

КРУГОВОРОТ ОСНОВНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. ЛУКИН, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский»
E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Резюме. В статье проанализированы основные закономерности круговорота азота, фосфора и калия в земледелии Белгородской области за период 1964-2009 гг. Агрохимическое обследование в первом пятилетнем цикле проводили на площади 1558,5 тыс. га, во втором – 1596,3, в третьем – 1558,9, четвертом – 1500,2, пятом – 1462,9, шестом – 1417,3, седьмом – 1373,6, восьмом – 1310,7 тыс. га.

Дефицитный баланс азота в земледелии региона складывался в 1964-1970 и 2000-2009 гг., однако его интенсивность в эти годы была вполне приемлемой – 87,8...92,2 %. На протяжении 1976-1994 гг. интенсивность баланса азота составляла 128,1...162,5 %. Средневзвешенное содержание легкогидролизуемых форм этого элемента на протяжении 1984-2009 гг. практически не изменилось и составляло 156...160 мг/кг.

Баланс фосфора в 1964-1994 гг. был положительным, причем в 1984-1989 гг. его поступление в 2,4 раза превышало вынос. В 2000-2009 гг. баланс этого элемента стал отрицательным (интенсивность 67,6...77,1 %), что привело к снижению концентрации его подвижных форм в почве на 15 мг/кг (11,5 %).

Баланс калия в 1976-1983 гг. был близким к бездефицитному, в 1984-1989 гг. положительным, а во время остальных циклов агрохимического обследования – дефицитным. В 1990-2009 гг. средневзвешенное содержание подвижных форм этого элемента находилось в пределах 126...128 мг/кг.

В целом сокращение использования удобрений привело к существенному ухудшению баланса основных элементов минерально-го питания растений в земледелии Белгородской области. Однако средневзвешенное содержание в почвах области легкогидролизуемого азота и подвижных форм калия пока не изменилось, а подвижных форм фосфора – снизилось на 11,5 %.

Ключевые слова: азот, азотфиксация, баланс, вынос элементов питания, денитрификация, калий, круговорот, фосфор

Важнейшее условие устойчивого функционирования агроландшафтов – регулирование биологического круговорота веществ. Немецкий ученый Ю. Либих еще в первой половине XIX в. установил, что если не принимать мер к возвращению в почву питательных элементов, то падение её плодородия будет неизбежным. Для характеристики круговорота биогенов в агрохимии широко используют расчеты баланса (разность между приходом и расходом элемента). Дефицит биогенных элементов в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции, но и к снижению устойчивости агроландшафтов. В этой связи его компенсация рассматривается, как экологически обусловленная задача [1]. По мнению Д.Н. Прянишникова, для обеспечения систематического роста урожаев, необходимо возвращать почву 80 % азота и калия и 100 % фосфора [2].

Результаты расчета баланса элементов питания в земледелии крупных регионов во многом условны, поскольку базируются на усредненных справочных и статистических материалах, экстраполяции результатов полевых опытов. Поэтому их корректность во многом зависит от правильности подбора исходной информации [3].

Цель наших исследований – рассчитать хозяйственный баланс элементов питания в земледелии Белгородской области.

Условия, материалы и методы. К приходным статьям баланса относили поступление элементов с семенами, минеральными и органическими удобрениями. Для азота дополнительно учитывали сим-

биотическую и несимбиотическую азотфиксацию [4]. Размеры несимбиотической азотфиксации принимали равными 8 кг/га посевной площади, за исключением посевов бобовых культур [5].

При расчёте расходных статей хозяйственного баланса учитывали отчуждение с основной продукцией главных сельскохозяйственных культур и потери со смытой почвой. При определении выноса с урожаем использовали справочные данные по содержанию азота, фосфора и калия в продукции и статистические сведения о ее валовых сборах (включая отчуждаемую с полей солому) по следующим культурам: озимая пшеница, озимая рожь, яровой ячмень, яровая пшеница, овес, гречиха, просо, горох, соя, кукуруза на зерно и силос, сахарная свекла, подсолнечник, картофель, однолетние и многолетние травы [6]. Потери азота со смытой почвой для территории Белгородской области приняты в размере 7,3, фосфора – 4,9, калия – 37,2 тыс. т/год [7].

Для азота учитывали газообразные потери из удобрений в результате денитрификации в размере 15% [5, 8]. Кроме того, в методических указаниях рекомендуют учитывать поступление азота с осадками, которое для центральных областей России составляет 5...6 кг/га и размеры вымывания из почвы, которые для лесостепной зоны также равны 5...6 кг/га. Принимая во внимание одинаковые размеры поступления и расхода азота по этим статьям баланса, в расчетах их не учитывали.

Агрохимическое обследование в первом цикле было проведено на площади 1558,5 тыс. га, во втором – 1596,3, третьем – 1558,9, четвертом – 1500,2, пятом – 1462,9, шестом – 1417,3, седьмом – 1373,6, восьмом – 1310,7 тыс. га.

Результаты и обсуждение. Дефицитный баланс азота в земледелии Белгородской области складывался в 1964-1970 и 2000-2009 гг., что связано с низким уровнем использования удобрений. Однако его интенсивность (отношение приходной статьи к расходной, выраженное в процентах) в эти годы была вполне приемлемой – 87,8...92,2 %. На протяжении 1976-1994 гг. интенсивность баланса азота составляла 128,1...162,5 %, и в основном достигалась в результате использования минеральных удобрений. Такой факт, с одной стороны, можно считать позитивным, поскольку положительный баланс способствует стабилизации азотного фонда почвы. С другой, сильное превалирование поступления этого элемента с удобрениями над его выносом с урожаем свидетельствует о неэффективном использовании средств химизации (см. табл.).

На протяжении 1964-2009 гг. с минеральными удобрениями в агроландшафты поступало 38,8...61,9 % азота, с органическими – 6,6...21,2, с семенами – 2,1...5,6, за счёт симбиотической азотфиксации – 15,0...24,9, несимбиотической – 4,9...16,0 %. Отчуждение этого элемента из агроландшафтов происходило в основном с урожаем сельскохозяйственных культур (79,6...84,5 %). Со смытой почвой терялось 6,3...10,6 %, а в результате денитрификации – 5,3...14,2 % от его общего расхода.

Дефицитный баланс азота в земледелии пока негативным образом не отразился на содержании в пахотных почвах области легкогидролизуемых форм этого элемента. Средневзвешенное их содержание на протяжении 1984-2009 гг. практически не изменилось и составляло 156...160 мг/кг.

Таблица. Хозяйственный баланс азота, фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в земледелии

Показатель	Годы							
	1964-1970	1971-1975	1976-1983	1984-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009
Азот								
Приходные статьи, тыс. т:								
минеральные удобрения	25,5	46,3	70,3	109,1	67,4	28,0	33,7	53,4
органические удобрения	13,7	17,1	26,1	38,4	31,3	14,1	7,1	5,7
мимбиотическая азотфиксация	12,4	17,1	20,3	28,4	36,7	17,5	17,3	15,4
несимбиотическая азотфиксация	10,5	10,9	10,5	9,3	8,8	8,3	8,5	8,6
семена	3,7	3,7	3,7	3,8	3,4	3,0	2,9	3,1
Всего	65,8	95,1	130,9	189,0	147,6	70,9	69,5	86,2
Расходные статьи, тыс. т:								
вынос с продукцией	60,3	71,0	78,3	92,6	97,8	57,6	66,8	80,9
смык почвы	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
денитрификация	3,8	6,9	10,5	16,4	10,1	4,2	5,1	8,0
Всего	71,4	85,2	96,1	116,3	115,2	69,1	79,2	96,2
Баланс								
± тыс. т	-5,6	9,9	34,8	72,7	32,4	1,8	-9,7	-10,0
± кг/га посева	-3,6	6,1	22,3	48,5	20,7	1,3	-7,1	-7,6
± кг/га пашни	-3,4	6,0	21,0	44,0	19,6	1,1	-5,9	-6,1
Интенсивность, %	92,2	111,6	136,2	162,5	128,1	102,6	87,8	89,6
Фосфор								
Приходные статьи, тыс. т:								
минеральные удобрения	19,6	24,4	34,1	72,1	56,7	15,0	14,7	21,3
органические удобрения	7,0	8,7	13,3	19,6	16,0	7,2	3,6	2,9
семена	1,5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4
Всего	28,1	34,7	49,0	93,1	74,1	23,5	19,6	25,6
Расходные статьи, тыс. т:								
вынос с продукцией	22,2	27,2	28,5	33,4	34,2	20,9	24,1	28,3
смык почвы	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Всего	27,1	32,1	33,4	38,3	39,1	25,8	29,0	33,2
Баланс:								
± тыс. т	1,0	2,6	15,6	54,8	35,0	-2,3	-9,4	-7,6
± кг/га посева	0,6	1,6	10,0	36,5	23,9	-1,6	-6,8	-5,8
± кг/га пашни	0,6	1,6	9,4	33,2	21,2	-1,4	-5,7	-4,6
Интенсивность, %	103,7	108,1	146,7	238,1	189,5	91,1	67,6	77,1
Калий								
Приходные статьи, тыс. т:								
минеральные удобрения	16,0	25,3	48,8	71,6	35,8	7,0	14,3	20,7
органические удобрения	15,2	19,0	29,0	42,7	34,8	15,6	7,9	6,4
семена	1,8	1,9	1,7	1,4	1,6	1,7	1,6	1,7
Всего	33,0	46,2	79,5	115,7	72,2	24,3	23,8	28,8
Расходные статьи, тыс. т:								
вынос с продукцией	35,0	46,8	51,2	63,0	60,0	37,1	36,9	35,6
смык почвы	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2
Всего	72,2	84,0	88,4	100,2	97,2	74,3	74,1	72,8
Баланс:								
± тыс. т	-39,2	-37,8	-8,9	15,5	-25,0	-50,0	-50,3	-44,0
± кг/га посева	-25,2	-23,4	-5,7	10,3	-17,1	-35,3	-36,6	-33,6
± кг/га пашни	-23,7	-22,9	-5,4	9,4	-15,1	-30,2	-30,5	-26,7
Интенсивность, %	45,7	55,0	89,9	115,5	74,3	32,7	32,1	39,6

Баланс фосфора в земледелии области на протяжении 1964-1994 гг. был положительным, причем в 1984-1989 гг. его поступление с удобрениями в 2,4 раза превышало вынос с урожаем и потеря смытой почвой. Практически в эти годы фосфорные удобрения на большинстве площадей вносили «в запас». Следствием положительного баланса стало существенное увеличение содержания подвижных форм фосфора в пахотных почвах – с 55 мг/кг в 1964-1970 гг. до 131 мг/кг в 1995-1999 гг. В 2000-2009 гг. баланс этого элемента стал отрицательным (интенсивность 67,6...77,1 %), что привело к снижению концентрации его подвижных форм в почве на 15 мг/кг (11,5 %).

В 1964-2009 гг. с минеральными удобрениями в агроландшафты поступало 63,8...83,2 % фосфора, с органическими – 11,3...30,6, с семенами – 1,5...6,6 %. Отчуждение этого элемента происходило в основном с урожаем сельскохозяйственных культур (81,0...87,5 %), со смываемой почвой терялось 12,5...19,0 % его общего расхода (см. табл.).

Баланс калия, рассчитанный с учетом эрозионных потерь, в 1976-1983 гг. был близким к бездефицитному, в 1984-1989 гг. – положительным, а во время остальных циклов агрохимического обследования – дефицитным.

На протяжении 1964-2009 гг. с минеральными удобрениями в агроландшафты поступало 28,8...71,9 % калия, с органическими – 22,2...64,2, с семенами – 2,1...7,0 %. Отчуждение этого элемента на 48,5...61,7 % происходило с урожаем сельскохозяйственных культур, на 37,1...51,5 % – со смываемой почвой (см. табл.).

Дефицитный баланс калия пока не привел к снижению обеспеченности почв подвижными формами этого элемента. В 1990-2009 гг. их средневзвешенное содержание находилось в пределах 126...128 мг/кг.

Корреляционная связь между параметрами баланса и содержанием подвижных форм элементов питания в почве не всегда очевидна. При расчетах баланса учитывается приход и расход общих (валовых) запасов питательных элементов. Общие запасы азота, фосфора и калия в пахотном слое чернозёмов достаточ-

но велики и составляют, соответственно: 8,0...10,0, 4,0...7,5, 50,0...75,5 т/га, тогда как запасы подвижных форм этих элементов в среднем находятся на уровне 0,48, 0,35 и 0,39 т/га.

В почве существует динамическое равновесие между подвижными и малоподвижными формами питательных веществ. Поэтому высокоплодородные почвы, к которым относятся чернозёмы, некоторое время могут сохранять накопленный потенциал даже при отрицательном балансе основных элементов питания. При этом результаты многочисленных полевых опытов убедительно свидетельствуют, что длительное возделывание сельскохозяйственных культур при от-

рицательном балансе элементов питания неизбежно приводит к снижению плодородия почв и уменьшению продуктивности земледелия.

Выводы. Таким образом, сокращение использования удобрений привело к существенному ухудше-

нию баланса азота, фосфора и калия в земледелии Белгородской области. Однако средневзвешенное содержание в почвах легкогидролизуемого азота и подвижных форм калия пока не изменилось, а подвижных форм фосфора – снизилось на 11,5 %.

Литература.

1. Лукин С.В., Явтушенко В.Е., Солдат И.Е. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии Белгородской области // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2000. – №6. – С. 29-31.
2. Прянишников Д.Н. Агрохимия. – М.: 1952. – Т. 1. – 735 с.
3. Лукин С.В. Закономерности изменения баланса элементов питания в земледелии Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – №8. – С. 28-30.
4. Иванов А.Л. и др. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание. – М.: «Росинформагротех», 2010. – 464 с.
5. Сычёв В.Г., Музыкантов П.Д., Панкова Н.К. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция. – М.: ЦИНАО, 1999. – 34 с.
6. Кореньков Д.А. Справочник агрохимика. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 286 с.
7. Шатилов И.С., Силин А.Д., Полев Н.А. Состояние и перспективы повышения плодородия почв в Центрально-Чернозёмном экономическом районе РСФСР. // Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области: Материалы совместного заседания президиума ВАСХНИЛ и президиума Всероссийского отделения ВАСХНИЛ (6-7 июня 1989 г., г. Белгород). – М.: Росагропромиздат, 1990. – С. 33-43.
8. Лукин С.В. Трансформация и баланс азота удобрений при осеннем внесении на разные глубины типичного чернозёма // Агрохимия. – 1992. – №12. – С. 3-7.

ROTATION OF MAIN NUTRIENTS IN AGRICULTURE IN BELGOROD REGION

S.V. Lukin

Summary. Agrochemical investigations from the first to the eighth five-year cycles were carried out in areas 15 585, 15 963, 15 589, 15 002, 14 629, 14 173, 13 736, and 13 107 sq km, correspondingly.

Deficient nitrogen balance in soils of the region developed in 1964-1970 and 2000-2009, but its intensity in those years was quite admissible – 87.8...92.2 %. During 1976-1994 the intensity of nitrogen balance was 128.1...162.5 %. During 1984-2009 the weighted average content of easy hydrolysable forms of this element was 156...160 mg/kg and virtually did not change.

In 1964-1994 phosphorus balance was positive, and in 1984-1989 its influx was 2.4 times higher its carry-over. In 2000-2009 the balance of this element became negative (intensity was 67.6...77.1 %), resulting in lower concentration of its mobile forms in soil by 15 mg/kg (11.5 %). Potassium balance in 1976-1983 was close to deficit-free one, and in 1984-1989 it was positive, but in other cycles of agrochemical inspection it was deficient. In 1990-2009 the weighted average content of mobile forms of this element was 126...128 mg/kg.

In general, reducing of the fertilization use caused a significant deterioration of the main element balance of plant mineral nutrition in soils in Belgorod region. However, weighted average content of easy hydrolysable forms of nitrogen and mobile forms of potassium has not yet changed, and content of phosphorus mobile forms decreased by 11.5 %.

Key words: nitrogen, nitrogen fixation, balance, nutrient leaching, denitrification, potassium, rotation, phosphorus.