

ПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ АЗОТА И ЕГО БАЛАНС НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ РАЗНОЙ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**Н.Н. Цыбулько¹, С.С. Пунченко¹, А.М. Устинова¹,
В.Б. Цырибко¹, И.И. Жукова²**

*¹Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

*²Белорусский государственный педагогический университет,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Азотное питание растений является ведущим фактором в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Потребность растений в азоте удовлетворяется за счет почвенных запасов и применения азотных удобрений. Основным источником возмещения дефицита азота является применение азотных удобрений, которые обеспечивают повышение урожайности зерновых культур на 20–40 % и более, увеличивают содержание белка в зерне на 2–3 %. Наибольшую значимость приобретает изучение динамики и направленности внутрипочвенной трансформации азотистых соединений и баланса азота на эродированных почвах, поскольку отрицательное влияние эрозии наиболее сильно сказывается на плодородии почвы. Потери элементов питания в результате водной эрозии зависят от ее интенсивности и использования склоновых земель. С жидким стоком и смываемой почвой теряется до 250–450 кг/га гумуса, 5–20 азота, 5–15 – фосфора, 5–15 – калия, 5–25 – кальция, 2–10 кг/га – магния [1, 2].

Эрозионные процессы, приводя к смыву гумусового слоя и вовлечению в обработку иллювиального горизонта, значительно усугубляют данную проблему. С повышением эродированности почв, с одной стороны, существенно снижаются в них запасы общего и минерального азота, а с другой – увеличиваются потери его с процессами эрозии, что приводит к необходимости применения повышенных доз азотных удобрений.

Система применения азотных удобрений в эрозионных агроландшафтах должна быть дифференцированной и адаптированной к разным типам земель, обеспечивая минимальные потери азота и эффективное его использование. Эти требования к применению азота могут быть реализованы при детальной оценке баланса его с учетом разнообразия элементов рельефа и степени смывости почв.

Цель исследований заключалась в изучении динамики потребления и баланса азота в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности в зависимости от применения дифференцированных доз азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2012–2014 гг. на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии, расположенном на выпуклом склоне южной экспозиции крутизной 5–7°. Стоковые площадки расположены по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Объектом исследований являлись дерново-подзолистые легкосуглинистые несмытая, среднесмытая и сильносмытая почвы. Агрохимические показатели почв: незеродированная почва – pH_{KCl} – 5,74, гумус – 1,83 %, общий азот – 967 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 284 и 269 мг/кг соответственно; среднеэродированная почва – pH_{KCl} – 5,53, гумус – 1,78 %, общий азот – 689 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 277 и 263 мг/кг соответственно; сильноэродированная почва – pH_{KCl} – 5,52, гумус – 1,29 %, общий азот – 661 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 272 и 215 мг/кг соответственно.

Возделывали озимую пшеницу сорта Богатка. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные удобрения (калий хлористый) вносили перед посевом, азотные удобрения (карбамид) – в начале весенней вегетации и в подкормку в фазу выхода в трубку растений. Схема опыта предусматривала изучение доз азотных удобрений на почвах разной эродированности. В вариантах 2 дозы азота дифференцированы для незеродированной и эродированных почв от 100 до 130 кг/га действующего вещества, в вариантах 3 применяли среднюю дозу азота 110 кг/га независимо от эродированности почвы (табл. 1).

Таблица 1

Схема полевого опыта

Эродированность почвы	Варианты опыта	Дозы и сроки применения удобрений
Неэродированная	1	$P_{40}K_{70}$ – фон
	2	Фон + N_{100} (80 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)
	3	Фон + N_{110} (90 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)
Среднеэродированная	1	$P_{40}K_{70}$ – фон
	2	Фон + N_{120} (90 в начале весенней вегетации + 30 в фазу выхода в трубку)
	3	Фон + N_{110} (90 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)
Сильноэродированная	1	$P_{40}K_{70}$ – фон
	2	Фон + N_{130} (90 в начале весенней вегетации + 40 в фазу выхода в трубку)
	3	Фон + N_{110} (90 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)

Повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Агрохимические показатели почв определяли: гумус – по ГОСТ 26212–91 [3]; $pH_{(KCl)}$ – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [4]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [5], общий азот – по ГОСТ 26107–84 [6].

Хозяйственный (B_x) и удельный вынос (B_n) азота рассчитывали по формулам (1) и (2) [7]:

$$B_x = Y_{c.o} \cdot C_o + Y_{c.p} \cdot C_n; \quad (1)$$

$$B_N = B_x \cdot 10 / Y_{CT} \quad (2)$$

где $Y_{C.O.}$, $Y_{C.N.}$ – урожайность сухого вещества основной и побочной продукции соответственно, т/га; C_O , C_N – содержание элемента питания в сухом веществе основной и побочной продукции соответственно, %; Y_{CT} – урожайность основной продукции, т/га.

Баланс азота в почве определяли по принятой методике [8] (формула (3)):

$$B_N = (P_{MY} + P_O + P_C + P_H) - (P_{VYN} + P_{VYI} + P_{EP} + P_G), \quad (3)$$

где B_N – баланс азота, кг/га; P_{MY} – приход азота с минеральными удобрениями; P_O – поступление азота с осадками; P_C – приход азота с семенами; P_H – поступление азота с несимбиотической фиксацией; P_{VYN} – вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур; P_{VYI} – потери азота при выщелачивании; P_{EP} – потери азота с эрозией почв; P_G – газообразные потери азота.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По степени увлажнения 2012 г. характеризовался избыточным увлажнением с ГТК 2,04, а 2013 и 2014 годы – хорошей увлажненностью с ГТК 1,52 и 1,50 соответственно.

Анализ содержания азота в растениях озимой пшеницы и динамики формирования надземной биомассы в онтогенезе показал, что основная часть азота потребляется озимой пшеницей в период от всходов до фазы колошения. В фазу созревания наблюдается снижение потребления растениями данного макроэлемента. Так, на незэродированной почве в фазу трубкования величина потребления азота в варианте $P_{40}K_{70}$ составила 4,35 г/м², в фазу колошения – 12,09 г/м². К фазе созревания наблюдалось снижение поглощения азота, которое составило 8,84 г/м² (рис. 1).

На эродированных почвах проявлялись те же закономерности в динамике потребления азота озимой пшеницей, как и на незэродированной почве – основная часть его поглощалась растениями от всходов до фазы колошения. Однако вынос азота с надземной биомассой на этих почвах по всем фазам роста и развития растений был ниже по сравнению с незэродированной почвой. Так, на фоне $P_{40}K_{70}$ величина выноса азота на средне- и сильноосмытой почвах составила соответственно в фазу трубкования 2,92 и 2,19 г/м², в фазу колошения – 9,48 и 7,88 и в фазу созревания – 6,31 и 5,47 г/м². В целом на среднесмытой почве по сравнению с несмытой она была ниже по фазам роста и развития растений на 22–33 % (в среднем на 29 %), на сильноосмытой почве – на 35–50 (в среднем на 41 %).

Азотные удобрения способствовали существенному увеличению выноса азота с надземной биомассой озимой пшеницы. Так, применение перед посевом пшеницы на незэродированной почве N_{80} , а на средне- и сильноэродированных почвах по N_{90} (вариант 2) повысило по отношению к фосфорно-калийному фону величину потребления азота растениями в фазу трубкования в 2,1–2,7 раза.

Следует отметить, что доза предпосевного внесения азотных удобрений на эродированных почвах была выше на 10 кг/га по сравнению с незэродированной, однако вынос элемента с надземной биомассой на этих почвах был ниже в среднем на 30–36 %. Это обусловлено более высоким плодородием почвы, не подверженной водной эрозии и содержанием в ней минеральных соединений азота.

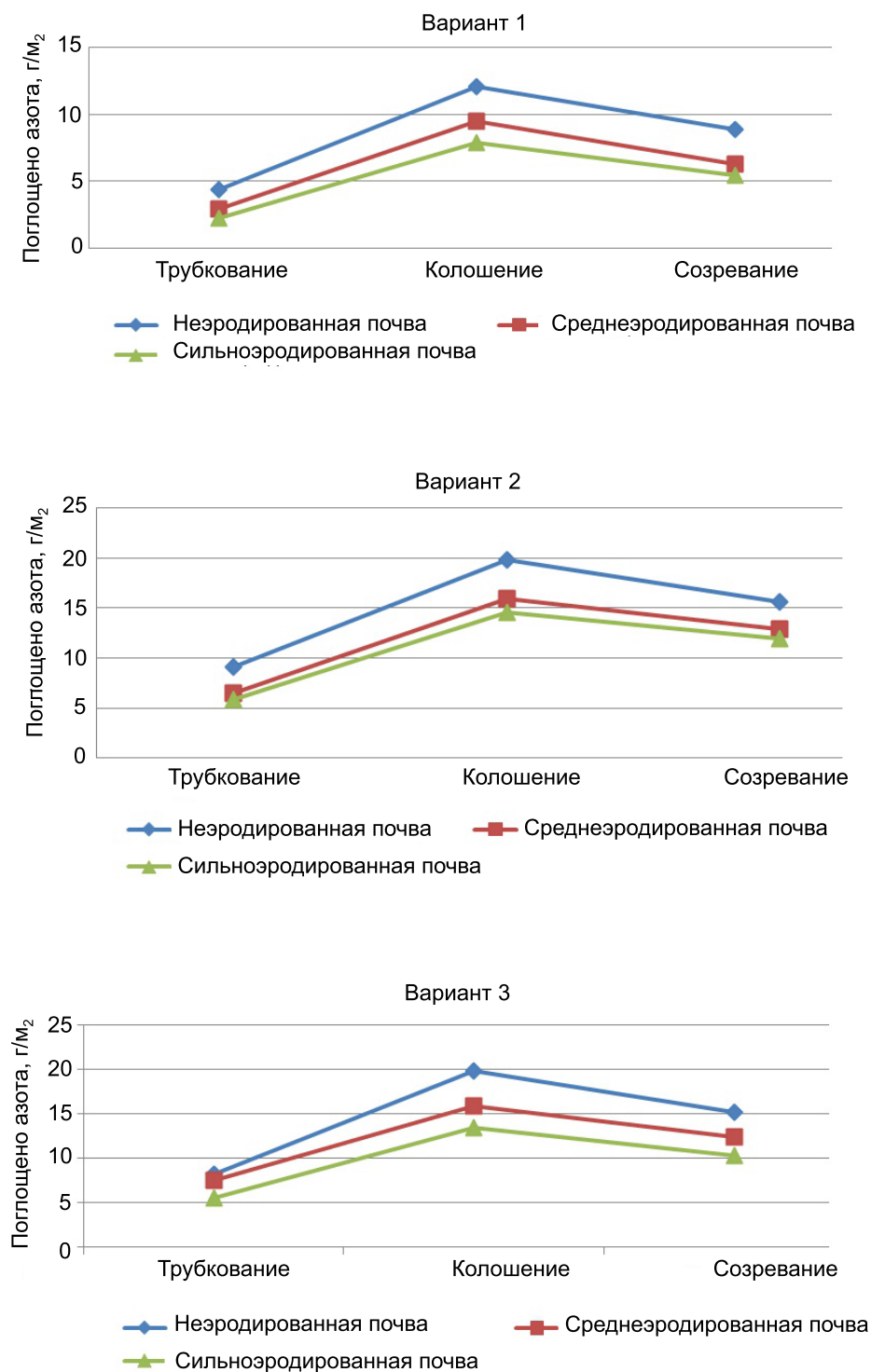


Рис. 1. Динамика потребления азота растениями озимой пшеницы по фазам их роста и развития

В варианте 3, где в основное внесение доза азотных удобрений составляла 90 кг/га на всех по степени эродированности почвах, вынос растениями азота в фазу трубкования на средне- и сильноэродированной почвах был ниже по отношению к незэродированной соответственно на 8 и 32 %.

Азотные подкормки посевов озимой пшеницы в фазу трубкования растений в дозах на незэродированной почве N_{20} , на среднеэродированной – N_{20-30} и на сильноэродированной почве – N_{20-40} способствовало существенному повышению выноса азота в фазу колошения.

Показателями, характеризующими режим азотного питания растений, агрономическую и экологическую целесообразность применения азотных удобрений являются: биологический и удельный вынос азота с урожаем основной и побочной продукции или величина потребления (поглощения) азота; коэффициент использования азота удобрений ($KI_{уд}$).

Величина относительного участия азота почвы и удобрений в выносе этого элемента урожаем сельскохозяйственных культур существенно зависит от ряда факторов. Принято считать, что чем выше окультуренность почвы, тем доленое участие азота удобрений в общем выносе азота урожаем снижается [9]. Доля азота почвы в выносе элемента с урожаем обычно выше, чем из удобрений, и может достигать 84–85 % [8].

Полученные данные свидетельствуют о преимущественном значении почвенного азота в питании растений и формировании урожая озимой пшеницы. В целом в выносе азота урожаем основной и побочной продукции азот удобрений ($N_{уд}$) занимал от 22 до 28 %, почвенный азот – от 72 до 78 % (табл. 2).

Таблица 2

Потребление азота почвы и удобрений озимой пшеницей в зависимости от доз азотных удобрений и эродированности почвы (в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант опыта	Всего, кг/га	В том числе азот, кг/га		N _{уд} в общем выносе, %	KI _{уд} , %
		почвы	удобрений		
Незродированная почва					
1. P ₄₀ K ₇₀	88,4	88,4	—	—	—
2. N ₁₀₀ P ₄₀ K ₇₀	152,0	115,7	36,2	24	36
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	156,4	122,1	34,3	22	31
Среднезродированная почва					
1. P ₄₀ K ₇₀	63,1	63,1	—	—	—
2. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	128,5	95,7	32,8	26	27
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	123,6	88,5	35,0	28	32
Сильнозродированная почва					
1. P ₄₀ K ₇₀	54,7	54,7	—	—	—
2. N ₁₃₀ P ₄₀ K ₇₀	119,5	90,9	28,6	24	22
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	102,7	75,2	27,5	27	25

На незэродированной почве удельный вес азота удобрений составлял 22–24 %, почвенного азота – 76–78 %. С увеличением эродированности почвы возрастала роль азота удобрений в питании растений и формировании урожая. Так, на

средне- и сильноэродированной почвах доля его в общем выносе с основной и побочной продукцией составила 26–28 и 24–27 % соответственно.

Исследования с меченым изотопом ^{15}N азотными удобрениями показали, что коэффициент использования азота удобрений сельскохозяйственными культурами на разных почвах колеблется от 12 до 70 % [10]. При обобщении результатов 289 опытов установлено, что этот показатель составляет в среднем 43 % [11]. К числу причин, снижающих коэффициент использования азота удобрений можно отнести: внесение азотных удобрений в дозах, несоответствующих физиологической потребности растений в азоте; высокая растворимость и быстрое превращение в почве выпускаемых форм азотных удобрений, приводя к потерям и уменьшению запасов соединений азота в почве.

На величину коэффициента использования азота значительное влияние оказывают дозы и сроки внесения азотных удобрений. При дробном внесении азота под зерновые культуры коэффициент его использования увеличивается на 3–21 % по сравнению с разовым применением [12–14].

В наших исследованиях коэффициент использования азота зависел от доз азотных удобрений, а эродированность почвы не оказала влияния на данный показатель. Так, в варианте 3, где на всех по степени смытости почвах вносили одинаковую дозу азота (N_{110}) $\text{KI}_{\text{уд}}$ составил 25–32 %. В варианте 2 с дифференцированным по склону применением удобрений наблюдалось снижение коэффициента использования азота с 36 % при дозе N_{100} на незэродированной почве до 22 % при дозе N_{130} на сильноэродированной почве.

Поскольку долевое участие азотных удобрений в формировании урожая основной и побочной продукции ниже, чем почвенного азота, то возникает вопрос, каким образом они способствуют существенному росту продуктивности сельскохозяйственных культур? Установлено, что азот удобрений в большей мере расходуется на образование зерна, чем соломы. В зерне может концентрироваться от 68 до 72 % всего поглощенного растениями азота удобрений, а в отдельные годы до 85 % общего выноса ^{15}N .

Установлено, что в общем выносе азота с основной (зерно) и побочной (солома) продукцией озимой пшеницы с зерном его потребляется от 78 до 89 %. Соотношение азота в зерне и соломе зависело от применения азотных удобрений, а эродированность почвы не оказала существенно влияния на этот показатель. Наблюдалась только тенденция увеличения удельного веса азота в зерне с повышением степени смытости почвы. В вариантах $\text{P}_{40}\text{K}_{70}$ вынос азота с основной продукцией составлял 88–89 %, а вариантах с применением азотных удобрений – 78–82 % (табл. 3).

Удельный вынос азота с 1 тонной продукции ($\text{B}_\text{н}$) озимой пшеницы изменялся по вариантам опыта и эродированности почвы. С увеличением степени смытости почвы он снижался. Так, в варианте $\text{P}_{40}\text{K}_{70}$ на несмытой почве $\text{B}_\text{н}$ составил 15,1 кг/т, на среднесмытой почве – 12,3 и на сильносмытой почве – 12,0 кг/т. При внесении азотных удобрений величина удельного выноса азота возрастала и колебалась в пределах 19,4–20,4 кг/т на незэродированной почве и 16,2–16,5 кг/т – на сильноэродированной почве.

Важной характеристикой эффективности использования удобрений является оценка состояния баланса элементов питания в системе почва–растение–удобрение. Показатели баланса отражают пути превращения и расхода элементов минерального питания растений. В практике наиболее широко применяется хо-

заяственный баланс, который определяется по валовому поступлению и отчуждению элементов питания.

Таблица 3

**Вынос азота с основной и побочной продукцией озимой пшеницы
в зависимости от доз азотных удобрений на почвах разной эродированности
(в среднем за 2012–2014 гг.)**

Вариант опыта	Общий вынос, кг/га	В том числе, кг/га		Азот в зерне, % от общего выноса	В _н , кг/т продукции
		зерном	соломой		
Неэродированная почва					
1. P ₄₀ K ₇₀	88,4	78,5	9,9	89	15,1
2. N ₁₀₀ P ₄₀ K ₇₀	156,4	127,8	28,6	82	19,4
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	152,0	120,7	31,2	79	20,4
Среднеэродированная почва					
1. P ₄₀ K ₇₀	63,1	55,5	7,6	88	12,3
2. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	128,5	100,4	28,1	78	17,0
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	123,6	97,0	26,6	78	17,8
Сильноэродированная почва					
1. P ₄₀ K ₇₀	54,7	48,9	5,7	89	12,0
2. N ₁₃₀ P ₄₀ K ₇₀	119,5	94,4	25,1	79	16,5
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	102,7	84,1	18,6	82	16,2

В наших исследованиях в структуре баланса основная часть поступления азота в почву приходилась на азотные удобрения ($\Pi_{м.у}$) – 100–130 кг/га, или 73–79 % (табл. 4). Поступление азота с атмосферными осадками ($\Pi_о$) по многолетним данным составляет 9,4 кг/га, с семенами ($\Pi_с$) – 3,0 кг/га. Для дерново-подзолистых почв средний норматив несимбиотической азотфиксации ($\Pi_н$) 15 кг/га [15].

Таблица 4

**Структура баланса азота в системе почва-растение
при возделывании озимой пшеницы (в среднем за 2012–2014 гг.)**

Вариант опыта	Приход азота, кг/га		Расход азота, кг/га	
	$\Pi_{м.у}$	$\Pi_о + \Pi_с + \Pi_н$	P _{вын}	P _{выщ} + P _{эр} + P _г
<i>Неэродированная почва</i>				
1. P ₄₀ K ₇₀	0	27,4	88,4	16,0
2. N ₁₀₀ P ₄₀ K ₇₀	100	27,4	156,4	41,0
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	110	27,4	152,0	43,5
<i>Среднеэродированная почва</i>				
1. P ₄₀ K ₇₀	0	27,4	63,1	26,0
2. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	120	27,4	128,5	56,0
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	110	27,4	123,6	53,5
<i>Сильноэродированная почва</i>				
1. P ₄₀ K ₇₀	0	27,4	54,7	31,0
2. N ₁₃₀ P ₄₀ K ₇₀	130	27,4	119,5	63,5
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	110	27,4	102,7	58,5

Главной расходной статьей баланса азота является вынос его с урожаем основной и побочной продукции ($P_{\text{вын}}$). При выщелачивании ($P_{\text{выщ}}$) теряется в среднем 16 кг/га, потери с эрозией ($P_{\text{эр}}$) на среднеэродированных почвах – 10 кг/га, на сильноэродированных – 15 кг/га. Газообразные потери азота ($P_{\text{г}}$) составляют 25 % от внесенной дозы азота.

Результаты расчета баланса азота при возделывании озимой пшеницы на почвах разной эродированности показали, что в почвах складывался отрицательный баланс элемента. Наиболее высокий дефицит азота отмечался в вариантах, где вносили только фосфорные и калийные удобрения. Интенсивность баланса (отношение прихода элемента к его расходу, выраженное в процентах) составила всего 26–32 %. Применение азотных удобрений в дозе N_{110} способствовало, особенно на эродированных почвах, значительному снижению дефицита азота и повышению интенсивности его баланса. На среднеэродированной почве увеличение дозы до 120 кг/га и на сильноэродированной – до 130 кг/га не привело к заметному улучшению обеспеченности в азоте и повышению интенсивности баланса элемента (табл. 5).

Таблица 5

**Баланс азота в системе почва-растение при возделывании озимой пшеницы
(в среднем за 2012–2014 гг.)**

Вариант опыта	Приход, кг/га	Расход, кг/га	Баланс, кг/га	Интенсивность баланса, %	Балансовый коэффициент, %
<i>Неэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	27,4	104,4	–77,0	26	–
2. $N_{100}P_{40}K_{70}$	127,4	197,4	–70,0	65	156
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	137,4	195,5	–58,1	70	138
<i>Среднеэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	27,4	89,1	–61,7	31	–
2. $N_{120}P_{40}K_{70}$	147,4	184,5	–37,1	80	107
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	137,4	177,1	–39,7	78	112
<i>Сильноэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	27,4	85,7	–58,3	32	–
2. $N_{130}P_{40}K_{70}$	157,4	183,0	–25,6	86	92
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	137,4	161,2	–23,8	85	93

Одним из показателей оценки обеспеченности растений в элементах минерального питания является балансовый коэффициент (коэффициент выноса), представляющий отношение выноса (кг/га) элементов питания растениями к их внесению (кг/га) с удобрениями, выраженный в процентах.

Наиболее высокие значения балансового коэффициента получены на неэродированной почве – 138–156 %, то есть вынос азота с урожаем превышал поступление с азотными удобрениями на 38–56 %. На среднеэродированной почве этот показатель составил 7–12 %. На сильноэродированной почве вынос элемента с урожаем был на 7–8 % ниже, чем дозы азотных удобрений.

Формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия проводится для определенных агроэкологических типов и групп земель, характеризующихся однородными условиями для возделывания культуры или групп культур. В свою очередь построение агроэкологических типов и групп земель осуществляется из

первичных элементов агроландшафта. В качестве первичного элемента агроландшафта рассматривается элементарный ареал агроландшафта, под которым понимается земельный участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой [10].

Почвенные катены в условиях эрозионных агроландшафтов могут иметь различные соотношения площадей почв разной степени смытости в зависимости от крутизны, длины и экспозиции склона. Поэтому в производственных условиях представляется технологически сложным внесение удобрений под сельскохозяйственную культуру, дифференцируя их дозы по элементам рельефа, то есть по степени смытости почвы.

На основе экспериментальных данных, полученных на разных частях склонового агроландшафта (на плакоре, в верхней и средней частях склона), определены средневзвешенные значения баланса азота при внесении азотных удобрений по всей почвенной катене. Условно были приняты земельные массивы (поля, рабочие участки), представленные короткими склонами с преобладанием плакорной части над склоновой (соотношение плакора к склоновой части 75% : 25%), со средней длиной склона (соотношение плакора к склоновой части 50% : 50%) и с длинными склонами при преобладании склоновой части (соотношение плакора к склоновой части 25% : 75%). На рис. 2 приведены результаты определения интенсивности баланса азота и балансовые коэффициенты.

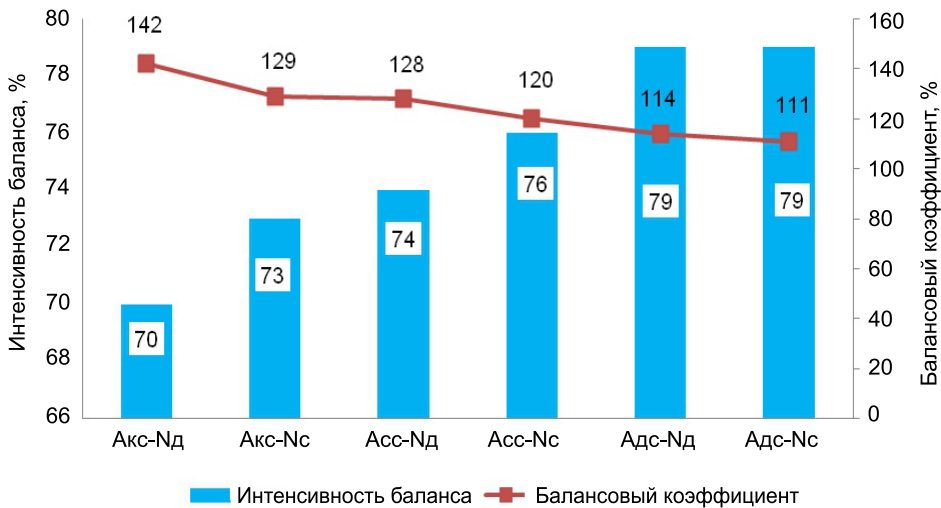


Рис. 2. Интенсивность баланса азота и балансовые коэффициенты при внесении азотных удобрений под озимую пшеницу в системе почвенно-эрозионной катены:

Акс, Асс и Адс – соответственно агроландшафты с преобладанием плакорной части над склоновой, равным соотношением плакорной и склоновой частей, с преобладанием склоновой части над плакорной; Нд и Нс – соответственно азотные удобрения применяли в дифференцированных и средних дозах по элементам эрозионного агроландшафта

Установлено, что в эрозионном агроландшафте с дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами в системе почвенной катены при преобладании плакорной части над склоновой частью интенсивность баланса азота практически не различается при внесении средних и дифференцированных по элементам склона

доз азотных удобрений, балансовый коэффициент при внесении средних доз азотных удобрений ниже на 13 % по сравнению с дифференцированным применением азотных удобрений.

В эрозионных ландшафтных массивах при равном соотношении плакорной и склоновой частей при внесении средних и дифференцированных по элементам склона доз азотных удобрений интенсивность баланса составила 74–76 %, балансовый коэффициент при внесении средних доз азотных удобрений снизился на 8 %.

При преобладании склоновой части над плакорной интенсивность баланса азота составила 79 %, балансовый коэффициент снизился всего на 3 % при внесении средних по элементам склона доз азотных удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Основная часть азота потребляется озимой пшеницей в период от всходов до фазы колошения. Вынос его с надземной биомассой на средне- и сильноэродированных почвах ниже по сравнению с незэродированной почвой в среднем на 20 и 30 % соответственно.

2. В выносе азота урожаем основной и побочной продукции азот удобрений занимает от 22 до 28 %, почвенный азот – от 72 до 78 %. С увеличением эродированности почвы возрастает роль азота удобрений в питании растений и формировании урожая. На средне- и сильноэродированных почвах доля его в общем выносе составляет соответственно 28 и 27 %. Коэффициент использования азота зависит от доз азотных удобрений, эродированность почвы несущественно влияет на этот показатель.

3. В общем выносе азота озимой пшеницей с зерном его потребляется от 78 до 89 %. Соотношение элемента в зерне и соломе зависит от доз применяемых азотных удобрений, а эродированность почвы не оказывает существенного влияния. Удельный вынос азота с 1 т продукции снижается с увеличением эродированности почвы.

4. При внесении только фосфорных и калийных удобрений отмечается высокий дефицит азота в питании озимой пшеницы, интенсивность баланса составляет 26–32 %. Применение азотных удобрений способствует, особенно на эродированных почвах, значительному снижению дефицита элемента. В эрозионном агроландшафте в системе почвенной катены при преобладании плакорной части над склоновой, а также при равном соотношении плакорной и склоновой частей и при преобладании склоновой части над плакорной внесение азотных удобрений в дифференцированных дозах не приводило к улучшению условий азотного питания растений озимой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потери гумуса и макроэлементов, вызываемые водной эрозией, из дерново-палево-подзолистых почв Белоруссии / В. В. Жилко [и др.] // Агрохимия. – 1999. – № 10. – С. 41–46.

2. Жукова, И.И. Развитие эрозионных процессов на дерново-подзолистых пылеватосуглинистых почвах Центральной провинции Беларуси при возделывании различных сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / И.И. Жукова; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – 18 с.

3. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26213-91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
4. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. – Введ. 07.01.86. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
5. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
6. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84. – Введ. 07.01.85. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
7. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
8. *Цыбулько, Н.Н.* Использование зерновыми культурами азота почвы и удобрений / Н.Н. Цыбулько, Д.В. Киселева, И.И. Жукова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 2. – С. 36–41.
9. *Семененко, Н.Н.* Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семененко, Н.В. Невмержицкий. – Минск: Хата, 1997. – 196 с.
10. *Семенов, В.М.* Слагаемые эффективности азотных удобрений в системе почва–растение и критерии их количественной оценки / В.М. Семенов // Агрохимия. – 1999. – № 5. – С. 25–32.
11. *Hauck, R.D.* Nitrogen fertilizers effects on nitrogen cycle processes / R.D. Hauck // Terrestrial nitrogen cycles: Ecol. Bull. Stockholm. – 1981. – № 33. – P. 551–562.
12. *Кудеяров, В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
13. *Семененко, Н.Н.* Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н.Н. Семененко. – Минск: Хата, 2003. – 164 с.
14. *Цыбулько, Н.Н.* Баланс азота удобрений в системе почва – растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.Н. Цыбулько, Д.В. Киселева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2 (41). – С. 145–155.
15. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2007. – 26 с.

NITROGEN CONSUMPTION BY PLANTS AND ITS BALANCE IN SOD-PODZOLIC SOILS OF DIFFERENT EROSION DEGREE IN THE PROCESS OF WINTER WHEAT CULTIVATION

N.N. Tsybulko, S.S. Punchenko, A.M. Ustinova, V.B. Tsyribko, I.I. Zhukova

Summary

Consumption of the main part of nitrogen by winter wheat plants occurs in the period from shoots to the phase of earing. Its removal from above-ground biomass at average- and highly-eroded soil is lower in comparison with non-eroded soil on average by 20 and 30 %, respectively. Nitrogen fertilizer occupies from 22 to 28 % in the removal of nitrogen by the harvest of basic and by-products, while soil nitrogen – from 72 to 78 %. With increasing soil erosion, the role of fertilizer nitrogen in plant nutrition and harvest formation increases. On medium- and heavily eroded soil, its share in total removals

is 28 and 27 %, respectively. In total removal of nitrogen by winter wheat with its grain consumes from 78 to 89 %. The specific removal of nitrogen from 1 ton of production decreases with increase in erodibility of the soil. When applying only phosphorus and potassium fertilizers, there is a high nitrogen deficit in winter wheat nutrition – the intensity of the balance is 26–32 %. The use of nitrogen fertilizers promotes, especially on eroded soils, to a significant reduction in the deficit of the element.

Поступила 28.09.2017

УДК 631.89:631.811.98:[633.11"324"+633.162+635.21]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ И КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Р. Вильдфлуш, О.И. Мишура, Е.Л. Ионас, С.Р. Чуйко

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из приемов снижения энергетических затрат и повышения экономической эффективности является использование комплексных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания для конкретных сельскохозяйственных культур [1–3].

В исследованиях Г.В. Пироговской с соавторами применение комплексных NPK удобрений с S, B и Cu на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве увеличивало урожайность клубней картофеля по сравнению с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах без микроэлементов на 53–174 ц/га [4].

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [5, 6, 7].

В настоящее время разработаны новые формы микроудобрений в хелатной и органо-минеральной форме, эффективность которых значительно выше, чем простых солей [8]. Повысить эффективность применения микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом первостепенное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (Экосил, гуматы и др.), которые имеют преимущества, поскольку они включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [9].