

Баланс элементов минерального питания растений в системе мониторинга агроэкосистем Мурманской области

А.Х. Хаитбаев¹, П.В. Ласкин², В.К. Жиров^{3,4}

¹ Комитет по сельскому хозяйству и продовольствию правительства Мурманской области

² Естественно-географический факультет МГПУ, кафедра экологии

³ Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН

⁴ Апатитский филиал МГТУ, кафедра геоэкологии

Аннотация. Определение баланса питательных элементов в почвах отдельных агрофитоценозов, сельскохозяйственных угодий и региона в целом представляет собой одну из основных характеристик общего состояния культуры земледелия. Для оценки эффективности применения минеральных удобрений при производстве кормов из многолетних трав в земледелии Мурманской области рассчитывали баланс азота, фосфора и калия по наиболее крупным хозяйствам и области в целом, основываясь на итогах хозяйственной деятельности за 1995-2004 гг. Констатируется, что в агроэкосистемах Мурманской области неэффективное использование потенциала почвенных ресурсов и агрохимических средств в основном происходит из-за значительных нарушений баланса основных элементов минерального питания растений.

Abstract. Balance between soil mineral elements represents one of the most important characteristics of plant mineral nutrition. The N, P and K balance in soils of the main agricultural enterprises in the Murmansk region has been analyzed. The authors have come to the conclusion that low effectiveness of soil exploration in the region has been generated by violation in the balance between elements of plant nutrition.

1. Введение

Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное использование природных ресурсов вызывает существенные изменения циклов большинства химических элементов. В связи с этим требуется контролировать содержание элементов как в естественных биоценозах, так и в агроценозах (Мотузова, Малинина, 1989; Никонов, Лукина, 1994; Орлов, Василевская, 1994; Лукина, Никонов, 1998; Майстренко и др., 1996; Переверзев, Иваненко, 1998).

Мониторинг земель является составной частью мониторинга состояния окружающей природной среды и включает в себя создание сети постоянно действующих полигонов по производственному мониторингу земель эталонных стационарных и реперных участков для наблюдения за негативными процессами во всех ландшафтно-экологических районах. Он также предусматривает обследование земель сельскохозяйственного назначения с выявлением и оценкой негативных процессов (водная и ветровая эрозия, изменение запасов гумуса, подкисление почв и т.д.). Поскольку невозможно изучить компоненты биосферы в отрыве друг от друга, систему мониторинга следует понимать как комплексную (Израэль, 1984). При этом экологические подходы, включающие наблюдение и контроль над состоянием и уровнем загрязненности агроэкосистем в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности, следует считать важными составляющими общей системы мониторинга.

Одно из центральных мест в экологическом мониторинге занимает агрохимический мониторинг, цель которого состоит в выявлении, предупреждении и устранении негативных изменений в состоянии почвенного покрова. Роль агрохимического мониторинга обусловлена тем, что все изменения в атмосфере, биосфере, гидросфере неизбежно отражаются на составе, свойствах и плодородии почв. Одна из особенностей почвы состоит в том, что многие загрязняющие ее вещества могут иметь природное происхождение, в связи с чем оценка антропогенной составляющей загрязнителей представляет значительные трудности. Кроме того, самоочищение почв практически невозможно, а искусственное возобновление стоит очень дорого.

Состояние почвенных ресурсов оценивается по основному свойству почвы – плодородию, которое, в свою очередь, определяется, как способность почвы обеспечивать рост и развитие растений. Уровень продуктивности культурных растений во многом зависит от плодородия почв. Особенно важным это обстоятельство является на Крайнем Севере, проигрывающем своими почвенно-климатическими ресурсами более южным регионам.

Исследования, посвященные питанию культурных растений в северных районах России, начались с трудов А.А. Красюка (1922), И.С. Бирюзова (1925), М.Д. Бахулина (1928), И.Г. Эйхфельда (1932). О применении торфяных удобрений в северных районах писал в середине 20-х годов Д.Н. Прянишников (1965).

Баланс основных элементов минерального питания растений в земледелии представляет собой и характеристику эффективности применения удобрений, и один из основных показателей при мониторинге почв в агроэкосистеме. Это – количественное выражение содержания питательных веществ в почве на конкретной площади или объекте исследования с учетом всех источников их поступления и расхода в течение определенного промежутка времени. Баланс питательных веществ позволяет оценить количество внесенных удобрений, используемое растениями на формирование урожая, и какая часть остается неиспользованной. Именно неиспользованная часть удобрений создает угрозу экологическому благополучию региона.

Региональный (областной) баланс питательных веществ отражает эффективность применения минеральных удобрений и – в целом – общее состояние культуры земледелия в регионе. При составлении регионального баланса в основном учитываются продуктивность сельскохозяйственных угодий, содержание элементов минерального питания в урожае и количество внесенных с удобрениями веществ. Внутрихозяйственный баланс является более подробной характеристикой системы удобрения земель. При составлении такого баланса учитывается плодородие почв, а именно, доступные растениям элементы минерального питания, содержащиеся в почве. Баланс питательных веществ в конечном итоге отражается в воспроизводстве плодородия почв конкретных полей и хозяйств.

Целью настоящей работы было определение динамики почвенного плодородия в агроэкосистемах Мурманской области в условиях резкого сокращения применения средств химизации и выявление степени участия почвенных запасов питательных элементов в развитии сельскохозяйственных культур. Для оценки эффективности применения минеральных удобрений при производстве кормов из многолетних трав в земледелии Мурманской области мы рассчитывали баланс азота, фосфора и калия по наиболее крупным хозяйствам и по области в целом, основываясь на итогах хозяйственной деятельности региона за 1995-2004 гг.

2. Результаты и обсуждение

Содержание основных элементов минерального питания в зеленой массе многолетних трав для области рассчитывали по среднегодовым данным анализов кормов, полученным на Мурманской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции (Ласкин, Блинова, 1996; Ласкин, Корбут, 1996). Для расчета баланса элементов минерального питания растений брали следующие усредненные данные (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав кормовых трав, % зеленой массы

Культура	Содержание		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Однолетние травы	0,25	0,05	0,42
Многолетние травы	0,33	0,08	0,48

Для определения состояния и качества почвенных ресурсов и особенностей круговорота веществ в агроэкосистеме требуются более детальные исследования по динамике питательных веществ в почве, их выноса за пределы агроэкосистемы в водорастворимом и газообразном состояниях. Также следует учитывать соотношение элементов минерального питания растений, состояние и качество почвенного поглощающего комплекса и т.п. Кроме того, необходимо изучать и процессы гумусообразования в почве – превращения органического вещества, поступающего с мертвым растительным опадом и органическими удобрениями и т.д.

До 2000 г. в Мурманской области складывался резко положительный баланс по азоту: 70-116 кг/га для однолетних и 101-113 кг – для многолетних трав, положительный – по фосфору и отрицательный – по калию. В последующие годы азотный баланс уравновешивался, сохранилась тенденция к резкому превышению внесения фосфора в почву над его выносом с урожаем кормовых трав, и увеличилось превышение выноса калия с урожаем над его поступлением в почву с минеральными и органическими удобрениями (табл. 2).

Продуктивность многолетних трав в Мурманской области в основном поддерживается за счет внесения довольно высоких доз минеральных удобрений. В среднем по области в 2000 г. было внесено по 132 кг азота, 50 кг фосфора и 41 кг калия на 1 га (табл. 3).

Таблица 2. Баланс элементов минерального питания в кормопроизводстве Мурманской области, ± кг/га

Годы	Однолетние травы			Многолетние травы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1995	+50	+15	-32	+51	+14	-23
1996	+47	+19	-4	+39	+17	-13
1997	+66	+32	0	+64	+31	+1
1998	+61	+25	-13	+58	+23	-12
1999	+116	+51	-4	+113	+49	-3
2000	+70	+50	+1	+103	+43	-2
2001	+48	+20	-43	+54	+20	-28
2002	+50	+20	-48	+57	+20	-30
2003	+46	+68	-40	+52	+68	-20
2004	+21	+96	-40	+28	+96	-34

Таблица 3. Баланс элементов минерального питания многолетних трав в 2000 г., ± кг/га

Хозяйство	Урожайность зеленой массы, ц/га	Внесено с удобрениями			Вынесено с урожаем			Баланс +/-		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Кольский	143,5	207	15	15	47,4	11,5	68,9	+159,6	+3,5	-53,9
2. Мончегорский	132,0	183	73	73	43,6	10,6	63,4	+139,4	+62,4	+9,6
3. Мурманск	183,0	147	48	48	60,4	14,6	87,8	+86,6	+33,4	-39,8
4. Нивский	72,0	132	3	3	13,9	3,4	20,2	+118,1	-0,4	-17,2
5. Ревда	78,0	-	-	-	25,7	6,2	37,4	-25,7	-6,2	-37,4
6. Полярные Зори	35,2	96	44	44	11,6	2,8	16,9	+84,4	+41,2	+27,1
7. Полярная звезда	94,9	169	61	61	31,3	7,6	45,6	+137,7	+53,4	+15,4
8. Тулома	70,8	285	166	108	23,4	5,7	34,0	+261,6	+160,3	+74,0
9. Тундра	74,2	133	16	16	24,5	5,9	35,6	+108,5	+10,1	-19,6
10. ОПХ "Рассвет"	85,6	104	41	41	28,2	6,8	41,1	+75,8	+34,2	-0,1
11. Индустрия	117,2	90	29	29	38,7	9,4	56,3	+51,3	+19,6	-27,3
По области	90,1	132	50	41	29,7	7,2	43,2	+102,7	+42,8	-2,0

Следует отметить, что по годам общий характер балансов элементов минерального питания растений по однолетним и многолетним травам в Мурманской области совпадают. В 2000 г. отмечался резко положительный баланс азота. Например, в совхозе "Тулома" по многолетним травам он составил 262 кг на 1 га, а в среднем по области – 103 кг.

Минеральный азот в почве из-за своей высокой подвижности представляет существенную экологическую опасность. С этой точки зрения, баланс азота в посевах многолетних трав в агроэкосистеме Мурманской области является признаком экологического неблагополучия.

Во всех хозяйствах области первостепенное значение придается азотным удобрениям, дозы азота превышают дозы фосфора и калия. В то же время в совхозе "Ревда" в 2000 г. и без минеральных подкормок получили 7,8 т зеленой массы многолетних трав с 1 га, тогда как в совхозах "Полярные Зори" и "Нивский" при довольно высоких нормах удобрений получили всего по 3,5-7,2 т зеленой массы многолетних трав с 1 га. С урожаем многолетних трав выносятся незначительное количество фосфора и довольно значительные количества азота, и еще более высокие объемы калия. Баланс фосфора в целом по области и по большинству сельскохозяйственных предприятий также является положительным. Существенно, что данный элемент может закрепляться в почвенно-поглощающем комплексе в малоподвижных формах, и растения при недостатке фосфора в почве, в принципе, способны его использовать. Однако, с экономической точки зрения, такое внесение "про запас" нецелесообразно. В 2000 г. баланс калия сложился, как отрицательный – кормовые травы для формирования урожая используют запасы почвенного калия.

В 2001 г. состояние баланса элементов минерального питания в целом сложился по тому же типу, что в 2000 г. (табл. 4). Совхоз "Ревда" второй год подряд отказался от применения азотных подкормок, что вызвало резкое снижение продуктивности – до уровня 2,9 т/га зеленой массы. А в совхозах "Полярные зори" и "Тундра" при значительных инвестициях в виде минеральных удобрений получили всего по 2,08 и 4,32 т/га соответственно. Ряд хозяйств Мурманской области (совхозы "Кольский", "Мончегорский", ОПХ "Рассвет", "Индустрия") в этом году не применяли фосфорных и

калийных удобрений, и продуктивность трав на уровне среднеобластных показателей поддерживалась здесь за счет запасов фосфора и калия в почве. В некоторых хозяйствах ("Кольский", "Мончегорский", "Индустрия" и др.) отмечается небольшой отрицательный баланс по фосфору. В целом по области баланс калия отрицательный, который повысился с уровня -2,2 кг/га в 2000 г. до -27,9 кг/га в 2001 г. В то же время в области имеются хозяйства и с положительным балансом калия.

Таблица 4. Баланс элементов минерального питания многолетних трав в 2001 г., ± кг/га

Хозяйство	Урожайность зеленой массы, ц/га	Внесено с удобрениями			Вынесено с урожаем			Баланс +/-		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Кольский	126,4	103	-	-	41,7	10,1	60,7	+61,3	-10,1	-60,7
2. Мончегорский	120,0	207	-	-	39,6	9,6	57,6	+167,4	-9,6	-57,6
3. Мурманск	159,7	140	16	16	52,7	12,8	76,7	+87,3	+3,2	-60,7
4. Нивский	70,0	180	130	54	23,1	5,6	33,6	+156,9	+124,4	+20,4
5. Ревда	28,5	-	-	-	9,4	2,3	13,7	-9,4	-2,3	-13,7
6. Полярные Зори	20,8	65	41	41	6,9	1,7	10,0	+58,1	+39,3	+31,0
7. Полярная Звезда	72,0	139	42	42	23,8	5,8	34,6	+115,2	+36,2	+7,4
8. Тулома	86,3	100	88	11	28,5	6,9	41,4	+71,5	+81,1	-30,4
9. Тундра	43,2	77	5	5	14,3	3,5	20,7	+62,7	+1,5	-15,7
10. ОПХ "Рассвет"	92,0	82	-	-	30,4	7,4	44,2	+51,6	-7,4	-44,2
11. Индустрия	99,7	60	-	-	32,9	8,0	47,9	+27,1	-8,0	-47,9
По области	89,4	83	27	15	29,5	7,2	42,9	+53,5	+19,8	-27,9

Тенденция к резкому превышению внесения фосфора в почву над его выносом с урожаем кормовых трав обусловлена наличием в Мурманской области производственных мощностей по переработке кольских апатитов. Внесение фосфора в дозах, значительно превышающих его вынос с урожаем, не имеет определенного экологического значения, но с экономической точки зрения обуславливает бесполезные материальные инвестиции в производство кормов. В последнее десятилетие в балансе основных элементов минерального питания сохраняется дефицит калия, который существенно возрос к 2001-2004 гг. При дальнейшем невосполнении запасов калия в области создается угроза калийного истощения почв.

В целом, как в однолетних, так и в многолетних агрофитоценозах Мурманской области намечается некоторая тенденция к уравниванию баланса основных элементов минерального питания. В основном этот процесс обусловлен экономическими причинами, в первую очередь, резким подорожанием минеральных азотных удобрений и общим ухудшением экономики предприятий областного агропромышленного комплекса.

Проблема эффективности использования почвенных ресурсов Крайнего Севера сохраняет свою актуальность, и ее невозможно решить только оптимизацией применения минеральных удобрений. В этой сфере наиболее уязвимым остается азотный баланс: с одной стороны, без применения высоких норм минерального азота невозможно поддерживать на должном уровне продуктивность агроэкосистем, с другой – значительная его часть не вовлекается в биологический круговорот. В связи с этим следует отметить высказывания В.Р. Вильямса, Д.Н. Прянишникова и других классиков земледелия и агрохимии о роли биологического азота, проблема которого, в частности, в значении клеверосоения. Интродукция бобовых компонентов в агроценозы Крайнего Севера и создание эффективных условий для бобово-ризобияльного симбиоза должны стать основой повышения эффективности использования биоклиматических ресурсов на северном пределе земледелия.

3. Заключение

Таким образом, в агроэкосистемах Мурманской области неэффективное использование потенциала почвенных ресурсов и агрохимических средств в основном происходит из-за значительных нарушений баланса основных элементов минерального питания растений. При этом наблюдается снижение биопродуктивности кормовых угодий. Резко выраженный положительный баланс азота, достигающий уровня 70-116 кг/га, свидетельствует о значительном нарушении его круговорота в агрофитоценозах, что представляет явную угрозу экологическому благополучию экосистемы в целом. Внесение фосфора в дозах, значительно превышающих его вынос с урожаем, практически не имеет экологического значения, но с экономической точки зрения выражается в бесполезных материальных инвестициях в производство кормов. В последнее десятилетие в балансе основных элементов

минерального питания растений области сохранялся дефицит калия, который существенно возрос к 2001-2004 гг. При дальнейшем невосполнении запасов почвенного калия в агрофитоценозах Мурманской области создается угроза калийного истощения почв.

Литература

- Бахулин М.Д.** Торфяное удобрение на Севере. *Вологда, Вологодское общество изучения Северного края*, с.161-176, 1928.
- Бирюзов И.О.** Торфяное удобрение и его применение на нашем Севере. *М., Новая деревня*, 44 с., 1925.
- Вильямс В.Р.** Луговоеводство и кормовая площадь. *Сельхозгиз*, 143 с., 1933.
- Израэль Ю.А.** Экология и контроль состояния природной среды. *М., Мир*, 560 с., 1984.
- Красюк А.А.** Почвенные исследования Северного края. *Архангельск*, 55 с., 1922.
- Ласкин П.В., Корбут О.В.** Минеральный состав кормов Мурманской области. *Информационный листок № 72-96, Мурманск, ЦНТИ*, 3 с., 1996.
- Ласкин П.В., Блинова А.И.** Питательность кормов Мурманской области. *Информационный листок № 74-96, Мурманск, ЦНТИ*, 5 с., 1996.
- Лукина Н.В., Никонов В.В.** Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. В 2-х ч. *Апатиты, КНЦ РАН*, ч.1, 213 с., ч.2, 192 с., 1998.
- Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К.** Эколого-аналитический мониторинг супертоксиканов. *М., Химия*, 316 с., 1996.
- Мотузова Г.В., Малинина М.С.** Почвенно-химический мониторинг фоновых территорий. *М., МГУ*, 86 с., 1989.
- Никонов В.В., Лукина Н.В.** Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. *Апатиты, КНЦ РАН*, 314 с., 1994.
- Орлов Д.С., Василевская В.Д.** Почвенно-экологический мониторинг. *М., МГУ*, с.147-158, 1994.
- Переверзев В.Н., Иваненко Н.К.** Калий в подзолистых почвах Кольского полуострова. *Апатиты, КНЦ РАН*, 116 с., 1998.
- Прянишников Д.Н.** Избранные произведения. Агрохимия. *М., Колос*, с.63-96, 1965.