрениями отмечались при низкой обеспеченности почвы кобальтом. При низком уровне содержания кобальта в почве, некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим–Кобальт, Бор способствовала повышению урожайности зерна ячменя с 48,3 до 52,5 ц/га (прибавка – 4,2 ц/га), микроудобрением МикроСтим–Кобальт – с 48,3 до 53,9 ц/га. Наиболее эффективно внесение в некорневую подкормку ячменя микроудобрения МикроСтим–Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в. (прибавка – 5,6 ц/га).

При повышении содержания в почве кобальта до среднего уровня, применение в некорневую подкормку кобальтовых удобрений способствовало повышению урожайности с 51,5 до 54,9 ц/га. Внесение МикроСтим–Кобальт обеспечило прибавку урожайности 2,1–3,5 ц/га в зависимости от дозы внесения, а МикроСтим–Кобальт, Бор – 2,1–2,9 ц/га.

При высоком и избыточном уровне содержания кобальта в почве некорневые подкормки ярового ячменя кобальтовыми удобрениями неэффективны.

Отмечается повышение содержания кобальта в зерне ячменя по мере увеличения обеспеченности почвы элементом (от низкого до высокого). Некорневые подкормки ярового ячменя микроудобрением МикроСтим–Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в. увеличивали накопление кобальта в зерне до 0,21 на низком уровне и до 0,51 мг/кг сухой массы на высоком уровне обеспеченности подвижным кобальтом супесчаной почвы (табл. 3).

Таблица 3

Влияние некорневых подкормок ярового ячменя кобальтовыми удобрениями на содержание кобальта в зерне при различной обеспеченности почвы кобальтом, мг/кг сухой массы

Вариант		Уровни содержания кобальта в почве, мг/кг			
		низкий	средний	высокий	избыточный
2. $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$		0,03	0,10	0,18	0,20
3. $\text{Co}_{0,025}$	МикроСтим–Кобальт	0,21	0,31	0,48	0,51
4. $\text{Co}_{0,05}$		0,22	0,31	0,49	0,51
5. $\text{Co}_{0,075}$		0,24	0,33	0,49	0,53
6. $\text{Co}_{0,025}\text{B}_{0,025}$	МикроСтим–Кобальт, Бор	0,26	0,34	0,51	0,48
7. $\text{Co}_{0,05}\text{B}_{0,05}$		0,27	0,34	0,48	0,52
8. $\text{Co}_{0,075}\text{B}_{0,075}$		0,28	0,35	0,53	0,49

Экономическая эффективность некорневой подкормки ячменя кобальтовыми удобрениями МикроСтим–Кобальт и МикроСтим–Кобальт, Бор рассчитана на основании полученных в опыте прибавок зерна и нормативных данных затрат и цен [10]. При низком содержании в почве подвижного кобальта экономически эффективно использование обоих видов микроудобрений. Рентабельность от разных доз и видов удобрений в некорневую подкормку колебалась от 24 до 67% (табл. 4). Уровень рентабельности выше в вариантах с применением удобрения МикроСтим–Кобальт по сравнению с удобрением МикроСтим–Кобальт, Бор. Наибольший экономический эффект был получен в варианте с применением удобрения МикроСтим–Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в.

Таблица 4

Экономическая эффективность некорневых подкормок ячменя кобальтовыми удобрениями на почве с низким уровнем содержания кобальта

Показатели	Co _{0,025}	Co _{0,025} B _{0,025}	Co _{0,05} B _{0,05}
	МикроСтим–Кобальт	МикроСтим–Кобальт, Бор	МикроСтим–Кобальт, Бор
Прибавка, ц/га	5,6	4,2	4,8
Стоимость прибавки, тыс. руб./га	599,2	470,8	562,8
Всего затрат, тыс. руб./га	358,5	310,3	453,7
Чистый доход, тыс. руб./га	240,7	160,5	109,1
Рентабельность, %	67	52	24

Таблица 5

Параметры оптимизации питания ярового ячменя кобальтом при разной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы этим микроэлементом

Обеспеченность почвы кобальтом	Дозы удобрений, кг/га д.в.	Сроки некорневой подкормки кобальтом	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание кобальта в зерне, мг/кг сухой массы
Низкая (0,76 мг/кг)	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	–	48,3	–	0,03
	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Co _{0,025}	стадия первого узла	53,9	4,7	0,21
Средняя (1,77 мг/кг)	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	–	51,4	–	0,10
	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Co _{0,025}	стадия первого узла	54,3	2,9	0,31
Высокая (2,17 мг/кг)	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	–	47,7	–	0,18
	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Co _{0,025}	стадия первого узла	47,1	–	0,48

На основании полученного экспериментального материала установлены параметры питания ячменя кобальтом в зависимости от обеспеченности супесчаной почвы этим элементом, содержания кобальта в растениях, доз кобальтовых удобрений и величины урожая (табл. 5). За оптимум принимался показатель

соответствующий оптимальному варианту опыта. При низком содержании подвижного кобальта в почве для повышения урожайности ячменя и увеличения содержания этого элемента в зерне целесообразно проведение некорневой подкормки в стадию первого узла ячменя микроудобрениями, содержащими кобальт в хелатной форме в дозе 0,025 кг/га д.в. При содержании подвижного кобальта в почве 2,0 мг/кг и более некорневая подкормка кобальтовыми удобрениями нецелесообразна.

ВЫВОДЫ

1. При насыщении дерново-подзолистой супесчаной почвы возрастающими дозами кобальта аккумуляция элемента происходит в гумусовом горизонте с последующей миграцией по почвенному профилю. По мере повышения обеспеченности почвы кобальтом, его подвижность возрастает с выраженным максимумом в пахотном горизонте.

2. Эффективность некорневых подкормок ячменя микроудобрением МикроСтим отмечается только при низкой и средней обеспеченности супесчаной почвы подвижным кобальтом. При низкой обеспеченности почвы кобальтом некорневая подкормка ячменя в стадию первого узла микроудобрением МикроСтим–Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в. повышала урожайность зерна на 5,6 ц/га.

3. Отмечается повышение содержания кобальта в зерне ячменя по мере увеличения обеспеченности почвы элементом (от низкого до высокого). Некорневые подкормки ячменя микроудобрением МикроСтим–Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в. увеличивали накопление кобальта в зерне с 0,03–0,20 до 0,21–0,51 мг/кг сухой массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ягодин, Б.А. Физиологическая роль кобальта и факторы влияющие на его поступление в растения / Б.А. Ягодин, Г.А. Ступакова // *Агрохимия*. – 1989. – № 12. – С. 111–120.
2. Кабата–Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата–Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ. Д.В. Гричука, Е.П. Янина. – М.: Мир, 1989. – 438 с.
3. Деньгуб, И.М. Подвижность кобальта и цинка в почвах Нижегородской области / И.М. Деньгуб, В.И. Деньгуб // *Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / Нижегород. гос.с.-х. акад.; под ред. Л.С. Никитенко*. – Н. Новгород, 2001. – С. 184–188.
4. Почвы Белорусской ССР / Белор. НИИ почвоведения и агрохимии; под ред. Т.Н. Кулаковской, Н.И. Смеяна. – Минск: Ураджай, 1974. – 328 с.
5. Рак, М.В. Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / *Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: Материалы VIII международной Биогеохимической Школы, посвященной 150-летию со дня рождения академика В.И. Вернадского* – М.: ГЕОХИ РАН, 2013. – С. 339–342.

6. Микроэлементный состав растениеводческой продукции и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 23–24.

7. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А.П. Шпаков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 384 с.

8. Эффективность применения новых хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного и озимой пшеницы / М.В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 151–160.

9. Гайсин, И.А. Применение хелатных форм микроудобрений (ЖУСС) / И.А. Гайсин // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. – 2003. – № 3. – С. 53–56.

10. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

EFFICIENCY OF COBALT FERTILIZERS IN SUMMER BARLEY CULTIVATION ON A SANDY SOIL WITH DIFFERENT COBALT SUPPLY LEVELS

M.V. Rak, E.N. Pukalova, V.A. Savitskaya, L.N. Guk

Summary

The optimum parameters of nutrition barley with cobalt depending on the supply levels of a sod-podzolic sandy soil with this element which enhance the productivity and the cobalt content in the grain are given.

Поступила 27.11.2015

УДК 631.445:631.82

ЭКСПРЕСС-СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Н.Н. Семененко,
*Институт мелиорации,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Азот является ведущим элементом в почвообразовании и земледелии. Совместно с углеродом он составляет основу органического вещества, а его содержание в почве – важнейший показатель ее плодородия. Азотный фонд пахотного слоя торфяных почв представлен преимущественно органическими соединениями,