

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.81.095.337:632.116

ПОСТУПЛЕНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ И ИХ ПОТЕРИ ПРИ ВЫМЫВАНИИ ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Г.В. Пироговская, О.И. Исаева

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

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что поступление элементов питания с атмосферными осадками является приходной статьей расчета баланса элементов питания в земледелии, а потери при вымывании – расходной статьей.

В методике расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь при расчете хозяйственного баланса учитывается следующий приход элементов питания с атмосферными осадками (По) по данным Республиканского гидрометеоцентра, в том числе: $N_{\text{общ}}$ – 9,4 (5,5–16,4) кг/га, P_2O_5 – 0,5, K_2O – 10,3 (1,8–26,2), CaO – 25,3 (6,6–95,1), MgO – 5,0 (1,4–9,7) кг/га, (SO_4) – 36,0 (14,9–57,9) кг/га [1].

Среднегодовые потери с 1 га при вымывании (Рвыщ.) которые учитываются при расчете баланса по данным лизиметрических исследований за период 1980–2005 гг. в зависимости от типа и гранулометрического состава пахотных почв потери, составляют: $N_{\text{общ}}$ – 6,3–40,9 кг/га, P_2O_5 – 0,1–0,25, K_2O – 3,9–32,9, CaO – 52,2–136,8, MgO – 10,2–25,2, SO_4 – 20,0–43,1 кг/га [1].

Цель исследований – определить количество поступления элементов питания и микроэлементов с атмосферными осадками и их потери при вымывании из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава за длительный период (1981–2012 гг.)

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии», которая расположена в южной части г. Минска в период с 1981 по 2012 гг. Станция введена в эксплуатацию в 1980 году, включает 48 насыпных лизиметра, цилиндрической формы из сборных железобетонных колец с глубиной почвенного профиля 1,0 и 1,5 м. Колодцы лизиметров имеют внутренний диаметр 2,0 м, площадь – 3,14 м².

В течение времени эксплуатации лизиметрической станции систематически проводились измерения количества выпавших атмосферных осадков (осадкомер

Третьякова) и учет количества инфильтрационных вод ($\text{л}/\text{м}^2$) из наиболее распространенных типов почв Республики Беларусь.

Объекты исследований – дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава, атмосферные осадки, инфильтрационные воды (почвенные растворы).

Содержание элементов питания и микроэлементов в атмосферных осадках, их концентрация в инфильтрационных водах из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава измерялись в двукратной повторности, для дерново-подзолистых песчаных почв в четырехкратной повторности. Методы исследований – визуальный, химический, системный. Статистическая обработка результатов осуществлялась согласно методике проведения полевого опыта Б.А. Доспехова с использованием MS Excel 2010.

РЕУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным лизиметрических исследований на станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» установлено, что в среднем (за 1981–2012 гг.) ежегодно с атмосферными осадками поступает около 176 кг/га химических элементов и соединений, в том числе: азота – 25,8 (нитратного – 10,9 и аммонийного – 14,9) кг/га, калия – 9,0 кг/га, фосфора – 0,80 кг/га, кальция – 34,0 кг/га, магния – 4,1 кг/га, сульфатов – 54,7 кг/га, хлоридов – 40,7 и натрия – 7,2 кг/га. Колебания поступления этих элементов с атмосферными осадками в течение длительного времени наблюдений находились в пределах: общего азота – 11,1 (1983 г.) – 77,9 (2008 г.) кг/га, азота нитратного – от 4,2 (2011 г.) до 52,9 (1993 г.) и аммонийного – 4,0 (1983 г.) – 48,3 (2008 г.) кг/га, калия (K_2O) – 3,0 (2009 г.) – 41,7 (1997 г.), фосфора (P_2O_5) – 0,02 (1986 г.) – 1,40 (1997 г.), кальция – 3,4 (1987 г.) – 121,3 (2003 г.), магния – 0,10 (1988 г.) – 19,2 (1981 г.), сульфатов – 7,9 (2007 г.) – 133,1 (1982 г.), хлоридов – 0,70 (1981 г.) – 384,0 (2008 г.) и натрия (Na_2O) – 2,8 (2008 г.) – 25,6 (1996 г.) кг/га. С атмосферными осадками больше всего на поверхность почвы поступало сульфатов, далее хлоридов, кальция и общего азота (табл. 1).

Таблица 1

Поступление химических элементов с осадками на лизиметрической станции, г. Минск (среднее за 1981–2012 гг.)

Год	Поступление, кг/га									
	NO_3	NH_4	$\text{N}_{\text{общ}}$	K_2O	P_2O_5	Ca	Mg	Cl	SO_4	Na_2O
1981	12,7	7,6	20,3	18,2	0,31	78,5	19,2	0,70	57,1	5,1
1982	7,4	11,9	19,3	9,4	0,06	69,9	16,1	9,0	133,1	4,6
1983	7,1	4,0	11,1	8,8	0,14	24,0	2,6	29,7	32,9	5,3
1984	6,8	11,3	18,1	5,1	0,11	12,7	1,8	31,8	49,3	4,5
1985	6,6	9,8	16,4	7,1	0,55	23,8	2,9	24,0	92,3	5,9
1986	5,2	9,9	15,1	6,9	0,02	16,4	4,1	19,1	59,1	3,0
1987	6,0	10,9	16,9	6,0	0,17	3,4	0,8	56,5	62,5	6,2
1988	6,0	10,3	16,3	5,6	5,61	18,5	0,10	61,3	63,6	6,7
1989	6,3	8,2	14,5	6,4	0,11	16,8	1,4	18,0	29,2	4,1
1990	5,1	13,2	18,3	9,9	0,46	8,3	2,1	17,9	50,4	6,5

Год	Поступление, кг/га									
	NO ₃	NH ₄	N _{общ}	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Cl	SO ₄	Na ₂ O
1991	5,6	7,4	13,0	5,5	0,16	44,6	2,3	22,2	42,7	6,6
1992	7,5	7,6	15,1	7,2	0,31	23,1	2,7	42,0	49,9	6,9
1993	52,9	8,0	60,9	11,2	0,31	21,1	1,5	50,0	74,9	9,9
1994	6,8	16,8	23,6	9,3	0,08	18,3	4,0	19,6	68,1	6,9
1995	10,6	10,1	20,7	6,1	0,62	6,5	0,8	33,5	62,4	3,3
1996	10,3	15,1	25,4	35,6	0,59	6,4	1,6	19,0	65,1	25,6
1997	20,1	12,8	32,9	41,7	1,40	27,8	8,1	15,8	40,5	3,6
1998	14,2	11,3	25,5	9,0	1,37	2,3	0,6	20,0	44,5	10,6
1999	8,2	12,6	20,8	6,0	0,58	15,9	1,4	11,6	50,0	6,6
2000	10,8	12,5	23,3	6,2	0,51	2,8	0,10	6,7	63,1	7,0
2001	11,0	16,9	27,9	5,1	1,25	37,7	2,8	7,9	29,2	6,0
2002	8,9	6,9	15,8	5,0	0,61	38,4	3,3	9,8	41,5	5,4
2003	12,0	15,8	27,8	6,3	1,00	121,3	8,2	14,0	22,1	9,9
2004	8,1	5,7	13,8	2,5	1,03	76,4	12,7	18,6	51,2	8,3
2005	11,4	7,2	18,6	4,3	0,86	66,1	2,4	11,1	9,7	5,2
2006	8,3	10,7	19,0	5,6	0,97	56,5	4,6	56,3	12,4	4,1
2007	9,0	23,1	32,1	1,8	0,71	41,6	0,80	191,3	7,9	5,8
2008	29,6	48,3	77,9	8,2	0,92	103,7	9,9	384,0	123,6	2,8
2009	10,3	35,8	46,1	3,0	0,19	15,1	1,5	14,4	25,7	3,4
2010	13,4	40,3	53,7	13,2	1,33	22,6	3,4	5,2	129,9	24,1
2011	4,2	41,9	46,1	7,9	1,76	12,0	2,8	не опр.	49,7	10,6
2012	7,3	12,3	19,6	4,2	1,60	55,4	5,0	не опр.	57,1	5,4
Среднее	10,9	14,9	25,8	9,0	0,80	34,0	4,1	40,7	54,7	7,2

Наибольшее количество химических элементов поступает с атмосферными осадками во влажные по степени увлажнения годы и в слабозасушливые. В оптимальные по степени увлажнения годы отмечается снижение поступления азота, кальция, магния, хлоридов и сульфатов в 1,3–2,8 раза (в зависимости от элемента), в засушливые годы – уменьшается количество всех элементов в 1,1–3,2 раза по сравнению с поступлением элементов с осадками во влажные по степени увлажнения годы (табл. 2).

Таблица 2

Поступление химических элементов с осадками в различные по степени увлажнения годы, 1981–2012 гг.

Год	Поступление, кг/га									
	NO ₃	NH ₄	N _{общ}	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Cl	SO ₄	Na ₂ O
<i>Влажные по степени увлажнения годы</i>										
1982	7,4	11,9	19,3	9,4	0,06	69,9	16,1	9,0	133,1	4,6
1985	6,6	9,8	16,5	7,1	0,55	23,8	2,9	24,0	92,3	5,9
1990	5,1	13,2	18,4	9,9	0,46	8,3	2,1	17,9	50,4	6,5
1993	52,9	8,0	60,9	11,2	0,31	21,1	1,5	50,0	74,9	9,9
1998	14,2	11,3	25,5	9,0	1,37	2,3	0,6	20,0	44,5	10,6
2006	8,3	10,7	19,0	5,6	0,97	56,5	4,6	56,3	12,4	4,1
2008	29,6	48,3	77,9	8,2	0,92	103,7	9,9	384,0	123,6	2,8
2009	10,3	35,8	46,1	3,0	0,19	15,1	1,5	14,4	25,7	3,4
среднее	16,8	18,6	35,5	7,9	0,6	37,6	4,9	72,0	69,6	6,0

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Окончание табл. 2

Год	Поступление, кг/га									
	NO ₃	NH ₄	N _{общ}	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Cl	SO ₄	Na ₂ O
<i>Оптимальные по степени увлажнения годы</i>										
1984	6,8	11,3	18,1	5,1	0,11	12,7	1,8	31,8	49,3	4,5
1987	6,0	10,9	16,9	6,0	0,17	3,4	0,8	56,5	62,5	6,2
1988	6,0	10,3	16,3	5,6	5,61	18,5	0,10	61,3	63,6	6,7
1989	6,3	8,2	14,5	6,4	0,11	16,8	1,4	18,0	29,2	4,1
1996	10,3	15,1	25,4	35,6	0,59	6,4	1,6	19,0	65,1	25,6
2001	11,0	16,9	27,9	5,1	1,25	37,7	2,8	7,9	29,2	6,0
2004	8,1	5,7	13,8	2,5	1,03	76,4	12,7	18,6	51,2	8,3
2005	11,4	7,2	18,6	4,3	0,86	66,1	2,4	11,1	9,7	5,2
2010	13,4	40,3	53,7	13,2	1,33	22,6	3,4	5,2	129,9	24,1
среднее	8,8	14,0	22,8	9,3	1,2	29,0	3,0	25,5	54,4	10,1
Влажные / оптимальные, раз	1,9	1,3	1,6	0,9	0,5	1,3	1,6	2,8	1,3	0,6
<i>Слабозасушливые по степени увлажнения годы</i>										
1981	12,7	7,6	20,3	18,2	0,31	78,5	19,2	0,70	57,1	5,1
1986	5,2	9,9	15,1	6,9	0,02	16,4	4,1	19,1	59,1	3,0
1991	5,6	7,4	13,0	5,5	0,16	44,6	2,3	22,2	42,7	6,6
1994	6,8	16,8	23,6	9,3	0,08	18,3	4,0	19,6	68,1	6,9
1997	20,1	12,8	32,9	41,7	1,40	27,8	8,1	15,8	40,5	3,6
2003	12,0	15,8	27,8	6,3	1,00	121,3	8,2	14,0	22,1	9,9
2007	9,0	23,1	32,1	1,8	0,71	41,6	0,80	191,3	7,9	5,8
2011	4,2	41,9	46,1	7,9	1,76	12,0	2,8	–	49,7	10,6
2012	7,3	12,3	19,6	4,2	1,60	55,4	5,0	–	57,1	5,4
среднее	9,2	16,4	25,6	11,3	0,8	46,2	6,1	40,4	44,9	6,3
<i>Засушливые</i>										
1983	7,1	4,0	11,1	8,8	0,14	24,0	2,6	29,7	32,9	5,3
1992	7,5	7,6	15,1	7,2	0,31	23,1	2,7	42,0	49,9	6,9
1995	10,6	10,1	20,7	6,1	0,62	6,5	0,8	33,5	62,4	3,3
2000	10,8	12,5	23,3	6,2	0,51	2,8	0,10	6,7	63,1	7,0
среднее	9,0	8,6	17,6	7,1	0,4	14,1	1,6	28,0	52,1	5,6
Влажные / оптимальные, раз	1,9	2,2	2,0	1,1	1,5	2,7	3,2	2,6	1,3	1,1
<i>Очень засушливые</i>										
1999	8,2	12,6	20,8	6,0	0,58	15,9	1,4	11,6	50,0	6,6
2002	8,9	6,9	15,8	5,0	0,61	38,4	3,3	9,8	41,5	5,4
среднее	8,6	9,8	18,4	5,5	0,6	27,2	2,4	10,7	45,8	6,0

Определение содержания микроэлементов в атмосферных осадках и их поступление на поверхность почвы проводилось на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и экспериментальной базе им. Суворова (35 км от г. Минска) в 2011–2015 гг.

Концентрация микроэлементов в атмосферных осадках (средние данные за 5 лет – 2011–2015 гг.) в г. Минске изменялась по месяцам. Содержание их варьировало в пределах: марганца от 0,023 (декабрь) до 0,043 (январь) мг/л, а в среднем за год – 0,030 мг/л; соответственно, меди – от 0,009 (ноябрь) до 0,065 (май), при средних значениях за год 0,029 мг/л; цинка – от 0,156 (май)

до 1,458 (ноябрь), средних – 0,486 мг/л, кобальта от 0,012 (февраль) до 0,067 (май) и средних – 0,029 мг/л. С атмосферными осадками в среднем за год (январь–декабрь) на поверхность почвы поступило марганца – 0,17 кг/га, меди – 0,18, цинка – 3,55 и кобальта – 0,19 кг/га (табл. 3).

Таблица 3

Содержание микроэлементов в атмосферных осадках и их поступление, среднее за 2011–2015 гг.

Месяц	Содержание, мг/л				Поступление, кг/га			
	Mn	Cu	Zn	Co	Mn	Cu	Zn	Co
г. Минск (среднее за 2011–2015 гг.)								
Январь	0,043	0,018	0,474	0,014	0,021	0,014	0,274	0,011
Февраль	0,029	0,019	0,196	0,012	0,009	0,007	0,064	0,009
Март	0,034	0,038	0,601	0,040	0,008	0,008	0,212	0,004
Апрель	0,038	0,016	0,261	0,017	0,018	0,012	0,660	0,016
Май	0,031	0,065	0,156	0,067	0,021	0,042	0,981	0,042
Июнь	0,027	0,054	0,322	0,018	0,017	0,051	0,366	0,016
Июль	0,029	0,037	0,452	0,015	0,017	0,015	0,249	0,008
Август	0,027	0,030	0,306	0,023	0,017	0,011	0,315	0,022
Сентябрь	0,026	0,014	0,499	0,038	0,014	0,004	0,160	0,013
Октябрь	0,024	0,015	0,928	0,050	0,007	0,010	0,102	0,020
Ноябрь	0,030	0,009	1,458	0,025	0,013	0,005	0,091	0,008
Декабрь	0,023	0,027	0,181	0,023	0,011	0,005	0,080	0,016
Среднее, Минск	0,030	0,029	0,486	0,029	–	–	–	–
Сумма, Минск	–	–	–	–	0,17	0,18	3,55	0,19
Экспериментальная база им. Суворова (среднее за 2011–2013 гг.)								
Январь	0,024	0,023	0,290	0,025	0,011	0,005	0,148	0,005
Февраль	0,034	0,060	0,466	0,004	0,013	0,007	0,188	0,000
Март	0,049	0,039	0,314	0,034	0,014	0,008	0,100	0,003
Апрель	0,029	0,031	0,406	0,010	0,018	0,017	0,144	0,003
Май	0,039	0,080	0,263	0,050	0,028	0,032	0,255	0,008
Июнь	0,023	0,077	0,372	0,060	0,027	0,074	0,319	0,027
Июль	0,027	0,066	0,312	0,023	0,010	0,017	0,066	0,002
Август	0,026	0,027	0,152	0,009	0,006	0,006	0,053	0,002
Сентябрь	0,061	0,012	4,262	0,056	0,016	0,003	0,313	0,008
Октябрь	0,031	0,009	1,175	0,032	0,015	0,002	0,344	0,008
Ноябрь	0,033	0,005	1,764	0,039	0,013	0,001	0,847	0,001
Декабрь	0,023	0,014	0,378	0,081	0,011	0,004	0,145	0,013
Среднее, з/б Суворова	0,033	0,037	0,846	0,035	–	–	–	–
Сумма, з/б Суворова	–	–	–	–	0,18	0,18	2,92	0,08

Что касается среднегодовых концентраций микроэлементов в атмосферных осадках в экспериментальной базе им. Суворова за 2011–2013 гг., то по всем микроэлементам они были выше, чем в г. Минске за 2011–2015 гг. С атмосферными осадками в среднем за 3 года на поверхность почвы ежегодно поступало марганца 0,18 кг/га, меди – 0,18, цинка – 2,92 и кобальта – 0,08 кг/га. При этом поступление

меди с осадками на поверхность почвы было в 1,1 раза, цинка – в 1,2 и кобальта – в 2,3 раза ниже, чем в г. Минске (табл. 3).

Для расчета хозяйственного баланса в Республике Беларусь используются следующие величины потерь элементов питания при вымывании (Рвыщ.), кг/га. Для дерново-подзолистых *легкосуглинистых* почв: $N_{\text{общ}}$ – 16, P_2O_5 – 0,2, K_2O – 11, CaO – 64, MgO – 13, SO_4 – 24 кг/га; *супесчаных, развивающихся на связных породах*: $N_{\text{общ}}$ – 18, P_2O_5 – 0,1, K_2O – 20, CaO – 65, MgO – 14, SO_4 – 25 кг/га; *супесчаных, развивающихся на рыхлых породах*: $N_{\text{общ}}$ – 20, P_2O_5 – 0,1, K_2O – 26, CaO – 69, MgO – 15, SO_4 – 26 кг/га; *песчаных, развивающихся на песках*: $N_{\text{общ}}$ – 39, P_2O_5 – 0,1, K_2O – 33, CaO – 78, MgO – 25, SO_4 – 34 кг/га.

По данным многолетних лизиметрических исследований (1981–2012 гг.) среднегодовые потери (за 32 г.) элементов (Рвыщ.) из слоя (1,0–1,5 м) дерново-подзолистых почв разного гранулометрического составили (табл. 4):

из дерново-подзолистых суглинистых почв:

- *легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке*: $N_{\text{общ}}$ – 12,2 кг/га, P_2O_5 – 0,13, K_2O – 6,7, Ca – 44,4 (CaO – 62,1), Mg – 9,3 (MgO – 15,4), SO_4 – 21,6 (S – 7,2), Na – 21,0, Cl – 48,3, гидрокарбонатов (HCO_3) – 31,2, кг/га, при потерях водорастворимого органического вещества (ВОВ) 14,3 кг/га и сухом остатке – 161,1 кг/га;

- *легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке (агрозем)*: $N_{\text{общ}}$ – 18,8 кг/га, P_2O_5 – 1,04, K_2O – 12,6, Ca – 56,1 (CaO – 78,5), Mg – 14,2 (MgO – 23,5), SO_4 – 22,4 (S – 7,5), Na – 17,6, Cl – 42,8, гидрокарбонатов – 54,0 кг/га, ВОВ – 18,0 кг/га и сухом остатке – 239,6 кг/га;

- *легкосуглинистой, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком*: $N_{\text{общ}}$ – 27,7 кг/га, P_2O_5 – 0,13, K_2O – 7,7, Ca – 68,4 (CaO – 95,7), Mg – 15,1 (MgO – 25,1), SO_4 – 25,6 (S – 8,6), Na – 26,1, Cl – 56,9, гидрокарбонатов – 74,6, ВОВ – 22,1 кг/га, сухом остатке – 217,8 кг/га;

- *легкосуглинистой, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком*: $N_{\text{общ}}$ – 25,0 кг/га, P_2O_5 – 0,10, K_2O – 8,5, Ca – 56,9 (CaO – 79,6), Mg – 11,8 (MgO – 19,6), SO_4 – 22,1 (S – 7,4), Na – 21,7, Cl – 44,9, гидрокарбонатов – 35,0, ВОВ – 20,7 и сухом остатке – 217,8 кг/га.

Для сравнения: из почвообразующей породы (лессовидный суглинок, взятый из глубины 1,5–3,0 м): $N_{\text{общ}}$ – 11,1 кг/га, P_2O_5 – 0,12, K_2O – 11,7, Ca – 57,4 (CaO – 80,3), Mg – 16,0 (MgO – 26,5), SO_4 – 19,0 (S – 6,3), Na – 23,0, Cl – 53,1, гидрокарбонатов – 118,4, ВОВ – 19,7 кг/га, сухом остатке – 254,0 кг/га;

из дерново-подзолистых супесчаных почв:

- *супесчаной, развивающейся на супеси связной, подстилаемой с глубины 0,45 м прослойкой песка на контакте, а с глубины 0,70 м моренным суглинком*: $N_{\text{общ}}$ – 34,8 кг/га, P_2O_5 – 0,25, K_2O – 10,4, Ca – 109,4 (CaO – 153,1), Mg – 17,4 (MgO – 28,8), SO_4 – 26,2 (S – 8,8), Na – 21,6, Cl – 53,5, гидрокарбонатов – 154,4, ВОВ – 26,4 и сухом остатке – 416,7 кг/га;

- *супесчаной, развивающейся на супеси рыхлой, сменяемой с глубины 0,3 м связным песком, а с глубины 0,5 м рыхлым песком*: $N_{\text{общ}}$ – 29,1 кг/га, P_2O_5 – 0,1, K_2O – 28,7, Ca – 55,5 (CaO – 77,6), Mg – 19,6 (MgO – 32,5), SO_4 – 24,1 (S – 8,0), Na – 25,7, Cl – 59,3, гидрокарбонатов – 53,6, ВОВ – 24,7 и сухом остатке – 313,7 кг/га;

Таблица 4

**Потери химических элементов из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых почв Республики Беларусь
(среднее из лизиметров 1,0–1,5 м, за 1981–2012 гг.)**

Название почвы	Сухой остаток*, кг/га	ВОВ, кг/га	Потери при вымывании, кг/га										
			K ₂ O	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	Cl	N-NO ₃	SO ₄	HCO ₃	P ₂ O ₅	N _{общ}
1. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, лиз. 1, 2	161,1	14,3	6,7	21,0	44,4	9,3	0,26	48,3	11,6	21,6	31,2	0,129	12,2
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	295,0	18,0	12,6	17,6	56,1	14,2	0,33	42,8	18,5	22,4	54,0	1,038	18,8
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11,12	254,0	19,7	11,7	23,0	57,4	16,0	0,32	53,1	10,8	19,0	118,4	0,123	11,1
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	217,8	22,1	7,7	26,1	68,4	15,1	0,50	56,9	27,2	25,6	74,6	0,125	27,7
5. Дерново-палево-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	217,8	20,7	8,5	21,7	56,9	11,8	0,49	44,9	24,6	22,1	35,0	0,095	25,0
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси связной, подстилаемой с глубины 0,45 м прослойкой песка на контакте, а с глубины 0,70 м моренным суглинком, лиз. 7, 8	416,7	26,4	10,4	21,6	109,4	17,4	0,64	53,5	34,2	26,2	154,4	0,251	34,8
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси рыхлой, сменяемой с глубины 0,3 м связным песком, а с глубины 0,5 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	313,7	24,7	28,7	25,7	55,5	19,6	0,46	59,3	28,6	24,1	53,6	0,084	29,1
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на связанном песке, сменяемом с глубины 0,25 м рыхлым песком, лиз. 13–16	558,9	31,3	40,8	27,1	69,3	20,4	1,10	59,7	39,9	31,0	71,8	0,137	40,9
НСР ₀₅	27,6	2,3	0,9	1,5	6,1	0,9	0,03	3,4	2,0	1,6	6,6	0,01	1,7

Примечание. * сухой остаток – по средним данным за 1981–1991 гг.

из песчаных почв:

• *песчаных, развивающихся на связном песке, сменяемом с глубины 0,25 м рыхлым песком: N_{общ} – 40,9 кг/га, P₂O₅ – 0,14, K₂O – 40,8, Ca – 69,3 (CaO – 97,0), Mg – 20,4 (MgO – 33,8), SO₄ – 31,0 (S – 10,4), Na – 27,1, Cl – 59,7, гидрокарбонатов – 71,8, ВОВ – 31,3 и сухом остатке – 558,9 кг/га.*

Следует учитывать, что потери элементов питания при вымывании из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых существенно изменяются в зависимости от степени увлажнения года, что наглядно видно на примере потерь общего азота (табл. 5).

Таблица 5

Потери при вымывании азота общего с лизиметрическими водами из слоя 1,0–1,5 м пахотных почв в различные по степени увлажнения годы (1981–2012 гг.)

Название почв	Потери при вымывании общего азота, кг/га					
	степень увлажнения года					
	влаж-ные	опти-мальные	сла-боза-сушли-вые	за-суш-ли-вые	очень за-суш-ли-вые	соотно-шение, влажных/опти-мальным, раз
1. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, лиз. 1, 2	19,3	11,3	8,8	4,2	10,3	1,71
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	29,6	18,4	14,6	6,9	10,9	1,61
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11,12	20,3	8,2	8,7	5,7	3,3	2,48
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	38,0	19,6	24,2	27,7	35,0	1,94
5. Дерново-палево-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	33,2	12,8	27,2	23,6	36,5	2,59
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси связной, подстилаемой с глубины 0,45 м прослойкой песка на контакте, а с глубины 0,70 м моренным суглинком, лиз. 7, 8	47,7	21,8	31,0	40,0	43,5	2,19
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси рыхлой, сменяемой с глубины 0,3 м связным песком, а с глубины 0,5 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	43,0	22,8	20,0	39,0	35,6	1,89
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемом с глубины 0,25 м рыхлым песком, лиз. 13–16	48,9	36,4	29,9	53,4	43,5	1,34

Примечание. Влажные годы – 1982, 1985, 1990, 1993, 1998, 2006, 2008, 2009; оптимальные – 1984, 1987, 1988, 1989, 1996, 2001, 2004, 2005, 2010 гг.; слабозасушливые – 1981, 1986, 1991, 1994, 1997, 2003, 2007, 2011, 2012 гг.; засушливые – 1983, 1992, 1995, 2000 гг.; очень засушливые – 1999, 2002 гг.

Во влажные годы потери азота за счет вымывания увеличиваются в 1,3–2,6 раза (в зависимости от гранулометрического состава). Аналогичные закономерности прослеживаются по вымыванию и других элементов питания.

Результатами лизиметрических исследований, проведенных на станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в период 2011–2015 гг., установлены незначительные потери при вымывании марганца, меди, цинка и кобальта из слоя 1,0–1,5 м изучаемых почв (табл. 6)

Таблица 6

Потери микроэлементов при вымывании из дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава, кг/га в год (2011–2015 гг.)

Вариант	Потери, кг/га в год			
	медь	марганец	цинк	кобальт
<i>Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва</i>				
Контроль	0,006	0,020	0,091	0,024
Стандартные удобрения	0,004	0,014	0,045	0,034
<i>Дерново-подзолистая связносупесчаная почва</i>				
Контроль	0,012	0,021	0,046	0,023
Стандартные удобрения	0,006	0,018	0,047	0,026
<i>Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная почва</i>				
Контроль	0,008	0,024	0,063	0,015
Стандартные удобрения	0,005	0,016	0,071	0,015
<i>Среднее</i>				
Контроль	0,009	0,022	0,067	0,021
Стандартные удобрения	0,005	0,016	0,054	0,025

В частности, потери микроэлементов из дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на легких лессовидных суглинках почвы составили: в контрольном варианте без удобрений: марганца – 20 г/га, в варианте со стандартными туками (в оптимальных дозах под культуры севооборота) – 14 г/га, меди – 6 и 4 г/га, цинка – 94 и 45 г/га, кобальта – 24 и 34 г/га; из связносупесчаной, подстилаемой с глубины с глубины 0,70 м моренным суглинком: марганца – 21 (контроль) и 18 (с удобрениями) г/га, меди – 12 и 6, цинка – 46 и 47, кобальта – 23 и 26 г/га; рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 0,25 м рыхлым песком – марганца 24 (контроль) и 16 (удобрениями) г/га, меди – 8 и 5, цинка – 63 и 71, кобальта – 15 г/га (в варианте без удобрений и с удобрениями).

ВЫВОДЫ

На основании проведенных многолетних лизиметрических исследований и полученных экспериментальных данных по поступлению элементов питания и их потерям при вымывании (1981–2012 гг.) и микроэлементов (2011–2015 гг.) при расчете баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь рекомендуется внести поправки:

1. В приходную статью баланса – внести корректировки по содержанию элементов питания в атмосферных осадках (По), в том числе: азота – 25,8 (нитратно-

го – 10,2, аммонийного – 14,9) кг/га, P_2O_5 – 0,8, K_2O – 9,0, Ca – 34,0 (CaO 47,6), Mg – 4,1 (MgO – 6,8) и SO_4 – 54,7 (S – 18,3) кг/га;

2. В расходную статью баланса необходимо внести поправки по среднегодовым потерям элементов питания с 1 га пахотных почв (Рвыщ.), полученные в среднем по обобщенным многолетним данным:

- для дерново-подзолистых суглинистых: $N_{общ}$ – 16 кг/га, P_2O_5 – 0,13, K_2O – 10, CaO – 70, Mg – 20, SO_4 – 22 кг/га;

- для дерново-подзолистых суглинистых и связносупесчаных, развивающихся на связных породах: $N_{общ}$ – 26 кг/га, P_2O_5 – 0,16, K_2O – 10, CaO – 110, Mg – 25, SO_4 – 25 кг/га;

- для дерново-подзолистых супесчаных, развивающихся на рыхлых породах: $N_{общ}$ – 29 кг/га, P_2O_5 – 0,10, K_2O – 29, CaO – 78, Mg – 33, SO_4 – 24 кг/га;

- для дерново-подзолистых песчаных: $N_{общ}$ – 41 кг/га, P_2O_5 – 0,14, K_2O – 41, CaO – 97, Mg – 34, SO_4 – 31 кг/га;

3. Для сельхозпроизводителей важно учитывать и потери при вымывании других элементов и соединений (водорастворимого органического вещества – ВОВ, натрия, хлоридов и гидрокарбонатов), сведения, по потерям которых приведены в таблице 4.

4. Получены новые экспериментальные данные по поступлению микроэлементов с атмосферными осадками (Минск, лизиметрическая станция и экспериментальная база им. Суворова) и их потери при вымывании в среднем за 5 лет (2011–2015 гг.). Поступление микроэлементов с атмосферными осадками (Пм) составило: марганца – 178 г/га, меди – 180, цинка – 3238, кобальта – 133 г/га; потери при вымывании из слоя 1,0–1,5 м дерново-подзолистых суглинистых и связносупесчаных почв – марганца – 18 г/га, меди – 7, цинка – 57 и кобальта – 27 г/га; из дерново-подзолистых рыхлосупесчаных – марганца – 20 г/га, меди – 7, цинка – 67 и кобальта – 15 г/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.
2. Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 256 с.
3. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2007. – 24 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Пироговская, Г.В. Инfiltrация атмосферных осадков из дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяных почв под монокультурой многолетних бобово-злаковых трав / Г.В. Пироговская // Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия: материалы Международной научно-практической конференции и V съезда почвоведов и агрохимиков, Минск, 22–26 июня, 2015 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В.В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Ч. 1. – С. 193–196.

6. Изменение почвенных показателей и запас элементов питания в процессе длительного сельскохозяйственного использования (1980–2012 гг.) / Г.В. Пироговская, О.И. Исаева // Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия: материалы Международной научно-практической конференции и V съезда почвоведов и агрохимиков, г. Минск, 22–26 июня, 2015 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В.В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Ч. 2. – С. 201–204.

7. Потери элементов питания растений / И.А. Шильников [и др.]. – М.: LAP Lambert academic Publishing, 2015. – 502 с.

ENTER OF MACRO AND MICROELEMENTS WITH ATMOSPHERIC PRECIPITATION AND THEIR LOSSES BY REMOVAL FROM SOD-PODSOLIC SOILS OF DIFFERENT TEXTURE

G.V. Pirogovskaja, A.I. Isayeva

Summary

The enter of macro and microelements with atmospheric precipitation and their losses by removal in subsoil waters depending on texture of sod-podzolic soils, forms and doses of applied fertilizers (according to the long-term supervision lead on lysimeter station in Minsk during 1981–2015) are presented.

Поступила 27.11.2015

УДК 631.8:631.51:631.445

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В КОРОТКОРОТАЦИОННОМ СЕВООБОРОТЕ НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

А.И. Фатеев¹, Я.В. Бородина¹, В.М. Мартыненко², Н.Г. Собко³

¹*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского», г. Харьков, Украина*

²*Сумский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины», г. Сумы, Украина*

³*Институт сельского хозяйства Северного Востока, г. Сумы, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Высокопродуктивное устойчивое развитие аграрного производства определяется в первую очередь плодородием почвы. Под плодородием понимают способность почвы обеспечивать растения питательными веществами, водой, воздухом, теплом и благоприятными фитосанитарными условиями, которые не-