

Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко
**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ И БАЛАНС ХИМИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ СЕВООБОРОТА В АГРОЛАНДШАФТЕ**

М.К. Chartko, A.A. Karpichenka

**The biogeochemical cycles and balance of chemical elements in crop rotation system in
agricultural landscape**

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь,
chartko@bsu.by

Функционирование и организованность ландшафта находится под управляющим воздействием живого вещества и экологических условий. Приток энергии и ее обмен в процессе круговорота веществ создает разнообразие природных процессов, которые регулируют скорость и направленность геохимических реакций в агроландшафте.

Рассматриваемый нами биогеохимический круговорот и геохимический баланс характеризует состояние элементов или соединений в системе порода-почва-воды-живые организмы (растения)-атмосфера. Каждая из подсистем характеризуется притоком и оттоком вещества и энергии и является открытой. Рассмотрим, как осуществляется биогеохимический круговорот в агроландшафтах Беларуси при выращивании основных сельскохозяйственных культур (картофель, ячмень, многолетние травы) близких к производственным условиям, и сравним с балансом этих элементов в оптимальных агроландшафтах, сведения по которым отсутствуют в научной литературе.

Полевые исследования проводились на экспериментальной базе “Будагово” Смолевичского района Минской области. Экспериментальные участки закладывались в наиболее характерной центральной части поля севооборота с однородным и ровным микро- и мезорельефом. Площадь опытного участка 50 м², повторность четырехкратная. Система севооборота: картофель–ячмень–многолетние травы. Проведено торфование опытного участка в дозе 300 т/га торфа.

Биогеохимический круговорот и баланс элементов питания в агроландшафте с картофелем, ячменем и многолетними травами рассчитан как для производственных условий, так и на оптимизированном способе торфования дерново-подзолистых глееватых почвах.

В производственных условиях картофель выращивался в условиях внесения 30 т/га органических удобрений и 300 кг/га NPK, известкование – 5 т/га доломитовой муки. Получен урожай клубней – 160 ц/га, масса корней – 16,8 ц/га, масса ботвы – 21 ц/га. Другие показатели баланса (осадки, пыль, вода, ветровая эрозия) учитывались так же, как и на почвах, оптимизированных торфом. В структуре урожая картофеля в фитомассе на долю клубней приходится 78,6 %, корней 8,09, ботвы 9,37, поверхностных остатков 3,94 %. Основная биомасса картофеля (86,60 %) сосредоточена в подземной части. Из общего количества химических элементов, сосредоточенных в фитомассе, ежегодно с клубнями и ботвой выносятся 87,97 %, т.е. 22,72 т/га. Среди отчуждаемых элементов на зольные приходится 0,94 т/га или 4,15 %. Высокий вынос зольных элементов требует, соответственно, и большего возврата их с минеральными и органическими удобрениями. В составе золы по органам картофеля химические элементы распределяются следующим образом: в клубнях аккумулируются К, N, P, Zn, Cu, B, Co; в ботве – Ca, Na, Fe, Mn. Тип химизма картофеля – азотно-калиевый.

В результате получен положительный баланс по N 153,5 кг/га, P 40,2, K 114,6, Ca 1682,6, Mg 49,3 кг/га и отрицательный по микроэлементам (Zn 1,10 кг/га, Mn 1,27, Cu 0,372, B 0,06, Co 0,032 кг/га). Восполнение по макроэлементам составило от их общего содержания элемента в почве (%): N 4,75, K 0,34, P 2,31, Ca 8,26, Mg 0,35. По

микроэлементам убыль составила (%) от общего содержания элемента почве: Zn 0,97, Mn 0,09, Cu 1,19, B 0,014, Co 0,23.

Таким образом, в производственных условиях при сложившейся химической мелиорации следует вносить дополнительно в почву микроудобрения. При внесении в почву микроудобрений в дозах B 3 кг/га, Zn 5, Mn 10, Cu 2,5, Co 2,0, Mo 2 кг/га создавался их положительный баланс в почве. Без внесения микроудобрений отрицательный баланс составил 0,03-1,27 кг/га. Поэтому использованные дозы микроудобрений в полевых опытах нами рекомендуются для производственных условий.

При оптимизации дерново-подзолистых глееватых почв способом торфования (300 т/га в пересчете на абсолютно сухой торф), внесения компоста 80 т/га и доломитовой муки 5 т/га в агроландшафте создается положительный баланс макро- и микроэлементов (табл. 1).

Вынос химических элементов на оптимизированной почве с картофелем по макроэлементам меньше (в 10 раз и более), чем привнос в первый год после оптимизации. По микроэлементам вынос меньше привноса, отмечено различие в 2-3 раза. Привнос и вынос для бора практически равны. Получен положительный баланс по макро- и микроэлементам.

В результате полевых опытов определено следующее соотношение вносимых минеральных форм удобрений в расчете на действующее вещество: N (1) : P(0,13) : K (1,5) : Ca (0,47) : Mg (0,13) : Mn (0,05) : Zn (0,02) : B (0,002) : Cu (0,006) : Co (0,0004).

После картофеля выращивался ячмень. Агротехника возделывания была следующей: 10 т/га компоста N50 P60 K90. В агрофитоценозе с ячменем преобладает надземная часть, в структуре надземной части на долю соломы приходится 34,06 %, зерна 29,43 и поверхностных остатков 10,64 %. Корневая система составляет 25,86 % от общей фитомассы ячменя (9,5-10,5 т/га). С урожаем отчуждается около 65 %, возврат поверхностных остатков и корней – 35 %. Остатки ячменя и картофеля восполняют потери гумуса одинаково (до 0,75 т/га), что составляет 40-50 % от ежегодно минерализуемого перегноя. Закономерности геохимического баланса питательных элементов в производственных условиях аналогичны балансу по картофелю. Положительный баланс получен для N, K, P, Ca, Mg и отрицательный для Zn, Mn, Cu, B, Co. Отрицательный баланс для микроэлементов колебался в пределах 0,017-2,19 кг/га. Минимальные дозы микроудобрений в пределах 2-10 кг/га восполняют их недостаток.

На опытных оптимизированных методом торфования участках получен положительный баланс при выращивании ячменя для всех исследуемых макро- и микроэлементов. Однако абсолютные величины баланса снизились на 12-35 %, что указывает на необходимость регулярного внесения микроэлементов даже на оптимизированных почвах для поддержания положительного баланса химических элементов.

На третий-пятый год в севообороте выращивался клевер красный и тимopheевка луговая. Емкость биологического круговорота для клевера красного в производственных условиях составила 11 т/га, надземная часть – 6,5 т/га (59,09 %), подземная часть 4,5 т/га (40,9 %), стерня 1,5 т/га (13,6 %). С урожаем отчуждается 45,45 % фитомассы, в почве остается 54,55 % от общей массы. Биогеохимический круговорот и геохимический баланс клевера красного рассчитывался с учетом следующего внесения минеральных удобрений N60 P60 K80. Получен урожай 50 ц/га сена. Положительный геохимический баланс получен для N, K, P, Ca и отрицательный для – Mg, Zn, Mn, Cu, B, Co.

Таблица 1

Биогеохимический круговорот и баланс макро- и микроэлементов
в агроландшафте с картофелем на оптимизированных
дерново-подзолистых глееватых почвах, кг/га

Показатели	N	K	P	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	B	Co
1. Поступление элементов:										
- с органическими удобрениями, 80 т/га	359,1	363,8	69,4	170,7	70,0	1,51	3,59	0,24	0,29	0,18
- с торфом, 300 т/га	1346,6	1364,2	260,2	640,1	262,5	5,66	13,46	0,90	0,110	0,067
- с минеральными удобрениями, 480 кг/га	172,8	161,9	33,4	–	–	0,12	0,50	0,02	0,0019	0,0009
- с доломитовой мукой, 5 т/га	–	–	–	800,0	500,0	–	–	–	–	–
- с осадками, 700 мм/год	2,3	3,3	1,21	20,0	0,3	0,0002	0,0001	0,0001	0,00005	–
- с пылью, 100 кг/га в год	2,54	1,0	0,2	5,6	2,4	0,8	3,22	0,3	0,1	0,004
- с посевным материалом, 35 ц/га	11,6	18,0	3,5	3,2	2,2	0,042	0,031	0,007	0,02	0,00007
- с грунтовыми водами, 250 мг/л	4,7	6,6	2,4	40,0	0,5	0,0008	0,0002	0,0002	0,0001	0,00002
- с поверхностными остатками, 160 ц/га	4,6	7,4	0,5	5,3	2,6	0,009	0,49	0,0015	0,0064	0,00002
- с корнями, 32,3 ц/га	8,2	11,0	1,3	4,8	1,3	0,061	0,038	0,0085	0,0133	0,00008
Всего поступило, кг/га	1912,4	1937,2	373,7	1689,7	841,8	8,20	21,32	1,477	0,298	0,0901
2. Вынос элементов из почвы:										
- с ботвой, 43,4 кг/га	17,83	20,4	1,8	14,5	7,8	0,025	0,137	0,0044	0,0176	0,00006
- с клубнями, 395 ц/га	132,5	212,0	20,0	37,2	12,5	0,475	0,350	0,08	0,2	0,00083
- с почвенными водами, 270 мг/л	52,0	66,0	6,0	28,0	5,0	1,6	2,8	0,45	0,08	0,04
- с ветровой эрозией, 10 г/м ²	2,5	1,0	0,2	5,4	2,4	0,8	3,22	0,3	0,05	0,004
Всего вынос, кг/га	204,9	299,4	28,0	85,1	27,7	2,9	6,507	0,83	0,294	0,045
3. Баланс, кг/га	+1707,6	+1637,7	+345,0	+1604,6	+814,1	+5,3	+14,8	+0,647	+0,002	+0,0451

Тимофеевка луговая является наиболее продуктивной культурой. Урожай сена первого укоса составил 40-70 ц/га, второго 40-60 ц/га. Расчет баланса производился исходя из общей фитомассы тимофеевка 15,1 т/га. Доли надземной и подземной части примерно равны (7,6 и 7,5 т/га). Со стерней и корневой системой в почву возвращается большая часть фитомассы (9,1 т/га), что способствует восстановлению и повышению

положительного баланса химических элементов в почвах. Для расчета биогеохимического круговорота был принят урожай сена тимopheевки в производственных условиях 60 ц/га на фоне удобрений N40 P50 K60. В производственных условиях положительный баланс получен для N, K, P, Ca и отрицательный для – Mg, Zn, Mn, Cu, B, Co.

На оптимизированных дерново-подзолистых супесчаных глееватых почвах при выращивании тимopheевки получен положительный баланс макро- и микроэлементов. Кроме того, под травами увеличился положительный баланс N, P, Zn, Mn по сравнению с балансом этих элементов при выращивании ячменя в предшествующий год.

Таблица 2

Качество урожая в производственных условиях

Варианты опыта	Органическое вещество	Зола	Белок	Клетчатка	Крахмал	Сахар	Жир	БЭВ
N50 P60 K90, 30 т/га ком- поста, 5 т/га до- ломита	клубни картофеля							
	17,90	4,15	7,17	2,48	15,55	1,485	0,278	7,08
N50 P60 K90	ячмень							
	89,13	2,24	10,37	5,61	59,0	4,16	1,73	7,48

Содержание вносимых макроудобрений и органики влияло не только на продуктивность картофеля и ячменя, но и улучшало качество продукции (табл.2). Снижалось поступление хлора, повышалось содержание белка и крахмала, сахара [1, 2, 3, 4].

Литература

1. Куликов Я.К. Почвенно-экологические основы оптимизации сельскохозяйственных угодий Беларуси. Минск: БГУ, 2000, 280 с.
2. Иванов Н.П. и др. Эффективное использование мелиорированных почв БССР. Минск: Университетское, 1986, 23 с.
3. Иванов Н.П., Липская Г.А., Чертко Н.К. Опыт окультуривания почв. Земледелие, 1984, № 6, С. 44.
4. Чертко Н.К. Геохимические проблемы агроландшафтов Беларуси. Конструктивные задачи географических исследований Белорусской ССР. Под. ред. Р.А. Жмойдяка. Минск, 1984, С. 36-38.

. Чертко Н. К., Карпиченко А. А. Биогеохимический круговорот и баланс химических элементов в системе севооборота в агроландшафте // География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов: к 100-летию профессора Н. И. Базилевич / Под ред. Г. В. Добровольского, В. Н. Кудеярова, А. А. Тишкова: Матер. конференции, (Пушино, Московская область, 19–22 апреля 2010 г.).– М.: Институт географии РАН, 2010. В 2-х частях (с CD).– 120 (3 с.). 0,2 п.л.