

## **ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА**

УДК 631.582:631.53(476)

*П. И. НИКОНЧИК*

### **БАЛАНС АЗОТА В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СЕВООБОРОТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ ПОСЕВОВ**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино, Республика Беларусь,  
e-mail: izis@tut.by*

*(Поступила в редакцию 17.11.2012)*

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, продукции хорошего качества, обеспечения экологической безопасности окружающей среды необходимо создание и поддержание оптимального содержания макро- и микроэлементов в почве, что можно обеспечить дозированным внесением всех видов удобрений. Агрохимические свойства почв находятся в зависимости от уровня применения удобрений и сами влияют на их эффективность [2].

Взаимосвязь содержания органического вещества и азота в почве с ее плодородием и урожаем сельскохозяйственных культур доказана многочисленными исследованиями. И. В. Тюрин (1956) пришел к выводу, что проблема поддержания и восстановления плодородия почв непосредственно связана с проблемой поддержания и восстановления в почвах запасов азота в органической форме гумусовых веществ, т. е. при использовании подзолистых почв необходимо поддерживать бездефицитный и даже создавать положительный баланс азота.

Различные сельскохозяйственные культуры и севообороты с разной структурой посевов оказывают неодинаковое влияние на биологический круговорот веществ. В зависимости от набора и соотношения культур существенно меняется вынос и возврат в почву элементов питания, поэтому при разработке специализированных севооборотов наряду с экономическим обоснованием необходима их агротехническая оценка, одним из элементов которых является азотный режим почвы.

Баланс питательных веществ является научной основой для разработки структуры посевных площадей и систем удобрения в севооборотах. Он позволяет определить степень обеспеченности питательными веществами растений, обосновательно применять удобрения и регулировать содержание питательных веществ в почве при максимальном содержании непродуцированных потерь. Сочетание культур и удобрений должно быть направлено на повышение запасов азота в почве.

**Объекты и методы исследований.** В наших исследованиях мы изучали баланс азота в севооборотах с разной структурой посевов с тем, чтобы установить возможность накопления его в почве в зависимости от насыщения севооборотов многолетними травами, пропашными и зерновыми культурами. При расчете приходная часть баланса складывалась из поступления азота с удобрениями, семенами, фиксации бобовыми культурами и несимбиотической фиксации свободно живущими микроорганизмами. В расходную часть включали вынос с урожаями и газообразные потери из почвы и удобрений. Поступление азота с удобрениями и семенами определено по фактически внесенному количеству в опытах. Фиксация азота клубеньковыми и свободно живущими микроорганизмами, а также газообразные потери рассчитаны на основе литературных источников. Приход азота с атмосферными осадками и вымывание фильтрующимися водами как взаимно уравновешенные величины в статье баланса не включали. По наблюдениям

И. Г. Захарченко и др. [4], М. А. Бобрицкой [1], Г. С. Пироженко и др. [7], на суглинистой почве азота из корнеобитаемого слоя вымывается около 4–5 кг/га в год, примерно такое же количество азота поступает в почву с атмосферными осадками.

На основе литературных данных (В. К. Михновский и др. [6]; В. П. Трепачев и др. [10]) размеры фиксации атмосферного азота бобовыми культурами приняты 75% для клевера и 33% для горохо-овсяной смеси на зеленый корм от содержания его в растительной массе.

Приход азота за счет фиксации из воздуха свободноживущими микроорганизмами В. И. Тюрин [9], В. К. Михновский [6], Н. А. Сапожников [8] принимали в размере 5–10 кг/га, В. П. Трепачев [10] в зависимости от насыщенности севооборота азотными удобрениями – от 1 до 20 кг/га. Мы в наших расчетах с учетом окультуренности почвы приняли 5 кг/га.

Величину газообразных потерь азота из удобрений на основании обобщения Н. И. Борисовой [2] и Б. Н. Макарова [5] приняли в размере 25% от количества внесенного органическими и минеральными удобрениями.

Исследования проводили в 1978–2010 гг. в стационарном опыте в экспериментальной базе «Жодино» Смолевичского района Минской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на легком песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 50–70 см моренным суглинком. Пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН<sub>KCl</sub> 6,4, содержание гумуса – 2,44%, общего азота – 0,126%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 240 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 220 мг/кг почвы.

Всего исследовали 20 схем севооборотов, из которых 2–9-польные, 9–8-польные, 1–6-польный, 2–5-польные, 4–4-польные, 1–3-польный, 1–2-польный. По типам изучаемые севообороты относятся к полевым и кормовым. Предназначены для хозяйств, специализирующихся на производстве молока, говядины, свинины и мяса птицы. По видам включают: зернотравянопропашные (полный плодосмен), зернотравяные, зернопропашные, зерновые, травянопропашные, пропашные. В исследуемых севооборотах удельный вес основных культур составляет: зерновых – от 37,5 до 75%; многолетних трав – от 12,5 до 50%; однолетних трав – от 11,1 до 40%; пропашных – от 12,5 до 100%; промежуточных культур – от 12,5 до 25%.

В изучаемых севооборотах, в которых исследовали баланс азота, принято следующее чередование культур:

*севооборот 1* (зернотравянопропашной): 1 – озимая рожь на з. м. + горохоовес поукосно, 2 – озимая пшеница, 3 – клевер + тимофеевка 1-го г. п., 4 – клевер + тимофеевка 2-го г. п., 5 – ячмень + пожнивные, 6 – картофель, 7 – ячмень, 8 – озимая рожь;

*севооборот 9* (зернотравянопропашной): 1 – озимая рожь на з. м. + горохо-овес поукосно, 2 – озимая пшеница, 3 – клевер, 4 – ячмень + пожнивные, 5 – пропашные (картофель, кукуруза), 6 – ячмень, 7 – клевер, 8 – озимая рожь;

*севооборот 6* (зернотравяной): 1 – озимая рожь на з. м. + редька масличная на з. м. поукосно, 2 – ячмень, 3 – клевер + тимофеевка 1-го г. п., 4 – клевер + тимофеевка 2-го г. п., 5 – озимая рожь + пожнивные, 6 – овес, 7 – ячмень, 8 – клевер, 9 – озимая пшеница;

*севооборот 7* (травянозерновой): 1 – горохоовес на з. м., 2 – клевер + злаки 1-го г. п., 2 – клевер + злаки 2-го г. п., 3 – клевер + злаки 3-го г. п., 4 – клевер + злаки 4-го г. п., 5 – ячмень, 6 – озимая рожь, 7 – овес;

*севооборот 12* (зерновой с клевером и пропашными): 1 – озимая рожь на з. м. + горохоовес поукосно, 2 – озимая пшеница, 3 – картофель, 4 – ячмень, 5 – клевер, 6 – ячмень, 7 – озимая рожь + пожнивные, 8 – овес;

*севооборот 13* (зерновой с клевером): 1 – озимая рожь, 2 – клевер, 3 – озимая пшеница + пожнивные, 4 – овес, 5 – озимая рожь, 6 – клевер, 7 – ячмень + пожнивные, 8 – овес;

*севооборот 2* (зернопропашной): 1 – озимая рожь + пожнивные, 2 – картофель, 3 – ячмень, 4 – озимая рожь, 5 – кукуруза, 6 – яровая пшеница, 7 – овес;

*севооборот 15* (пропашной): 1 – картофель, 2 – корнеплоды, 3 – кукуруза.

В качестве промежуточных культур в севооборотах изучали: озимую рожь на зеленую массу, после уборки которой в поукосных посевах возделывали однолетние бобовые культуры; подсевной однолетний райграс под люпин и горохо-овсяную смесь; пожнивные крестоцветные культуры (редьку масличную, горчицу белую, рапс озимый). Пожнивные культуры изучали с использованием на корм и зеленое удобрение в чистом виде и в сочетании с соломой.

В севооборотах использовали подстилочный навоз в дозе 11,2 т на 1 га пашни (по 45 т/га дважды за 8-летнюю ротацию). Минеральные удобрения под каждую культуру применяли в следующих дозах: под зерновые –  $N_{80}P_{60}K_{100}$ , пропашные –  $N_{120}P_{90}K_{150}$ , клевер –  $P_{90}K_{150}$ , клевер + злаки 2-го г. п. –  $N_{90}P_{90}K_{150}$ , злаковые травы –  $N_{180}P_{90}K_{150}$ .

**Результаты и их обсуждение.** В наших опытах как хозяйственный, так и почвенный баланс азота в большой степени зависел от вида севооборота, определяемого их структурой посевов. Хозяйственный баланс (табл. 1) с наибольшим положительным значением складывался в травянозерновом севообороте и зерновом с двумя полями клевера, где в среднем за год приход превысил расход на 20–21 кг/га (сев. 7, 13). С меньшей положительной величиной (11–16 кг/га) он оказался в зернотравянопропашных, зерновым с одним полем клевера, зернотравяном и зернопропашном севооборотах (1, 9, 12, 6, 2). Наибольшее превышение прихода над расходом отмечено в пропашном севообороте (15), хотя и здесь баланс можно охарактеризовать как бездефицитный.

В приходной части баланса основные место занимают поступления вносимых удобрений (80,6–94,6%). В севооборотах с многолетними травами существенное значение имеет фиксация азота из воздуха бобовыми культурами и в частности клевером, а также, хотя и в меньшей степени, горохом, высеваемым в виде горохо-овсяной смеси на зеленую массу в занятом пару.

Наибольшее количество биологического азота, поступающего в почву с корневыми остатками за счет фиксации бобовыми культурами (23 кг/га в год), отмечено в зернотравяном севообороте (6), где многолетние травы (33,3%) высевали в виде клевера одногодичного пользования и на разрыве в двух полях в виде клеверо-тимофеечной смеси при двухгодичном использовании, а также в севооборотах с 25% многолетних трав (9, 13) с двумя полями клевера одногодичного пользования (19–20 кг/га в год). В севообороте с двухгодичным использованием клеверо-тимофеечной смеси биологического азота поступало в почву несколько меньше (17 кг/га), чем в севообороте с таким же удельным весом многолетних трав (25%) при возделывании в двух полях на разрыве клевера одногодичного пользования (20 кг/га). Еще меньше (12 кг/га) его поступало в травянозерновом севообороте (7) с четырехгодичным использованием клеверо-злаковой смеси (с 3-го года травостой злаковый), несмотря на более высокий удельный вес трав в севообороте (50%). Приведенные данные о биологической фиксации отражают количество поставленного в почву азота на 1 га севооборотной площади. Что касается непосредственно площади трав, то на 1 га клевера одногодичного пользования количество, поставляемого в почву биологического азота вместе с корневыми остатками, составило при полученных урожаях 75 кг, клеверо-злаковой смеси при двухлетнем пользовании – 63 кг, при четырехлетнем использовании – 22 кг. За счет горохо-овсяной смеси в почву поступало всего лишь 7 кг/га. От количества азота, поставляемого в почву с органическими и минеральными удобрениями, наибольшая доля фиксированного бобовыми культурами биологического азота отмечена в зернотравяном севообороте с 33,3% трав (6), где она составила 17,3%. Не намного уступали этому севообороту и севообороты (9, 13) с двумя полями клевера одногодичного пользования (14,0–14,7%). В севообороте с двухгодичным использованием клеверо-тимофеечной смеси (1) названный показатель был несколько ниже (11,6%), чем в севообороте с таким же удельным весом трав (25%) при возделывании клевера одногодичного пользования в двух полях на разрыве (9). Значительно меньше поступало в почву биологического азота в севообороте 7 при четырехлетнем использовании клеверо-злаковой смеси – 7,9% от азота удобрений, а также в севообороте 12 с одним полем клевера (12,5%) – 6,8%.

По-разному в различных видах севооборотов складывался и почвенный баланс азота (табл. 2). Наибольшее его накопление в почве отмечено в зернотравяном севообороте (6), несмотря на то что с удобрениями здесь внесено меньше азота, чем в других видах севооборотов, особенно без многолетних трав. За 24-летний период его накопление составило 111,8% к исходному уровню. Это объясняется, во-первых, дополнительным поступлением азота за счет возделывания клевера, во-вторых, большим количеством синтезируемой органической массой в виде корней и пожнивных остатков и, в-третьих, менее интенсивной минерализацией органического вещества почвы

Таблица 1. Хозяйственный баланс азота в различных видах севооборотов, кг/га севооборотной площади

№ севооборота	Вид севооборота	Продолжительность ротации, лет	Структура посевов, %				Вариант *	Поступление азота в почву				Расход азота			Баланс, ±		
			зерновые	однолетние травы	многолетние травы	пропашные		промежуточные	с удобрениями	с семенами	фиксация бобовыми культурами из воздуха	несимбиотическая фиксация	всего	вынос с урожаями		газообразные потери	всего из почвы
1	Зерногравянопропашной	8	50	12,5	25 КТ2	12,5	25	а	147	5	17	5	174	126	37	163	+11
9	Зерногравянопропашной	8	50	12,5	25 Кл1.. Кл1	12,5	25	б	3528	120	408	120	4178	3024	888	3912	+266
6	Зерногравяной	9	55	11,1	33,3 Кл1.. К2	–	25	б	3264	120	480	120	3984	2880	816	3696	+288
7	Травянозерновой	8	37,5	12,5	50 К34	–	12,5	а	152	3	12	5	172	113	38	151	+21
12	Зерновой	8	62,5	12,5	12,5 Кл1	12,5	25	б	3648	72	288	120	4128	2712	912	3624	+504
13	Зерновой	8	75	–	25 Кл1.. Кл1	–	25	а	136	3	19	5	163	109	34	143	+20
2	Зернопропашной	7	71,5	–	–	28,6	14,3	а	159	5	–	5	169	113	40	153	+16
15	Пропашной	3	–	–	–	100	–	б	3816	120	–	120	4056	2712	960	3672	+384
								а	176	5	–	5	186	141	44	185	+1
								б	4224	120	–	4464	3384	1056	4440	+24	+24

Примечание: Кл1 – клевер одногодичного пользования, КТ2 – клевер с тимфеевкой двухлетнего пользования, К34 – клевер с клевером + злаки четырехлетнего пользования. То же для табл. 2, 3.

\* Вариант «а» – в среднем за год за 1977–2001 гг., вариант «б» – сумма за эти же годы.

Т а б л и ц а 2. Почвенный баланс азота в пахотном слое (0–20 см) в зависимости от вида севооборота

Номер севооборота в опыте	Вид севооборота	Продолжительность ротации, лет	Структура посевов, %				Содержание азота, %				Запасы, кг/га			
			зерновые	однолетние травы	многолетние травы	пропашные	промежуточные	в начале опыта (исходное) 1977 г.	через 24 года, 2001 г.	± к исходному (баланс)	в начале опыта (исходное) 1977 г.	через 24 года, 2001 г.	± к исходному (баланс)	% к исходному
1	Зерноотравапропашной	8	50	12,5	25 Кт2	12,5	25	0,130	0,136	+0,006	3120	3264	+144	104,6
9	Зерноотравапропашной	8	50	12,5	25 Кл1., Кл1	12,5	25	0,127	0,137	+0,010	3048	3288	+240	107,9
6	Зерноотрава	9	55	11,1	33,3 Кл1., КТ2	–	25	0,119	0,133	+0,014	2856	3192	+336	111,8
7	Траваотрава	8	37,5	12,5	50 К34	–	12,5	0,116	0,127	+0,011	2784	3048	+264	109,5
12	Зерновой с клевером и пропашной культурой	8	62,5	12,5	12,5 Кл1	12,5	25	0,128	0,133	+0,005	3072	3192	+120	103,9
13	Зерновой с клевером	8	75	–	25 Кл1., Кл1	–	25	0,125	0,134	+0,009	3000	3261	+261	108,7
2	Зерноотрава	7	71,5	–	–	28,6	14,3	0,122	0,117	–0,005	2928	2749	–179	93,9
15	Пропашной	3	–	–	–	100	–	0,135	0,128	–0,007	3240	2993	–247	92,4

виду меньшего количества обработок в севообороте. Растения потребляют из почвы подвижные формы азота, которые могут легко вымываться в некорнеобитаемые слои или в результате денитрификации (в газообразном состоянии) улетучиваются в атмосферу. Перевод этих форм азота в состав органического вещества означает закрепление его в почве. Это еще одно свидетельство возрастающей роли травосеяния в условиях роста применения минеральных удобрений.

За зернотравяным севооборотом по накоплению в почве азота с небольшим отрывом от него шли травяно-травяной (7), зерновой с двумя полями клевера на разрыве (13) и зернотравяно-пропашной с двумя полями клевера одногодичного пользования (9) – 107,9–109,5% к исходному. При этом следует отметить, что размеры увеличения содержания азота в почве зависели не только от удельного веса многолетних трав в севообороте, но и от режима их использования. Например, в севообороте с двумя полями клевера одногодичного пользования на разрыве (сев. 9) его накапливалось больше, чем в севообороте с двухлетним использованием в смеси с тимофеевкой (сев. 1) при одинаковом удельном весе (25%) – 107,9 и 104,6% к исходному содержанию соответственно. В севообороте 6 при 33,3% многолетних трав, где они возделывались в виде клевера одногодичного пользования и на разрыве (через 3 года) в виде клеверо-timoфеечной смеси, увеличение к исходному содержанию составило 111,8%, а в севообороте 7 при 50% клеверо-злаковой смеси при четырехлетнем использовании – 109,5%. Объясняется это тем, что в севооборотах 9 и 6 вспашку травяного пласта после уборки трав проводили ежегодно в двух полях, а в севооборотах 1 и 7 – в одном поле, следовательно, в первом случае больше поступало в почву корневых и поверхностных остатков и содержащегося в них азота.

Наименьшее количество азота закреплялось в почве в зернопропашном (2) и пропашном (15) севооборотах, где полностью отсутствовали многолетние травы, несмотря на то что в этих севооборотах приход азота в почву за счет удобрений был выше (см. табл. 1), чем в севооборотах с многолетними травами. Почвенный баланс в этих севооборотах был отрицательным и составил 93,9% к исходному уровню в зернопропашном севообороте и 92,4% в пропашном. Это связано с наименьшим накоплением органического вещества в почве в связи с меньшим поступлением корневых и поверхностных растительных остатков и более сильной его минерализацией под пропашными культурами, причем поставляемые в почву растительные остатки более бедны по содержанию в них азота.

Следовательно, в условиях республики на травопригодных, благоприятных для клеверосеяния землях, зернотравянопропашная и особенно пропашная системы, как всеобщие с точки зрения плодородия почвы, не могут быть приемлемы. Из хозяйственных соображений такие системы, как исключение, могут применяться только на отдельных полях, например, возделывание кукурузы на прифермских участках. Для бездефицитного содержания гумуса и азота потребуется внесение в повышенных дозах органических удобрений.

Таким образом, в создании бездефицитного и положительного баланса азота в почве наряду с применением органических и минеральных удобрений большое значение имеет структура посевных площадей в севообороте. Закрепление азота тесно связано с синтезированием органической массы в виде корней и пожнивных остатков. Возделывание в севооборотах клевера и клеверо-злаковой смеси увеличивает содержание в почве органического вещества и связанного с ним азота.

Насыщение севооборота пропашными культурами уменьшает поступление растительных остатков, усиливает минерализацию органического вещества почвы и уменьшает закрепление в ней азота из внесенных органических и минеральных удобрений.

В наших опытах баланс азота изучали в одной увязке с продуктивностью севооборотов. Следует сказать, что классический севооборот предусматривает чередование трех групп культур: зерновых, бобовых, пропашных, например, озимые зерновые – пропашные – яровые зерновые с подсевом клевера-клевер. Специализация земледелия требует сокращения набора культур и сужения их чередования. Наши исследования показали, что в условиях достаточного применения удобрений, средств защиты растений и соблюдения технологии возделывания культур это возможно. В длительном опыте специализированные зернотравяные севообороты, включа-

ющие зерновые культуры, многолетние и однолетние бобовые травы (сев. 6), по продуктивности не уступал зернотравянопропашным севооборотам, включающим зерновые, многолетние и однолетние травы и пропашные культуры (сев. 1, 9). Выход кормовых единиц с 1 га пашни составлял 85,1 и 83,8–87,9 ц, переваримого протеина – 8,67 и 8,06–8,44 ц соответственно. Замена пропашной культуры (картофеля, кукурузы) клевером не снизила продуктивности севооборота. Зернотравяной севооборот (6) по выходу кормовых единиц не уступал также зернопропашному севообороту (2), обеспечившему 80,1 ц/га к. ед., и превосходил его по сбору переваримого протеина (4,96 ц/га). Следует сказать, что зернотравяные севообороты обеспечивают наибольшую эффективность в том случае, когда травосеяние ведется на бобовой (клевер, люцерна) и бобово-злаковой основе с использованием клеверо-злаковых смесей не более двух лет. В сев. 7, где клеверо-злаковая смеси использовалась четыре года (с третьего года травостой злаковый), продуктивность пашни была ниже (79,4 ц/га к. ед.), чем в сев. 6, где многолетние травы возделывали в виде сочетания клевера одногодичного использования и на разрыве клеверо-тимофеечной смеси двухгодичного пользования (85,1 ц/га к. ед.). Зернотравяные севообороты с оптимизированной структурой трав на бобовой и бобово-злаковой основе могут применяться в хозяйствах, специализирующихся на откорме крупного рогатого скота, а также в других хозяйствах в системе контурно-экологических севооборотов на полях, где не возделываются пропашные культуры.

Следовательно, совершенствование структуры многолетних трав в севооборотах с заменой злаковых травостоев бобовыми обеспечивает не только повышение продуктивности пашни, но и экономию азотных удобрений. За счет совершенствования их структуры и режимов использования (видовой состав, уровень концентрации, продолжительность использования, период возврата на прежнее поле) возможно снизить затраты минерального азота на 1 га севооборотной площади до 30% и более без снижения и даже при повышении продуктивности пашни. В севообороте с двумя полями клевера одногодичного пользования (сев. 9) затраты азотных удобрений на 1 га пашни на 16% были ниже, а продуктивность севооборота на 4,1 ц/га к. ед. выше, чем в севообороте с такой же структурой (сев. 1), но двухлетним использованием клеверо-тимофеечной смеси. Еще большие различия в специализированном и травянозерновом (7) севооборотах с более высоким удельным весом многолетних трав. В севообороте, где многолетние травы (33% от площади пашни) возделывали в виде клевера одногодичного пользования и на разрыве в виде клеверо-тимофеечной смеси двухлетнего использования (сев. 6), затраты азотных удобрений были снижены на 31% при одновременном повышении продуктивности 1 га пашни на 5,7 ц/га к. ед. по сравнению с севооборотом, где многолетние травы в виде клеверо-злаковой смеси использовались четыре года (сев. 7).

Повышение продуктивности пашни и экономия азотных удобрений на гектар земельной площади в севооборотах с многолетними бобовыми травами способствовали повышению окупаемости минерального азота, снижению его затрат на единицу получаемой продукции (табл. 3). В зернотравянопропашном севообороте (9) с двумя полями клевера одногодичного пользования и зернотравяном севообороте (6), где одногодичное использование клевера сочеталась с двухгодичным использованием клеверо-тимофеечной смеси на 1 кг азота минеральных удобрений, приходится наибольший выход кормовых единиц (110 кг) и переваримого протеина (10,5–11,0 кг). Достаточно высокими эти показатели были и в зерновом севообороте (13) с двумя полями клевера одногодичного пользования – 98 и 8,9 кг соответственно. В севообороте с двухгодичным использованием клеверотимофеечной смеси (сев. 1) окупаемость азота минеральных удобрений была несколько ниже, чем в севообороте с двумя полями клевера одногодичного пользования (сев. 9). В севооборотах с многолетними травами наименьшее количество кормовых единиц (71 кг) и переваримого протеина (7,0 кг) приходилось на 1 кг минерального азота в травянозерновом севообороте (7) с четырехлетним использованием клеверо-злаковой смеси. Сравнительно низкими эти показатели, особенно по переваримому протеину, были в зернопропашном и пропашном севооборотах без многолетних трав, хотя дозы азотных удобрений на 1 га были более высокими.

Таблица 3. Продуктивность различных видов севооборотов и окупаемость азота минеральных удобрений

Номер севооборота в опыте	Вид севооборота	Продолжительность ротации, лет	Доза азота минеральных удобрений, кг/га*	Структура посевов, %				Сбор с 1 га пашни, ц		Приходится на 1 кг азота минеральных удобрений, кг		
				зерновые	однолетние травы	многолетние травы	пропашные	промежуточные	кормовых единиц	переваримого протеина	кормовых единиц	переваримого протеина
1	Зернопрയാнопропашной	8	95	50	12,5	25 Кл2	12,5	25	83,8	8,06	88	8,5
9	Зернопрയാнопропашной	8	80	50	12,5	25 Кл1.. Кл1	12,5	25	87,9	8,44	110	10,5
6	Зерноотравяной	9	77	55	11,1	33,3 Кл1.. Кл2	-	25	85,1	8,67	110	11
7	Травянозерновой	8	112	37,5	12,5	50 КЗ4	-	12,5	79,4	7,82	71	7,0
12	Зерновой	8	90	62,5	12,5	12,5 Кл1	12,5	25	80,4	6,68	89	7,4
13	Зерновой	8	80	75	-	25 Кл1.. Кл1	-	25	78,1	7,15	98	8,9
2	Зернопропашной	7	100	71,5	-	-	28,6	14,3	80,1	4,96	80	5,0
15	Пропашной	3	120	-	-	-	100	-	94,9	6,07	79	5,1

\* Азотные удобрения в севооборотах применяли в составе НРК в рекомендуемых дозах на фоне 11,2 т навоза на 1 га пашни.



## Выводы

1. При внесении удобрений в рекомендуемых дозах как хозяйственный, так и почвенный баланс азота в большой степени зависит от вида севооборота, определяемого структурой посевов. Хозяйственный баланс с наибольшим положительным значением складывался в травянозерновом севообороте с 50% многолетних клеверо-злаковых трав и зерновом с двумя полями клевера (25%), где приход превысил расход на 20–21 кг/га в год. За ними с положительной величиной следовали зерновой с клевером (12,5% клевера), зернотравяной (33,3% многолетних трав), зернотравянопропашные (12,5% многолетних трав), зернопропашной с балансом +11...+16 кг/га в год. Наименее положительным баланс оказался в пропашном севообороте (+1,0 кг/га в год).

2. В приходной части баланса основное место занимают поступления от вносимых органических и минеральных удобрений – 80,6–94,6%, в том числе от минеральных – 46,7–64,5%. В севооборотах с многолетними и однолетними бобовыми культурами существенное значение имеет фиксация азота из воздуха. В среднем за год на 1 га клевера количество поставляемого в почву биологического азота составило 75 кг, клеверо-тимофеечной смеси при двухлетнем использовании – 63 кг и при четырехлетнем использовании – 22 кг. За счет горохо-овсяной смеси на зеленую массу поступало в почву всего лишь 7 кг/га. На 1 га севооборотной площади наибольшее количество биологического азота за счет фиксации бобовыми культурами поступало в почву в зернотравяном севообороте с 33,3% бобовых и бобово-злаковых многолетних трав (сев. 6) – 23 кг/га в год, а также в зернотравянопропашном (9) и зерновом (13) севооборотах с двумя полями клевера одногодичного пользования (25%) – 19–20 кг/га, затем шли зернотравянопропашной севооборот (1) с двухгодичным использованием клеверо-тимофеечной смеси – 17 кг/га в год и травянозерновой севооборот (7) с четырехлетним использованием клеверо-злаковой смеси (50%) – 12 кг/га в год. От количества азота, поставляемого в почву с органическими и минеральными удобрениями, доля фиксированного бобовыми культурами биологического азота составила: в зернотравяном севообороте (6) – 17,3%, в зернотравянопропашном (9) и зерновом (13) – 14,0–14,7%, зернотравянопропашном (1) – 11,6%, травянозерновом (7) – 7,9% и зерновом (12) – 6,8%.

3. Почвенный баланс азота при применяемой системе удобрений (навоз + NPK) в значительной мере зависел от видового состава и соотношения культур, входящих в севооборот, и по-разному складывался в различных видах севооборотов. Наибольшее его накопление в пахотном слое (0–20 см) отмечено в зернотравяном севообороте (111,8% к исходному). За ним следовали: травянозерновой (109,5%), зерновой с двумя полями клевера (108,7%), зернотравянопропашной с двумя полями клевера (107,9%), зернотравянопропашной с двухлетним использованием клеверо-тимофеечной смеси (104,6%), зерновой с клевером и пропашной культурой (103,9%, зернопропашной (93,9%) пропашной (92,4%).

4. В севооборотах с многолетними травами увеличение содержания азота в почве зависит не только от удельного веса трав, но и от режима их использования в каждом севообороте. Важнейшее значение здесь имеет видовой состав, продолжительность использования и период возврата на прежнее поле. Увеличение продолжительности использования от одного года (клевер) до двух лет (клевер + тимофеевка) при одинаковом удельном весе (25%) и от одного-двух (клевер, клевер + злаки) до четырех (клевер + злаки) лет даже при большем удельном весе в севообороте (50% и 33,3%) приводило к уменьшению накопления азота в почве. Это обусловлено уменьшением поступления в почву органической массы в виде растительных остатков из-за сокращения кратности распашки травяного пласта в севооборотах.

5. В зернопропашном и пропашном севооборотах, исключая многолетние травы, баланс азота в почве складывался отрицательно. Применение навоза в дозе 11,2 т на 1 га пашни в данных севооборотах оказалось не достаточным для создания положительного баланса.

## Литература

1. Бобрицкая, М. А. Водная миграция азота и других элементов в профиле дерново-подзолистой почвы, как исходная статья при балансовых расчетах / М. А. Бобрицкая // Роль азота в земледелии дерново-подзолистых почв. – М., 1974. – С. 146–186.

2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2007–2010) / И. М. Богдевич [и др.] – Минск, 2012. – С. 4–5.
3. *Борисова, Н. И.* Изотопы в СССР / Н. И. Борисова. – 1976. – № 47. – С. 36–40.
4. *Захарченко, И. Г., Медведь Г. К.* Баланс азота, фосфора и калия в зерносвекловичном севообороте / И. Г. Захарченко, Г. К. Медведь // Агрехимия. – 1968. – № 5. – С. 73–81.
5. *Макаров, Б. Н.* Газообразные потери азота почвы и удобрений / Б. Н. Макаров // Агрехимия. – 1976. – № 12. – С. 120–128.
6. *Михновский, В. К.* Баланс питательных веществ и основные статьи их прихода и расхода в земледелии области / В. К. Михновский // Почвы Московской области. – М., 1974. – С. 573–618.
7. Баланс питательных веществ в севооборотах на глинисто-песчаных дерново-подзолистых почвах Полесья УССР / Г. С. Пироженко [и др.] // Агрехимия. – 1976. – № 10. – С. 66–74.
8. *Сапожников, Н. А.* Баланс азота в земледелии нечерноземной полосы и основные пути улучшения азотного питания культурных растений / Н. А. Сапожников // Азот в земледелии нечерноземной полосы. – Л., 1973. – С. 5–33.
9. *Тюрин, В. И.* Плодородие почв и проблемы азота в почвоведении и земледелии / В. И. Тюрин. – М., 1957. – 21 с.
10. *Трепачев, В. П.* О методике исследования азотного баланса почвы в длительных опытах / В. П. Трепачев // Почвоведение. – 1976. – № 3. – С. 137–149.

*P. I. NIKONCHIK*

## **NITROGEN BALANCE IN DIFFERENT CROP ROTATIONS DEPENDING ON CROP STRUCTURE**

### **Summary**

Different crops and crop rotations with a different crop structure have a different influence on biological interchange of the matter. Depending on the crops and their balance, removal and return of nutrients change greatly. That is why while developing specialized crop rotations it's necessary to take into account their agrotechnical evaluation along with the economic one. Nitrogen status is one of their elements.

The results of 24 year researches in the stationary experiment on the study of nitrogen balance in different types of crop rotations are discussed in the paper. The values of the accumulation of biological nitrogen in soil due to fixation through the air in crop rotations with leguminous and leguminous-cereal grasses were determined. Soil nitrogen balance, as well as economic one, is largely dependent on the type of crop rotation.