

КОБАЛЬТ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ БЕЛАРУСИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОБАЛЬТОВОГО УДОБРЕНИЯ

М.В. Рак, Е.Н. Пукалова

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

ВВЕДЕНИЕ

Кобальт является жизненно необходимым элементом для животных и человека. Он активно участвует в ферментативных процессах и образовании гормонов щитовидной железы, повышает усвоение железа и синтез гемоглобина. Процесс кроветворения у человека и животных может осуществляться только при нормальном взаимодействии трех биоэлементов – кобальта, меди и железа. Кобальт входит в состав витамина В₁₂ и его недостаток в кормах для сельскохозяйственных животных вызывает резкое падение их продуктивности. Районы почв, бедных кобальтом, совпадают с регионами распространения заболеваний животных сухоткой. Снижение продуктивности животных происходит при содержании кобальта в кормах менее 0,1 мг/кг сухого вещества [1–2]. Оптимальное содержание кобальта в кормах для сельскохозяйственных животных составляет 0,25–1,0 мг/кг [3]. Для взрослого человека суточная потребность в кобальте составляет около 0,05–0,1 мг, дефицит наблюдается при 0,01 мг/сутки, порог токсичности – 500 мг/сутки [4].

Содержание кобальта в почве обуславливает количество этого элемента в растениях и уровни поступления его в организм животных. Кобальт усиливает азотфиксирующую способность микроорганизмами, благоприятно воздействует на синтез хлорофилла, белка, углеводов. Этот элемент положительно влияет на развитие клубеньков бобовых растений, повышает урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции [2–3].

Накопление кобальта в растениях коррелирует с его содержанием в почвах и колеблется от 0,01 до 0,5 мг/кг сухого вещества [5–6]. Коэффициент биологического поглощения кобальта из почв растениями один из самых низких среди микроэлементов и составляет 1,37 (у йода – 12,0, селена – 7,4). Недостаток подвижного кобальта в почвах (менее 2,0 мг/кг) приводит к уменьшению его содержания в растениях. Кларк кобальта – 7,3 [1–2]. В среднем по республике валовое содержание кобальта в почвах в 2 раза ниже кларка элемента и составляет 3,5 мг/кг. В связи с низким содержанием кобальта в биологических объектах территория республики отнесена к зоне эндемии [7].

Дефициту микроэлементов в продуктах питания уделяется значительное внимание во всем мире. Путями профилактики дефицита ряда микроэлементов является не только прямое обогащение продуктов питания на перерабатывающих предприятиях, но наиболее целесообразно повышение их содержания в растениеводческой продукции агрохимическим способом. Научно обоснованное применение микроудобрений позволяет регулировать процессы обогащения продукции микроэлементами. При этом в последние годы большое внимание уделяется хелатным формам микроэлементов [8–9].

Цель исследований – определение уровня содержания кобальта в почвах и растениеводческой продукции республики, а также изучение эффективности внесения кобальтового удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кобальт не относится к микроэлементам, которые подлежат обязательному агрохимическому картированию, как медь, цинк и бор. Существующая в республике градация по содержанию подвижного кобальта (1М HNO_3) позволяет дать оценку обеспеченности почв этим микроэлементом (табл. 1) [10].

Таблица 1

Градация почв Беларуси по содержанию подвижного кобальта, мг/кг

Почвы	Группы обеспеченности			
	1	2	3	4
	низкая	средняя	высокая	избыточная
Минеральные	< 1,0	1,1–2,5	2,51–3,0	> 3,0
Торфяно-болотные	< 3,0	3,1–7,5	7,51–9,0	>9,0

С целью выявления дефицита кобальта в почвах и растениеводческой продукции, разработки агрохимических приемов корректировки содержания кобальта в растениях нами были проведены маршрутные исследования сельскохозяйственных угодий на основных типах почв Северной, Центральной и Южной почвенно-географических провинций Беларуси.

Содержание кобальта определяли в сопряженных образцах растений и почвы. Всего проанализировано 242 образца почвы и 250 образцов растений. Образцы почв были отобраны на трех основных типах почв Беларуси: дерново-подзолистые, торфяно-болотные, аллювиальные и в более 40 разновидностях. Растительные пробы отобраны по следующим сельскохозяйственным культурам: зерно (озимая пшеница, озимое тритикале, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, овес, кукуруза), клубни картофеля; зеленая масса кукурузы, многолетние бобовые и злаковые травы. Проведена систематизация аналитического материала по основным типам и разновидностям почв, а также биологическим видам растений.

Исследования эффективности кобальтового удобрения проводились в полевом опыте с люпином узколистным (2011–2012 гг.), озимой пшеницей (2012–2013 гг.), яровым ячменем (2013–2014 гг.) и люцерной посевной (2014–2015 гг.) в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на рыхлых водноледниковых супесях, сменяемых с глубины около 0,5 м связной супесью. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы при возделывании ячменя: рН в КСl – 6,1, содержание гумуса – 2,2 %, P_2O_5 и K_2O – 284 и 281 мг/кг почвы. Исходное содержание подвижного кобальта в пахотном горизонте почвы составляло 0,15–0,54 мг/кг почвы.

Исследования с люпином узколистным (сорт Прывабны) проводились на фоне минеральных удобрений – $\text{N}_{12}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, с яровым ячменем (сорт Стратус) – $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, с озимой пшеницей (сорт Богатка) – $\text{N}_{140}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$, люцерной (сорт Плато) – $\text{N}_{12}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$. Схема полевого опыта включала 4 варианта, развернутых на 4 уровнях насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы кобальтом (низ-

кий, средний, высокий и избыточный). Уровни насыщения пахотного слоя почвы кобальтом были созданы перед закладкой полевого опыта внесением сернокислого кобальта в виде водного раствора. Площадь делянки – 12 м², повторность в опыте – трехкратная.

Некорневая подкормка люпина возрастающими дозами кобальта (0,025, 0,05, 0,075 кг/га д.в.) проводилась в фазу бутонизации, озимой пшеницы – в стадию первого узла и флагового листа, ярового ячменя – в стадию первого узла, люцерны – в фазу стеблевания. В некорневые подкормки растений применялось жидкое микроудобрение МикроСтим-Кобальт, содержащее 125 г/л кобальта в органической форме. Расход рабочего раствора 200 л/га.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур общепринятая для республики. Во время вегетации культур проводился уход за посевами, применялись средства защиты. Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ экспериментального материала показывает, что по средневзвешенному содержанию подвижного кобальта в пахотном слое исследуемые почвы составили следующий убывающий ряд: аллювиальные (пойменные) почвы – 0,88 мг/кг > дерново-подзолистые – 0,48–0,65 мг/кг > торфяно-болотные – 0,51 мг/кг (табл. 2). Содержание подвижного кобальта в дерново-подзолистых почвах определялось их гранулометрическим составом. Наименьшим содержанием подвижного кобальта отличались супесчаные почвы (0,48 мг/кг) с пределами колебаний 0,10–1,61 мг/кг почвы. Содержание кобальта в песчаных почвах составило 0,53 мг/кг с колебаниями в пределах 0,10–2,22 мг/кг почвы. В суглинистых почвах содержание кобальта находилось в диапазоне 0,12–1,26 мг/кг со средневзвешенным значением 0,65 мг/кг почвы. В торфяно-болотных почвах, при колебаниях кобальта от 0,16 до 1,64 мг/кг, среднее значение составляло 0,51 мг/кг. Наибольшим содержанием подвижного кобальта отличались пойменные почвы (0,88 мг/кг) с пределами колебаний 0,20–1,76 мг/кг почвы.

Оценка качества растениеводческой продукции по содержанию кобальта проводится по существующим нормативам его содержания в растениеводческой продукции. Оптимальное содержание кобальта в кормах составляет 0,25–1,0 мг/кг сухой массы [3]. Согласно ветеринарно-санитарному нормативу, допустимый уровень содержания кобальта в комбикорме достигает 1,0–3,0 мг/кг [5]. Анализ экспериментального материала показывает, что содержание кобальта в растениеводческой продукции низкое или достигает нижних границ оптимальных значений (0,06–0,47 мг/кг) и определяется как видовыми особенностями сельскохозяйственных культур, так и генезисом почв, в частности, их гранулометрическим составом. При этом, содержание кобальта в зерне (0,2–0,47 мг/кг) несколько выше, чем в зеленой массе многолетних бобовых трав (0,11–0,34 мг/кг). В клубнях картофеля содержится от 0,18 до 0,47 мг/кг кобальта. Наименьшее содержание элемента характерно для многолетних злаковых трав и составляет 0,15–0,23 мг/кг.

Вследствие низкого содержания кобальта на обследованных почвах и в растениеводческой продукции, для повышения урожайности сельскохозяйственных

Таблица 2

Содержание кобальта в почвах и растениеводческой продукции основных сельскохозяйственных культур

Почвы	Содержание кобальта в почве, мг/кг	Содержание кобальта в растениеводческой продукции, мг/кг сухой массы													
		Зерно				Зеленая масса			Многолетние травы						
		Картофель, клубни	озимое пшеница	яровая пшеница	ячмень	кукуруза	кукуруза	кукуруза	бобовые	злаковые	разнотравье				
Дерново-подзолистые почвы:															
песчаные	$\frac{0,10-2,22}{0,53}$ *	$\frac{0,06-0,35}{0,22}$	-	-	$\frac{0,10-0,87}{0,40}$	$\frac{0,13-0,28}{0,21}$	$\frac{0,08-0,35}{0,24}$	$\frac{0,12-0,20}{0,16}$	$\frac{0,10-0,17}{0,15}$	-					
супесчаные	$\frac{0,10-1,61}{0,48}$	$\frac{0,14-0,47}{0,30}$	$\frac{0,21-0,81}{0,42}$	$\frac{0,12-0,79}{0,40}$	$\frac{0,15-0,74}{0,34}$	$\frac{0,15-0,50}{0,29}$	$\frac{0,04-0,45}{0,30}$	$\frac{0,31-0,40}{0,34}$	$\frac{0,13-0,36}{0,21}$	-					
суглинистые	$\frac{0,12-1,26}{0,65}$	$\frac{0,15-0,74}{0,35}$	$\frac{0,25-0,78}{0,47}$	$\frac{0,24-0,33}{0,30}$	$\frac{0,10-0,80}{0,32}$	$\frac{0,21-0,50}{0,35}$	$\frac{0,05-0,10}{0,06}$	$\frac{0,05-0,18}{0,11}$	$\frac{0,12-0,45}{0,20}$	-					
Торфяно-болотные	$\frac{0,16-1,64}{0,51}$	$\frac{0,32-0,37}{0,35}$	-	-	-	$\frac{0,10-0,50}{0,29}$	-	-	$\frac{0,08-0,21}{0,15}$	-					
Аллювиальные (пойменные)	$\frac{0,20-1,76}{0,88}$	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{0,20-0,25}{0,23}$	-				$\frac{0,13-0,48}{0,26}$	

* Над чертой – пределы колебаний, под чертой – средневзвешенное содержание кобальта.

культур и обогащения их кобальтом необходимо применять кобальтовые удобрения. Из-за высокой стоимости кобальтовых удобрений, основным способом внесения микроэлемента является некорневая подкормка растений в критические периоды их роста и развития.

При возделывании в полевом опыте люпина узколистного эффективность применения некорневой подкормки растений микроудобрением МикроСтим-Кобальт определялась уровнем обеспеченности почвы кобальтом (табл. 3). Наибольшие прибавки урожайности зерна люпина узколистного от применения некорневой подкормки микроудобрением отмечались при низкой обеспеченности почвы кобальтом. При низком уровне содержания кобальта в почве (0,6 мг/кг), некорневая подкормка удобрениями МикроСтим-Кобальт увеличивала урожайность зерна на 3,1–3,6 ц/га при урожайности в фоновом варианте 27,1 ц/га. Повышение содержания в почве кобальта до 1,7 мг/кг (средний уровень) не приводила к повышению эффективности некорневой подкормки люпина кобальтовым удобрением. При высоком и избыточном уровне содержания кобальта в почве некорневая подкормка люпина узколистного кобальтовым удобрением неэффективна. Анализ урожайных данных по дозам микроудобрения показал, что более высокая прибавка урожайности зерна люпина (3,6 ц/га) отмечалась при внесении в некорневую подкормку удобрения МикроСтим-Кобальт в дозе 0,05 кг/га д.в. на низком уровне содержания кобальта в почве.

Эффективность некорневых подкормок озимой пшеницы удобрением МикроСтим-Кобальт также определялась уровнем обеспеченности почвы кобальтом. При низком уровне обеспеченности почвы кобальтом урожайность зерна в фоновом варианте составила 62,0 ц/га. Некорневая подкормка удобрениями МикроСтим-Кобальт способствовала повышению урожайности зерна до 64,6–66,7 ц/га, что составило 4,2–7,6 %. Наиболее эффективно внесение в некорневую подкормку удобрения МикроСтим-Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в., что обеспечило прибавку зерна озимой пшеницы 4,7 ц/га. Отмечаются также достоверные прибавки урожайности зерна от некорневых подкормок озимой пшеницы кобальтовым удобрением на среднем уровне содержания кобальта в почве. Так, при урожайности зерна в фоновом варианте 62,2 ц/га, внесение в некорневую подкормку кобальтового удобрения обеспечило повышение урожайности озимой пшеницы до 64,9–65,4 ц/га, или на 4,3–5,1 %. При высоком и избыточном уровне обеспеченности почвы кобальтом некорневые подкормки озимой пшеницы удобрением МикроСтим-Кобальт неэффективны.

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. Более высокая урожайность зерна ячменя (51,4 ц/га) отмечается при средней концентрации кобальта в супесчаной почве (табл. 3). Эффективность применения некорневой подкормки кобальтовыми удобрениями определялась уровнем обеспеченности почвы кобальтом. Более высокие прибавки урожайности зерна ярового ячменя от применения некорневой подкормки кобальтовым удобрением отмечались при низкой обеспеченности почвы кобальтом. При таком уровне содержания кобальта в почве некорневая подкормка удобрениями МикроСтим-Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в. способствовала повышению урожайности зерна ячменя с 48,3 до 53,9 ц/га (прибавка – 5,6 ц/га). При увеличении содержания в почве кобальта до среднего уровня, применение в некорневую подкормку кобальтового удобрения повышало урожайность ячменя с 51,4 до 54,9 ц/га.

Таблица 3
Влияние некорневых подкормок удобрением МикроСтим-Кобалт на урожайность сельскохозяйственных культур при различной обеспеченности почвы кобальтом, ц/га

Уровни содержания подвижного кобальта в почве	Вариант	Люпин узколистный, зерно (2011–2012 гг.)		Озимая пшеница, зерно (2012–2013 гг.)		Яровой ячмень, зерно (2013–2014 гг.)		Люцерна, сухая масса (2014–2015 гг.)	
		урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка
Низкий (0,6 мг/кг)	1. NPK -- фон	27,1	–	62,0	–	48,3	–	47,1	–
	2. С ₀ ,025	30,4	3,3	66,7	4,7	53,9	5,6	51,3	4,2
	3. С ₀ ,050	30,7	3,6	65,4	3,4	51,9	3,6	51,7	4,6
	4. С ₀ ,075	30,2	3,1	64,6	2,6	49,9	1,6	51,0	3,9
Средний (1,7 мг/кг)	1. NPK – фон	29,0	–	62,2	–	51,4	–	46,1	–
	2. С ₀ ,025	31,9	2,9	65,2	3,0	54,3	2,9	47,3	1,2
	3. С ₀ ,050	32,5	3,5	64,9	2,7	53,5	2,1	46,7	0,6
	4. С ₀ ,075	32,0	3,0	65,0	2,8	54,9	3,5	45,0	–
Высокий (2,7 мг/кг)	1. NPK – фон	25,1	–	61,0	–	47,7	–	45,2	–
	2. С ₀ ,025	27,3	2,2	59,5	–	47,1	–	45,7	0,5
	3. С ₀ ,050	25,5	0,4	61,7	0,7	46,8	–	45,5	0,3
	4. С ₀ ,075	24,6	–	61,7	0,7	47,6	–	45,9	0,7
Избыточный (3,1 мг/кг)	1. NPK – фон	25,6	–	59,0	–	51,3	–	45,3	–
	2. С ₀ ,025	26,4	0,8	59,3	–	50,1	–	45,6	0,3
	3. С ₀ ,050	25,9	0,3	58,6	–	49,4	–	45,5	0,2
	4. С ₀ ,075	25,0	–	60,6	1,6	47,5	–	45,2	–
НСР ₀₅ вариантов НСР ₀₅ уровней		1,5		2,6		1,6		1,3	
		1,3		1,7		1,8		1,6	

При возделывании в полевом опыте люцерны установлено, что увеличение содержания кобальта в супесчаной почве от низкого до избыточного уровня сопровождалось снижением урожайности (табл. 3). Более высокие прибавки урожайности люцерны от применения некорневой подкормки удобрением МикроСтим-Кобальт отмечались при низкой обеспеченности почвы кобальтом. Так, на этом уровне содержания кобальта в почве, некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим-Кобальт в дозе 0,025 и 0,05 кг/га д.в. способствовала повышению урожайности люцерны на 4,2 и 4,6 ц/га соответственно при урожайности в фоновом варианте 47,1 ц/га сухой массы. При повышении содержания в почве кобальта до среднего, высокого и избыточного уровней, применение в некорневую подкормку кобальтового удобрения не способствовало достоверному повышению урожайности люцерны.

Анализ данных по содержанию кобальта в растениеводческой продукции свидетельствует о линейной зависимости его поступления в растения от концентрации элемента в почве и некорневой подкормки кобальтсодержащим удобрением (табл. 4). Увеличение содержания подвижной формы кобальта в почве (от низкого до избыточного) способствовало накоплению элемента в зерне от 0,43 до 0,52 мг/кг сухой массы. Некорневые подкормки удобрением МикроСтим-Кобальт в фазу бутонизации повышали содержание кобальта в зерне по вариантам опыта от 0,48 до 0,58 мг/кг сухой массы.

Таблица 4

Влияние некорневых подкормок удобрением МикроСтим-Кобальт на содержание кобальта в растениеводческой продукции при различной обеспеченности почвы этим элементом, мг/кг сухой массы

Вариант	Уровни содержания подвижного кобальта в почве			
	низкий (0,6 мг/кг)	средний (1,7 мг/кг)	высокий (2,7 мг/кг)	избыточный (3,1 мг/кг)
<i>Люпин узколистный, зерно</i>				
1. N ₁₂ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	0,43	0,46	0,49	0,52
2. Co _{0,025}	0,48	0,49	0,51	0,53
3. Co _{0,050}	0,49	0,51	0,52	0,54
4. Co _{0,075}	0,52	0,53	0,55	0,58
<i>Озимая пшеница, зерно</i>				
1. N ₇₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон	0,15	0,30	0,44	0,50
2. Co _{0,025}	0,21	0,45	0,68	0,70
3. Co _{0,050}	0,24	0,46	0,68	0,72
4. Co _{0,075}	0,25	0,50	0,63	0,73
<i>Яровой ячмень, зерно</i>				
1. N ₇₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон	0,03	0,10	0,18	0,20
2. Co _{0,025}	0,21	0,31	0,48	0,51
3. Co _{0,050}	0,22	0,31	0,49	0,51
4. Co _{0,075}	0,24	0,33	0,49	0,53
<i>Люцерна, сухая масса</i>				
1. N ₁₂ P ₆₀ K ₉₀ – фон	0,11	0,50	0,62	0,95
2. Co _{0,025}	0,25	0,66	0,69	1,09
3. Co _{0,050}	0,27	0,73	0,72	1,23
4. Co _{0,075}	0,40	0,78	0,99	1,35

Повышение содержания кобальта в зерне озимой пшеницы происходило по мере увеличения содержания подвижного кобальта в почве с 0,15 мг/кг (I уровень) до 0,50 мг/кг (IV уровень). Двукратная некорневая подкормка озимой пшеницы удобрением МикроСтим-Кобальт в дозе 0,025 кг/га повышала содержание кобальта в зерне до 0,21 мг/кг при низком содержании элемента в почве, до 0,45 мг/кг – при среднем и до 0,68 и 0,70 мг/кг – при высоком и избыточном. Увеличение дозы кобальта в некорневую подкормку до 0,05 и 0,075 кг/га не приводило к существенному повышению содержания элемента в зерне озимой пшеницы.

Отмечается повышение содержания кобальта в зерне ячменя по мере увеличения обеспеченности почвы этим 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 мг/кг на низком уровне и до 0,51 мг/кг сухой массы на высоком уровне обеспеченности подвижным кобальтом супесчаной почвы (табл. 4).

Содержание кобальта в растениях люцерны повышалось по мере увеличения обеспеченности супесчаной почвы этим элементом (от низкого до высокого). При этом накопление кобальта в растениях люцерны происходило более интенсивно в сравнении с зерном люпина, озимой пшеницы и ярового ячменя. Некорневые подкормки удобрением МикроСтим-Кобальт увеличивали накопление кобальта в люцерне до 0,25–1,35 мг/кг сухой массы. Отмечается превышение оптимальных концентраций кобальта (0,25–1,0 мг/кг) в люцерне при внесении кобальтового удобрения в некорневые подкормки на избыточном уровне содержания подвижного кобальта в почве. При низкой обеспеченности супесчаной почвы кобальтом внесение удобрения МикроСтим-Кобальт в дозе 0,025 кг/га д.в. обеспечивало содержание этого элемента в растениях люцерны до нижнего уровня оптимальных концентраций для кормов.

ВЫВОДЫ

1. По результатам маршрутных исследований установлено, что сельскохозяйственные угодья Беларуси характеризуются низким содержанием подвижного кобальта в почвах. Средневзвешенное содержание подвижного кобальта в пахотном слое почв составляет 0,51–0,88 мг/кг.

2. Содержание кобальта в растениеводческой продукции также низкое или достигает нижних границ оптимальных значений и определяется как видовыми особенностями сельскохозяйственных культур, так и генезисом почв, в частности их гранулометрическим составом. При этом содержание кобальта в зерне изменяется в диапазоне 0,21–0,47 мг/кг, в клубнях картофеля – 0,18–0,47 мг/кг. Наименьшее содержание элемента характерно для зеленой массы кукурузы и многолетних злаковых трав и составляет 0,06–0,34 мг/кг сухой массы.

3. Эффективность некорневых подкормок люпина узколистного, озимой пшеницы, ярового ячменя и люцерны удобрением МикроСтим-Кобальт определялась уровнем обеспеченности почвы кобальтом и дозами микроудобрения. Более высокие прибавки урожайности культур отмечаются при низкой и средней обеспеченности почвы кобальтом. При высоком и избыточном уровне содержания кобальта в почве некорневая подкормка неэффективна.

4. Содержание кобальта в растениеводческой продукции повышалось по мере увеличения обеспеченности супесчаной почвы этим элементом (от низкого до высокого). При этом накопление кобальта в растениях люцерны происходило более интенсивно в сравнении с зерном люпина, озимой пшеницы и ярового ячменя. Некорневые подкормки кобальтовым удобрением повышали содержание кобальта в зерне озимой пшеницы, ярового ячменя и сухой массе люцерны. Отмечается превышение уровня оптимальных концентраций кобальта в сухой массе люцерны от некорневых подкормок при избыточной обеспеченности супесчаной почвы этим элементом.

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. *Ковальский, В.В.* Микроэлементы в растениях и кормах / В.В. Ковальский, Ю.И. Раецкая, Т.И. Грачева; АН СССР, Науч. совет по микроэлементам в животноводстве и растениеводстве. Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Колос, 1971. – 235 с.

4. *Скальный, А.В.* Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Изд. дом «Оникс 21 век», 2004. – С. 110–113.

5. *Каталымов, М.В.* Микроэлементы и микроудобрения / М.В. Каталымов. – М.; Л.: Химия, 1965. – 365 с.

6. *Рак, М.В.* Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М.В. Рак / Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: материалы VIII междунар. биогеохимической школы, посвящ. 150-летию со дня рождения академика В.И. Вернадского – М.: ГЕОХИ РАН, 2013. – С. 339–342.

7. *Петухова, Н.Н.* Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Природные ресурсы. –1999. – № 4. – С. 11–13.

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

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

10. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учеб. пособие / В.В. Лапа. [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 48 с.

11. Ветеринарно-санитарный норматив «Показатели безопасности кормов»: утв. Постановлением Минсельхозпрода Респ. Бел. от 06. 09. 2005 г. № 50.

COBALT IN SOILS AND CROP PRODUCTS IN BELARUS AND THE EFFICIENCY OF COBALT FERTILIZER APPLICATION

M.V. Rak, E.N. Pukalova

Summary

On the basis of route studies of agricultural land the authors defined the availability of mobile cobalt in the main types of soils in Belarus. It was established that cobalt content in soils and crop products was low. It was specified by species related traits of agricultural crops and soil granulometric composition. In a field experiment, the authors determined the efficiency of foliar fertilization of blue lupine, winter wheat, spring barley and alfalfa with cobalt, depending on the level of its availability in sod-podzolic sandy loam soil.

Поступила 29.11.16

УДК 631.81.095.337:633.854.54:631.445.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Е.Н. Пукалова

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

ВВЕДЕНИЕ

В общей структуре посевов льна в мире масличные формы занимают около 84 % площадей и только 16 % площадей приходится на долю долгунцовых форм. Основными производителями семян льна масличного являются Канада, Аргентина, Индия. Возделыванием льна масличного занимаются в Германии, Российской Федерации, Украине и др. странах [1].

Возделывание льна масличного экономически более выгодно, чем зерновых и озимого рапса. По расчетам украинских исследователей, 1 га посева льна масличного обеспечивает более выгодные экономические показатели, чем гектар озимой пшеницы с урожаем не менее 40 ц/га [2].

В условиях Республики Беларусь его посевы могут обеспечить урожайность семян более 20 ц/га, из которых можно получить новый вид растительного масла с принципиально отличающимися свойствами, по сравнению с признанными масличными культурами нашей зоны – подсолнечником и рапсом.

Почвенно-климатические условия Беларуси позволяют возделывать лен масличный во многих регионах страны. Во многом это связано с изменением погодных условий, а также с необходимостью получения продукта питания с новыми ценными свойствами.