



УДК 631.878

Р.А. ЖМОЙДЯК, Л.Ф. ВАШКЕВИЧ, А.В. ГОРБЛЮК

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ ЛЕГКОГО МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА, ОКУЛЬТУРЕННЫХ ВЫСОКИМИ ДОЗАМИ САПРОПЕЛЕВЫХ УДОБРЕНИЙ

The results of research for annual and seasonal dynamics in mobile forms of manganese, cobalt and molybdenum in the course of on the farm tests of soddy podzolic and soddy gley light texture soils cultivated with heavy doses of sapropel fertilizers have been expounded.

В работе изложены результаты исследований годичной и сезонной динамики подвижных форм марганца, кобальта и молибдена в производственных опытах на почвах легкого механического состава, окультуренных высокими дозами сапропелевых удобрений (СУ) с целью определения степени их влияния на содержание микроэлементов в этих почвах. Исследования проводились в колхозе им. Ленина Житковичского района Гомельской области [1].

Одноразовое внесение высоких доз СУ в условиях многолетнего производственного опыта ставило задачу выявить такую дозу СУ, которая способствовала бы окультурированию или оптимизации гумусного состояния, а также значительно улучшению гранулометрического состава, водно-физических, агрохимических свойств и микроэлементного режима бросовых земель. За оптимальные параметры принимали показатели хорошей обеспеченности почв макро- и микроэлементами согласно существующим в агрохимии традициям для исследуемых почв Беларуси [2,3].

Опытный участок расположен на повышении в 1,5 км от оз. Червоное. В 70-е гг. на этой территории были проведены осушительные работы, которые оказали значительное влияние на уровень грунтовых вод и плодородие почв. В результате проведения культуртехнических мероприятий был нарушен верхний гумусированный горизонт, в частности, на участке с дерново-подзолистыми почвами. Это способствовало усилению ветровой эрозии, в результате чего в отдельных местах на территории в несколько десятков гектаров был полностью разрушен верхний гумусированный горизонт. Из-за низкого плодородия эти почвы не вовлекались в севооборот и считались бросовыми.

Сапропелевые удобрения вносили на два участка, исключенные из сельскохозяйственного оборота, с дерново-подзолистой и дерново-глеевой почвами, где подстилающими породами в обоих случаях были мощные мелкозернистые пески. На первом участке уровень грунтовых вод за вегетационный период колебался от 1,5 до 2,2 м, на втором – от 0,5 до 1,5 м. На первом участке закладывали 5 вариантов опыта (100, 200, 300, 400 и 800 т/га СУ в расчете на сухое вещество), на втором – 4 (100, 200, 300 и 400 т/га СУ). Размер делянки 0,35 га. Перед закладкой опытов проводились агротехнические мероприятия (дискование, вспашка на глубину 22–26 см и др.). СУ вносили обычными навесоразбрасывателями типа РПТУ-2 и равномерно заделывали в почву. Влажность СУ составляла 45–50%. Одновременно с внесением минеральных удобрений $N_{60}P_{90}K_{90}$ на первом участке проводили и известкование из расчета 3 т извести на 1 га.

В опытах были использованы сапропели из оз. Червоное, относящиеся к органо-минеральным кремнеземистым, которые характеризуются наличием целого ряда компонентов, определяющих их положительный эффект при использо-

вании в качестве удобрения: содержание органического вещества 40–50% в расчете на сухое вещество; азота – 2,4; P_2O_5 – 0,5; K_2O – 0,5; CaO – 2,5; pH в KCl – 5,4–5,6; подвижных форм P_2O_5 – 30–40; K_2O – 15–20 мг/100г; аммиачного азота – 1% от общего; гуминовых кислот – 14,5%. Присутствуют и другие биологически активные вещества. Выявлено невысокое содержание валовых форм микроэлементов: кобальта (1,3–5,6 мг/кг), марганца (37–1420), молибдена (1,6–7,2 мг/кг), меди, ванадия, хрома, никеля и др. [4,5]. Основными факторами, обуславливающими накопление микроэлементов в органических отложениях водоемов, являются наличие в составе сапропелеобразователей многочисленных животных и растительных организмов – концентраторов отдельных элементов, а также способность коллоидной фракции органического вещества адсорбировать элементы, приносимые в водоем питающими озеро водами.

Изучение влияния СУ на изменение свойств оптимизированных песчаных почв проводили путем закладки стационарных разрезов по каждому варианту опыта с отбором образцов из генетических горизонтов. Содержание подвижных форм микроэлементов определялось также и в смешанных почвенных образцах, отобранных в вегетационный период из верхних горизонтов в апреле, июне и сентябре (с 20 по 25) на протяжении трех лет. За весь период исследований микроудобрения в почвы не вносились.

Полученные результаты опытов свидетельствуют об эффективном действии высоких доз сапропелей на урожай сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой и дерново-глеевой песчаных почвах. Внесение СУ повысило урожай горохово-овсяной смеси и гречихи (первый год исследований), картофеля и кукурузы (второй год исследований) в 1,5–2,5 раза. На третий год прибавка зеленой массы ячменя была в 1,4–1,7 раза выше по сравнению с контролем, несмотря на засушливый вегетационный период. Этот комплексный мелиоративный прием, оказывающий положительное воздействие на пищевой и водный режим почв, позволяет создать высокопродуктивный пахотный слой с улучшенными свойствами [1].

Произошли значительные изменения морфологического строения почв. Увеличилась мощность гумусового горизонта и изменилась его окраска: из серовато-желтоватого или светло-серого она стала темно-серого и черного цвета в свежем состоянии. Под пахотным горизонтом начали образовываться гумусированные потеки. Улучшилась структура и плотность пахотного горизонта. Внесение СУ способствовало повышению баллов бонитета почв, а также положительному изменению их агрохимических свойств: снижению кислотности, увеличению суммы обменных оснований, степени насыщенности основаниями, подвижных форм фосфора и калия, содержания гумуса, углерода, азота. Высокие дозы СУ существенно улучшили водообеспеченность песчаной почвы: в течение всего вегетационного периода содержание влаги в почве было в 1,5 раза больше, чем в контроле.

Однако разработка системы повышения плодородия почв и применения минеральных удобрений для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур должна быть связана со сбалансированным обеспечением растений не только основными элементами питания – NPK, которые применяются широко и в значительных дозах, но и микроэлементами. Уровень почвенного плодородия окультуренных почв не является стабильным. Он меняется в зависимости от степени трансформации почвы, интенсивности применения удобрений, возделываемых культур, повышения культуры земледелия. Поэтому возникает необходимость выявления изменений свойств почв, которые происходят в процессе землепользования.

Количество подвижных форм микроэлементов в почвах определяли общепринятым методом Г. Я. Ринькиса с фотоколориметрическим окончанием [6]. Воспроизводимость определения подвижных форм микроэлементов в почвах была относительно высокой для марганца и кобальта и составляла 1–8%, но уменьшалась при определении молибдена до 10–16%. Для покрытия потребностей растений в молибдене содержание его в почве, по имеющимся в литературе данным, не должно быть ниже 0,05 мг/кг, кобальта – 0,3 и марганца – 15 мг/кг [7].

Согласно нашим исследованиям [8], среднее содержание подвижного молибдена в верхних горизонтах дерново-подзолистых песчаных почв Беларуси составляет 0,06 мг/кг ($n = 56$), в дерново-болотных почвах 0,10 ($n = 47$), кобаль-

та соответственно 0,33 (n = 200) и 0,39 (n = 56), а марганца – 33,0 (n = 248) и 21,2 мг/кг (n = 56).

Использованные в опытах сапропели из оз. Червоное содержали 0,20 мг/кг подвижной формы молибдена, 0,48 мг/кг кобальта и 43,0 мг/кг марганца.

Дерново-подзолистая песчаная почва, развивающаяся на связных песках, переходящих на глубине 20 см в мощные мелкозернистые рыхлые пески, окультуренная сапропелевыми удобрениями, содержала (с учетом колебаний по сезонам и годам) 0,13–0,17 мг/кг подвижной формы молибдена, 0,19–0,22 мг/кг кобальта и 18–27 мг/кг марганца при среднем их содержании соответственно 0,15, 0,21, 22,6 мг/кг.

Выявленное содержание микроэлементов показывает низкую обеспеченность этих почв молибденом и кобальтом и среднюю — марганцем, согласно градации П.И. Ансποка [9].

Таблица 1

Изменение содержания подвижных форм микроэлементов в почвах опытных участков, мг/кг

Вариант	1-й год			2-й год			3-й год			Среднее за 3 года		
	Mo	Co	Mn	Mo	Co	Mn	Mo	Co	Mn	Mo	Co	Mn
Дерново-подзолистая песчаная почва												
Фон ^{*)}	0,17	0,19	18,2	0,15	0,22	22,7	0,13	0,22	26,8	0,15±0,01	0,21±0,01	22,6±2,5
Фон+100 ^{*)}	0,20	0,22	15,8	0,19	0,30	17,9	0,12	0,28	20,0	0,17±0,01	0,27±0,02	17,9±1,2
Фон+200	0,20	0,22	20,7	0,17	0,31	26,3	0,15	0,26	31,3	0,17±0,01	0,26±0,01	26,1±3,1
Фон+300	0,22	0,46	22,2	0,21	0,40	26,6	0,17	0,36	33,4	0,20±0,01	0,41±0,01	27,4±3,3
Фон+400	0,21	0,47	17,8	0,22	0,38	19,8	0,16	0,52	20,0	0,20±0,02	0,46±0,01	19,2±0,7
Фон+600	0,23	0,64	42,3	0,24	0,80	47,3	0,20	0,79	50,8	0,22±0,01	0,74±0,01	46,8±2,5
Дерново-глеевая песчаная почва												
Фон ^{***)}	0,17	0,44	11,6	0,17	0,48	9,8	0,16	0,50	14,9	0,17±0,01	0,47±0,01	12,1±1,5
Фон+100	0,16	0,43	15,8	0,18	0,49	16,3	0,18	0,49	20,3	0,17±0,01	0,47±0,01	17,4±1,5
Фон+200	0,20	0,56	11,4	0,18	0,67	16,8	0,18	0,41	20,7	0,19±0,01	0,55±0,01	16,3±2,7
Фон+300	0,21	0,54	18,6	0,23	0,64	16,8	0,20	0,56	15,8	0,21±0,01	0,58±0,01	17,1±0,7
Фон+400	0,23	0,64	18,2	0,22	0,65	21,4	0,23	0,63	21,8	0,23±0,02	0,64±0,01	20,5±1,2

Примечание: *) $N_{60}P_{90}K_{90} + 3$ т/га извести; **) здесь и в табл. 2 количество вносимых СУ выражается в т/га; ***) $N_{60}P_{90}K_{90}$

На втором участке, где закладывались опыты на осушенных дерново-глеевых песчаных почвах, развивающихся на связных песках, переходящих на глубине 35 см в мощные мелкозернистые рыхлые пески, содержание микроэлементов было также невысоким и составляло в среднем: молибдена 0,17 мг/кг, кобальта 0,47 и марганца 12,1 мг/кг.

Трехлетний период наблюдений за окультуренной дерново-подзолистой почвой выявил незначительное увеличение кобальта (среднее по всем вариантам) с 0,36 до 0,41 мг/кг, марганца с 22,8 до 30,4 мг/кг и уменьшение молибдена с 0,21 до 0,16 мг/кг. В опыте с дерново-глеевыми почвами отмечается увеличение марганца с 15,1 до 18,7 мг/кг, почти одинаковое содержание по всем годам молибдена (0,19 мг/кг) и слабое (с 0,52 до 0,59 мг/кг) увеличение кобальта на второй год исследований.

С увеличением дозы сапропелевых удобрений по всем вариантам в обоих опытах содержание исследуемых микроэлементов в основном возрастало. Эта зависимость сохранялась на протяжении всех лет наблюдений. Максимальное содержание исследуемых элементов в оптимизированных почвах отмечается в вариантах с наибольшим внесением СУ (табл. 1).

Однако незначительное улучшение микроэлементного состава окультуренных почв наряду с другими факторами является недостаточным для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур с полноценным качественным их составом. Анализ полученного материала свидетельствует о недостатке микроэлементов в оптимизированных почвах и о необходимости систематического их внесения в виде удобрений. Предполагаемая эффективность почв

Таблица 2

Изменение содержания подвижных форм микроэлементов (среднее за 3 года) в производственных опытах по окультуриванию легких почв СУ, мг/кг

Вариант	Молибден			Кобальт			Марганец		
	Апрель	Июнь	Сентябрь	Апрель	Июнь	Сентябрь	Апрель	Июнь	Сентябрь
Дерново-подзолистая песчаная почва									
Фон	0,13±0,01	0,15±0,03	0,17±0,03	0,22±0,01	0,19±0,01	0,22±0,01	22,8±1,40	21,3±3,31	25,2±2,48
Фон +100	0,19±0,03	0,17±0,04	0,34±0,04	0,34±0,03*	0,22±0,03	0,24±0,01*	17,6±1,08	16,5±2,38	20,3±0,43
Фон +200	0,16±0,02	0,19±0,03	0,17±0,02	0,28±0,04	0,24±0,02*	0,27±0,02	24,4±0,64	26,4±4,94	28,8±3,79
Фон +300	0,21±0,02*	0,20±0,01	0,18±0,02	0,51±0,16	0,41±0,06*	0,32±0,02*	26,0±0,57*	23,1±1,51	30,9±4,64*
Фон +400	0,20±0,02*	0,20±0,02	0,18±0,02	0,57±0,13*	0,39±0,06*	0,44±0,05*	19,9±3,25	18,0±3,05	20,4±1,30
Фон +800	0,22±0,02*	0,23±0,03	0,23±0,02	0,81±0,10*	0,74±0,08*	0,65±0,14*	47,3±0,07*	45,4±3,10	49,3±2,89*
Дерново-глеевая песчаная почва									
Фон	0,16±0,02	0,18±0,01	0,16±0,01	0,45±0,01	0,45±0,02	0,51±0,02	13,8±0,79	9,3±1,44	13,9±2,26
Фон +100	0,18±0,02	0,18±0,02	0,15±0,01	0,47±0,01	0,45±0,05	0,48±0,01	18,3±2,70	13,2±2,73	21,8±4,12
Фон +200	0,18±0,01	0,22±0,01*	0,17±0,01	0,49±0,01	0,57±0,06	0,56±0,06	22,7±0,80*	13,1±3,38	16,8±2,54
Фон +300	0,23±0,02*	0,23±0,04	0,19±0,03	0,56±0,01*	0,59±0,03*	0,58±0,04	16,3±2,02	16,3±0,29*	17,8±2,24
Фон +400	0,21±0,02*	0,25±0,02*	0,22±0,01*	0,64±0,01*	0,62±0,01*	0,66±0,02*	26,9±4,11*	14,7±3,10	22,8±2,25*

Примечание: приведены среднее арифметическое значение, ошибка средней арифметической.

* Достоверные различия между фоном и вариантом опыта обозначены звездочкой.

будет высокой, если содержание молибдена поддерживать на уровне не ниже 0,3–0,5 мг/кг, кобальта – 3–6 и марганца 100–1500 мг/кг почвы [7,9].

За три года наблюдений амплитуда колебаний содержания микроэлементов между вариантами окультуренных почв и фоном в опыте с дерново-подзолистой песчаной почвой составляла для молибдена 1,4 раза, кобальта – 3,5 и марганца – 2,1 раза, кобальта – 2,5 и марганца – 2,1 раза. В опыте с дерново-глеевой песчаной почвой эта разница значительно меньше и составила для всех элементов 1,3–1,7 раза (см. табл. 1).

Выявлены сезонные изменения содержания микроэлементов оптимизированных почв и колебания их в течение вегетационного периода (табл. 2). Однако различия в содержании микроэлементов в течение периода наблюдений по месяцам невелики: у молибдена 0,01–0,05 мг/кг, кобальта 0,02–0,19 и марганца 1,5–12,2 мг/кг. Разница между величинами микроэлементов в различные сроки наблюдений в основном не выходит за пределы граничных чисел группировок почв по содержанию микроэлементов. Отсюда видно, что скорость изменений подвижных форм микроэлементов в течение вегетационного периода у оптимизированных почв невелика.

Математическая обработка полученного материала свидетельствует об увеличении содержания микроэлементов в почвах по мере увеличения доз СУ, однако эти различия не во всех случаях достоверны (см. табл. 2). При сопоставлении данных количества микроэлементов в верхнем горизонте почв по всем вариантам двух опытов можно отметить, что наибольшее содержание молибдена наблюдалось в летний период, кобальта – в весенний, а марганца – в весенний и осенний периоды.

Изменение и распределение содержания микроэлементов на примере подвижного кобальта проводилось по генетическим горизонтам почвенных разрезов. Эти исследования проводили в первый и третий годы по всем вариантам.

Максимальное содержание кобальта отмечается в верхних горизонтах дерново-подзолистых почв; вниз по профилю количество его уменьшается и на глубине 80–90 см обнаруживается вторая область накопления этого элемента. В материнской породе колебание содержания подвижного кобальта не выходило за пределы 0,30–0,33 мг/кг. Одновременно, по сравнению с первоначальным наблюдением, в окультуренных почвах выявлено незначительное, но довольно четкое увеличение количества кобальта во всех вариантах по генетическим горизонтам.

Дерново-глеевые почвы, значительно обогащенные органическим веществом еще до их окультуривания СУ, весьма активно аккумулируют и задерживают вымывание химических элементов (в том числе и микроэлементов) в нижние горизонты, о чем свидетельствуют данные табл. 3. Исследования показали, что дерново-глеевые почвы по сравнению с дерново-подзолистыми песчаными содержат в 1,6 раза больше подвижного кобальта в пахотном горизонте (A_0) фонового варианта. Та же закономерность выявляется и в вариантах рассматриваемых почв, окультуренных высокими дозами СУ, где разница в содержании подвижного кобальта составляет 1,3–1,8 раза. В подпахотном горизонте (B_1q), представленном оглеенными мелкозернистыми рыхлыми песками, на глубине 40–50 см содержание этого элемента уменьшается до двух раз во всех вариантах. Окультуренная дерново-глеевая почва увеличивает содержание подвижного кобальта по мере увеличения доз СУ во всех генетических горизонтах, но это увеличение не превышает его двукратного фонового содержания.

Нами анализировались данные содержания валовых форм некоторых микроэлементов в оптимизированных почвах по генетическим горизонтам, полученные спектральным методом. Однако данным методом содержание в почвах ряда химических элементов, представляющих интерес (например, молибден, цинк), выявить невозможно.

Распределение валовых форм (кобальта, марганца, меди, ванадия, титана, циркония, бария, хрома, свинца) в профиле оптимизированных дерново-подзолистых и дерново-глеевых песчаных почв соответствует их генетическим особенностям. Отмечается незначительная биогенная аккумуляция большинства микроэлементов в перегнойных горизонтах оптимизированных почв.

Содержание их как в верхнем горизонте, так и по генетическим горизонтам в основном увеличивается с возрастанием дозы СУ как в опытных делянках с

дерново-подзолистыми, так и с дерново-глеевыми почвами. Причем в последних накопление этих элементов несколько выше.

Таблица 3

Содержание подвижного кобальта (мг/кг) на третий год исследования после внесения СУ (т/га) по генетическим горизонтам и вариантам в почвах опытных участков

Горизонт, глубина отбора образца, см	Фон	Фон +100	Фон +200	Фон +300	Фон +400	Фон +600
Дерново-подзолистая песчаная почва						
A _n 5–15	0,21	0,28	0,29	0,40	0,49	0,72
A ₁ A ₂ 30–40	0,22	0,27	0,30	0,59	0,51	0,67
A ₂ B ₁ 60–70	0,14	0,20	0,29	0,34	0,48	0,53
B ₂ 80–90	0,21	0,51	0,45	0,84	0,52	0,79
B ₃ 125–135	0,28	0,30	0,36	0,41	0,40	0,49
C _a 160–170	0,32	0,30	0,33	0,32	0,31	0,33
Дерново-глеевая песчаная почва						
A _n 5–15	0,36	0,46	0,52	0,60	0,66	—
A ₁ 25–35	0,33	0,58	0,60	0,68	0,61	—
B ₁ 40–50	0,20	0,19	0,12	0,28	0,30	—
B ₂ 60–70	0,16	0,18	0,10	0,15	0,33	—
G 90–100	0,13	0,13	0,15	0,17	0,20	—

Таким образом, в производственных опытах с дерново-подзолистой и дерново-глеевой песчаными почвами, окультуренных высокими дозами СУ, содержание подвижных форм молибдена, кобальта и марганца в почвах возрастало по мере увеличения внесенного удобрения. По сравнению с фоном содержание микроэлементов в вариантах опытов с внесением высоких доз СУ увеличивалось в 1,3–3,5 раза. Однако это не оптимизировало микроэлементный состав исследуемых почв, а только незначительно их улучшало, что также является недостаточным для нормального развития растительности. Плодородие этих почв возрастает лишь при условии систематического внесения удобрений.

Содержание микроэлементов в окультуренных почвах подвержено изменениям как в течение вегетационного периода, так и по годам.

1. Горблюд А.В., Вашкевич Л.Ф., Свирновский Л.Я. // Торфяная промышленность. 1986. №7. С.49.
2. Кулаковская Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. Мн., 1978. С.48.
3. Справочник агрохимика / Под ред. Т.Н. Кулаковской, И.М. Богдевича. Мн., 1985. С.86, 108.
4. Лопотко М.З., Евдокимова Г.А., Кузьмицкий П.Л., Букач О.М. Сапропелевые удобрения. Мн., 1983. С.41.
5. Лопотко М.З., Евдокимова Г.А. Сапропели и продукты на их основе. Мн., 1986. С.67.
6. Ринькис Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, 1963. С.84.
7. Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов. М., 1976. С.48.
8. Вашкевич Л.Ф., Свирновский Л.Я. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1974. №1. С.62.
9. Анспок П.И. Микроудобрения. Л., 1978. С.256.

УДК 911.52:528.7

В.Н. ГУБИН, Г.И. МАРЦИНКЕВИЧ

ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

The outlook development of cosmic methods in regional landscape research of Belarus is considered. The opportunity of the natural complexes studing and mapping as well as their indicational features elucidation and landscapes ecology cosmophoto identification is shown.