

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ НА ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ

Н.Н. Цыбулько, кандидат с.-х. наук
Департамент по ликвидации последствий катастрофы
на Чернобыльской АЭС
А.Ф. Черныш, кандидат с.-х. наук,
С.С. Пунченко, младший научный сотрудник
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 24.04.2015 г.)

На дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности изучено применение дифференцированных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений под озимую пшеницу. Установлено, что в эрозионном агроландшафте на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высокой обеспеченностью P_2O_5 и повышенной обеспеченностью K_2O наиболее эффективным вариантом удобрения в системе почвенной катены является внесение азотных удобрений дифференцировано с учетом степени смывости почвы, планируемой урожайности и потерь азота в результате смыва, фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс элементов в зависимости от обеспеченности ими почв разной степени смывости и потерь при эрозии.

At the sod-podzolic light loamy soils of different degree of erosion studied the use of differentiated doses of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on winter wheat. It was found that the erosive agrolandscape on sod-podzolic light loamy soils with high security P_2O_5 and K_2O increased security the most effective option in the fertilizer soil catena nitrogen fertilization is differentiated according to the degree of erosion of the soil, the planned yield and nitrogen losses as a result of runoff, phosphorus and potash at doses calculated to balance the positive elements in dependence on the supply of soil to varying degrees of erosion and erosion losses.

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. Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием органического вещества и азота. Кроме этого, только незначительная часть почвенного азота (1–3 %), которая находится в минеральных соединениях, непосредственно доступна растениям [1]. Поэтому основным источником возмещения дефицита элемента является применение азотных удобрений, которые обеспечивают повышение урожайности зерновых культур на 20–40 % и более, увеличивают содержание белка в зерне на 2–3 %.

В этой связи одна из задач современной агрономической химии состоит в разработке приемов рационального использования азотного фонда почв при одновременном сохранении их плодородия и эффективном применении азотных удобрений.

Изучение эффективности азотных удобрений на эродированных почвах является актуальным, поскольку отрицательное влияние эрозии наиболее сильно проявляется на содержании гумуса и азота. Так, по обобщенным данным, на почвах, подверженных водной эрозии, среднегодовые потери азота в результате эрозии составляют 8–10 кг/га, а в отдельные годы достигают 35–40 кг/га [2–4].

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.

Существующие в настоящее время рекомендации по применению азотных удобрений на эродированных почвах базируются на том, что для получения близкой по величине или одинаковой урожайности с неэродированными почвами требуется вносить большее количество удобрений. Для расчета дополнительных доз азота и других макроэлементов на смытых почвах в нашей республике [5, 6] и странах СНГ [7–9] разработаны специаль-

ные формулы, согласно которым с повышением степени эродированности почвы увеличивается и доза удобрений. Данные положения вступают в противоречие с усилением потерь азота в результате смыва.

В сложных эрозионных ландшафтах требуется весьма гибкая система удобрений, учитывающая разнообразие элементов рельефа, их морфологических характеристик и степени смывости почвы с тем, чтобы не допустить потерь элементов питания.

Цель работы – оценить эффективность применения дифференцированных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве разной степени эродированности.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, расположенном на выпуклом склоне южной экспозиции крутизной 5–7 °. Постоянные стоковые площадки расположены по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Длина каждой площадки (длина линии стока) – 60 м, ширина – 12 м, общая площадь одной площадки – 720 м².

Объектом исследований являлись дерново-палево-подзолистые легкосуглинистые несмытая, средне-, сильносмытая и намытая почвы на легких лессовидных суглинках. Агрохимические показатели почв приведены в таблице 1.

Возделывали озимую пшеницу сорта Богатка. Технология возделывания соответствовала принятому отраслевому регламенту. Фосфорные и калийные удобрения вносили перед посевом, азотные удобрения – перед посевом и в подкормку в фазе растягивания растений.

Схема опыта предусматривала изучение дифференцированных доз минеральных удобрений на почвах разной степени эродированности. Дозы азотных удобрений: N_1 – доза средняя рекомендуемая под культуру без учета степени эродированности почвы; N_2 – доза дифференцированная для неэродированной и эродированных почв.

Дозы фосфорных и калийных удобрений: P_1K_1 – дозы, рассчитанные на бездефицитный баланс фосфора и калия в почве с учетом обеспеченности почв подвижными формами элементов; P_2K_2 – дозы, рассчитанные на пологий баланс фосфора и калия в почве (таблица 2).

Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Учет урожая производили поделочно в четырехкратной повторности.

Агрохимические показатели почв определяли по следующим методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [10]; $pH_{(KCl)}$ – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [11]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [12].

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [13] с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistic 7.0).

Результаты исследований и их обсуждение

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались не существенно. По степени увлажнения 2013 и 2014 гг. характеризовались хорошей увлажненностью с ГТК соответственно 1,52 и 1,50.

Продуктивность озимой пшеницы и эффективность минеральных удобрений по годам исследований зависела от степени эродированности почв и уровней применения удобрений. Урожайность по вариантам опыта колебалась в 2013 г. от 40,4 до 75,5 ц/га, в 2013 г. – от 50,6 до 86,0 ц/га.

С увеличением степени эродированности почвы наблюдалось снижение урожайности. Так, в среднем за 2 года исследований на фосфорно-калийном фоне ($P_{40}K_{70}$) на несмытой почве она составила 58,8 ц/га, а на средне- и сильносмытой почве была ниже соответственно на 7,7 и 13,3 ц/га или на 13 и 23 %. На намытой почве снижение было несущественным – 2,9 ц/га при $HCP_{05} = 3,75$ (таблица 3).

В исследованиях были использованы разные подходы расчета и применения доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на почвах разной степени эродированности.

В варианте 2, где азот удобрений применяли по всем элементам склона в средней дозе 110 кг/га (N_{90} в начале весенней вегетации + N_{20} в фазе выхода в трубку растений), а фосфорные и калийные удобрения – в дозах $P_{40}K_{70}$, рассчитанных на бездефицитный баланс элементов в почве, сформирована урожайность озимой пшеницы в среднем за 2 года на несмытой почве 80,8 ц/га зерна, на средне- и сильносмытой почве – соответственно 69,5 и 63,3 ц/га. Снижение ее на почвах, подверженных эрозии, составило 11,3 и 17,5 ц/га или 14 и 22 %, соответственно. Прибавки урожая зерна от азотных удобрений к фосфорно-калийному фону ($P_{40}K_{70}$) получены на несмытой, средне- и сильносмытой почвах соответственно 22,0, 18,4 и 17,8 ц/га.

В варианте 3 фосфорные и калийные удобрения применяли в дозах, рассчитанных на бездефицитный баланс элементов в почве, а дозы азотных удобрений дифференцировали по элементам склона в зависимости от смытости почвы. На несмытой почве плакора и на намытой по-

Таблица 1 – Агрохимические показатели почв (Ап) разной степени смытости

Степень смытости почвы	pH_{KCl}	Гумус	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O
		%		мг/кг почвы	
Несмытая	$\frac{5,74}{5,70-5,78}$	$\frac{1,83}{1,55-2,06}$	967	$\frac{284,2}{276,5-291,9}$	$\frac{268,7}{251,0-286,5}$
Среднесмытая	$\frac{5,53}{5,19-5,88}$	$\frac{1,78}{1,55-2,01}$	689	$\frac{276,7}{257,7-295,7}$	$\frac{262,8}{235,2-290,5}$
Сильносмытая	$\frac{5,52}{5,16-5,88}$	$\frac{1,29}{1,14-1,44}$	661	$\frac{272,3}{235,9-308,7}$	$\frac{215,4}{193,0-237,8}$
Намытая	$\frac{6,08}{5,74-6,42}$	$\frac{1,49}{1,47-1,50}$	800	$\frac{314,5}{290,6-338,4}$	$\frac{262,0}{225,7-298,2}$

Примечание – *В числителе среднее значение за годы исследований, в знаменателе – колебание по годам исследований.

Таблица 2 – Схема полевого опыта с применением разных доз минеральных удобрений

Степень смытости почвы	Варианты опыта	
	НРК	дозы и сроки применения удобрений, кг/га
Несмытая	1. P_1K_1	$P_{40}K_{70}$
	2. $N_1P_1K_1$	$N_{110}(90$ в начале весенней вегетации + 20 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$
	3. $N_2P_1K_1$	$N_{100}(80$ в начале весенней вегетации + 20 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$
	4. $N_2P_2K_2$	$N_{110}(90$ в начале весенней вегетации + 20 в фазе выхода в трубку растений) $P_{30}K_{60}$
Среднесмытая	1. P_1K_1	$P_{40}K_{70}$
	2. $N_1P_1K_1$	$N_{110}(90$ в начале весенней вегетации + 20 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$
	3. $N_2P_1K_1$	$N_{120}(90$ в начале весенней вегетации + 30 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$
	4. $N_2P_2K_2$	$N_{120}(90$ в начале весенней вегетации + 30 в фазе выхода в трубку растений) $P_{50}K_{80}$
Сильносмытая	1. P_1K_1	$P_{40}K_{70}$
	2. $N_1P_1K_1$	$N_{110}(90$ в начале весенней вегетации + 20 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$
	3. $N_2P_1K_1$	$N_{130}(90$ в начале весенней вегетации + 40 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$
	4. $N_2P_2K_2$	$N_{130}(90$ в начале весенней вегетации + 40 в фазе выхода в трубку растений) $P_{60}K_{80}$
Намытая	1. P_1K_1	$P_{40}K_{70}$
	3. $N_2P_1K_1$	$N_{100}(80$ в начале весенней вегетации + 20 в фазе выхода в трубку растений) $P_{40}K_{70}$

чве применяли дозу азота N_{100} (80 кг/га в начале весенней вегетации и 20 кг/га в фазе выхода в трубку растений), рекомендуемую на планируемую урожайность озимой пшеницы 65 ц/га [14]. На средне- и сильноосмытой почве дозы азотных удобрений были увеличены соответственно на 20 и 30 % согласно рекомендациям. Урожай зерна в этом варианте получен на несмытой и намытой почве 74,6 ц/га, а на средне- и сильноосмытой – соответственно 75,6 и 72,6 ц/га. Прибавки к фону $P_{40}K_{70}$ колебались от 15,8 до 27,1 ц/га. Как показывают данные, на несмытой почве наблюдалось существенное (на 6,2 ц/га) снижение урожайности по отношению к варианту 2 в результате уменьшения на 10 кг/га дозы азотной подкормки при возобновлении весенней вегетации посевов. На средне- и сильноосмытой почве повышение дозы азотной подкормки в фазе выхода в трубку растений с 20 до 30–40 кг/га привело к ее увеличению на 6,1 и 9,3 ц/га зерна, соответственно.

В варианте 4 фосфорные и калийные удобрения применяли в дозах, рассчитанных на положительный баланс элементов в зависимости от их содержания в почвах разной степени смытости. Дозы азотных удобрений дифференцировали по элементам склона и смытости почвы аналогично варианту 3.

В среднем за 2 года исследований урожайность озимой пшеницы в этом варианте получена на несмытой, средне- и сильноосмытой почве соответственно 79,2, 78,2 и 75,7 ц/га. Прибавки урожая зерна к фону $P_{40}K_{70}$ колебались от 20,4 до 30,2 ц/га. На несмытой почве наблюдалось незначительное (на 1,6 ц/га) снижение урожайности по отношению к варианту 2 в результате уменьшения доз фосфора и калия. На средне- и сильноосмытой почве при повышении доз фосфорных и калийных удобрений не наблюдалось достоверного роста урожайности по сравнению с вариантом 3 (прибавки – 2,6–3,1 ц/га), однако она

существенно увеличилась по отношению к варианту 2 на средне- и сильноосмытой почве – соответственно на 8,7 и 12,4 ц/га зерна.

Одним из показателей агрохимической эффективности удобрений является окупаемость их прибавками урожая. В производственных условиях средний норматив окупаемости минеральных удобрений (NPK) прибавкой зерна озимой пшеницы равен 7,8 кг [15].

В наших исследованиях окупаемость удобрений зависела от уровня их применения и степени эродированности почвы. На несмытой почве при внесении $N_{110}P_{40}K_{70}$ (вариант 2) она составила 10,0 кг зерна, а на средне- и сильноосмытой почве снизилась до 8,4 и 8,1 кг, соответственно. Окупаемость только азотных удобрений в этом варианте получена на несмытой, средне- и сильноосмытой почве соответственно 20,0, 16,7 и 16,2 кг зерна пшеницы.

На несмытой почве уменьшение дозы азотной подкормки в начале весенней вегетации посевов (вариант 3) привело к снижению оплаты азота и в целом NPK прибавкой урожая соответственно на 4,2 и 2,5 кг зерна, тогда как при уменьшении доз фосфора и калия (вариант 4) не наблюдалось снижения окупаемости удобрений.

На средне- и сильноосмытой почве повышение доз азота соответственно до 120 и 130 кг/га способствовало росту окупаемости азотных удобрений на 3,7 и 4,6 кг зерна и в целом минеральных удобрений – на 2,2 и 3,1 кг зерна, тогда как увеличение доз только фосфора и калия не обеспечило повышения окупаемости NPK.

По результатам полевого опыта на основе данных стоимости прибавки урожая, действующих закупочных цен на зерно озимой пшеницы, расходов на приобретение и внесение удобрений, уборку, перевозку и доработку прибавки урожая проведены расчеты экономической эффективности применения минеральных удобрений на почвах разной эродированности [16].

Таблица 3 – Влияние дифференцированных доз минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы и окупаемость удобрений

Вариант	Урожайность, ц/га зерна			Снижение на смытых почвах		Прибавка к РК, ц/га	Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг	
	2013 г.	2014 г.	среднее	ц/га	%		N	NPK
Несмытая почва								
1. $P_{40}K_{70}$	51,9	65,6	58,8	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{40}K_{70}$	75,5	86,0	80,8	–	–	22,0	20,0	10,0
3. $N_{100}P_{40}K_{70}$	69,6	79,5	74,6	–	–	15,8	15,8	7,5
4. $N_{110}P_{30}K_{60}$	73,8	84,5	79,2	–	–	20,4	–	10,2
Среднесмытая почва								
1. $P_{40}K_{70}$	44,1	58,1	51,1	7,7	13	–	–	–
2. $N_{110}P_{40}K_{70}$	63,7	75,3	69,5	11,3	14	18,4	16,7	8,4
3. $N_{120}P_{40}K_{70}$	70,8	80,3	75,6	–	–	24,5	20,4	10,6
4. $N_{120}P_{50}K_{80}$	72,6	83,9	78,2	–	–	27,1	–	10,8
Сильносмытая почва								
1. $P_{40}K_{70}$	40,4	50,6	45,5	13,3	23	–	–	–
2. $N_{110}P_{40}K_{70}$	54,8	71,7	63,3	17,5	22	17,8	16,2	8,1
3. $N_{130}P_{40}K_{70}$	65,6	79,6	72,6	–	–	27,1	20,8	11,3
4. $N_{130}P_{60}K_{80}$	68,4	82,9	75,7	–	–	30,2	–	11,2
Намытая почва								
1. $P_{40}K_{70}$	50,6	61,2	55,9	2,9	5	–	–	–
3. $N_{100}P_{40}K_{70}$	70,5	78,7	74,6	–	–	18,7	18,7	8,9
НСР ₀₅								
Фактор А	3,70	3,80	3,75					
Фактор Б	3,70	3,80	3,75					

Данные, представленные в таблице 4, показывают, что эффективность внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу зависела от их доз и эродированности почвы.

На несмытой почве наибольший чистый доход – 3327 тыс. руб./га при рентабельности 150 % получен в варианте с применением $N_{110}P_{40}K_{70}$. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки на 10 кг/га (вариант 3) приводило к снижению величины чистого дохода и рентабельности производства. Уменьшение доз предпосевного применения фосфора и калия (вариант 4) приводило к снижению затрат на 1 ц зерна и повышению рентабельности до 162 % по сравнению с вариантом 2, однако чистый доход был ниже на 147 тыс. руб./га.

На почвах, подверженных эрозии, экономическая эффективность аналогичных доз минеральных удобрений была ниже по сравнению с неэродированной почвой. Так, в варианте 2 с применением $N_{110}P_{40}K_{70}$ на средне- и сильносмытой почве затраты на 1 ц зерна возросли на 18 и 21 %, величина чистого дохода уменьшилась на 874 и 1019 тыс. руб./га, а рентабельность внесения удобрений сократилась со 150 % до 112 и 106 %, соответственно.

Увеличение доз удобрений способствовало повышению их эффективности. На среднесмытой почве наиболее эффективным было внесение $N_{120}P_{50}K_{80}$ (дозы фосфора и калия рассчитаны на положительный баланс элементов в почве). Чистый доход составил 4236 тыс. руб./га при рентабельности 163 %. На сильносмытой почве наибольший чистый доход (4685 тыс. руб./га) получен в варианте с $N_{130}P_{60}K_{80}$, тогда как рентабельность применения удобрений самой высокой (180 %) была в варианте $N_{130}P_{40}K_{70}$.

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 [17].

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 обеспечить 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, средней и нижней частях склона), определены средневзвешенные значения урожайности и показатели эффективности применения разных доз минеральных удобрений в целом по почвенной катене. Условно были приняты земельные массивы (поля, 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 с преобладанием склоновой части (соотношение плакора к склоновой части 25 % : 75 %).

Результаты расчетов, приведенные в таблице 5, показали, что в эрозионном агроландшафте на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высокой (272–314 мг/кг) обеспеченностью P_2O_5 и повышенной (215–268 мг/кг) обеспеченностью K_2O наиболее эффективным вариантом удобрения в системе почвенной катены (включающей плакорную часть, верхнюю, среднюю и нижнюю

Таблица 4 – Экономическая эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под озимую пшеницу на почвах разной степени эродированности

Вариант	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб. на 1 га	Затраты, тыс. руб. на 1 га			Затраты на 1 ц зерна, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб. на 1 га	Рентабельность, %
		всего	в том числе				
			на приобретение, перевозку и внесение удобрений	на уборку, доработку прибавки урожая			
Несмытая почва							
1. $P_{40}K_{70}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{40}K_{70}$	5 544	2 217	2 012	205	100,8	3 327	150
3. $N_{100}P_{40}K_{70}$	3 982	2 071	1 924	147	131,1	1 911	92
4. $N_{110}P_{30}K_{60}$	5 141	1 961	1 771	190	96,1	3 180	162
Среднесмытая почва							
1. $P_{40}K_{70}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{40}K_{70}$	4 637	2 183	2 012	171	118,7	2 453	112
3. $N_{120}P_{40}K_{70}$	6 174	2 328	2 100	228	95,0	3 846	165
4. $N_{120}P_{50}K_{80}$	6 829	2 594	2 341	253	95,7	4 236	163
Сильносмытая почва							
1. $P_{40}K_{70}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{40}K_{70}$	4 486	2 178	2 012	166	122,4	2 308	106
3. $N_{130}P_{40}K_{70}$	6 829	2 441	2 188	253	90,1	4 338	180
4. $N_{130}P_{60}K_{80}$	7 610	2 925	2 644	281	96,9	4 685	160
Намытая почва							
1. $P_{40}K_{70}$	–	–	–	–	–	–	–
3. $N_{100}P_{40}K_{70}$	4 712	2 098	1 924	174	112,2	2 614	125

часть склона) является внесение азотных удобрений дифференцировано с учетом степени смывости почвы, планируемой урожайности и потерь азота в результате смыва, фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс P_2O_5 и K_2O в зависимости от обеспеченности этими макроэлементами почв разной степени смывости и потерь их при эрозии.

Во всех моделируемых эрозионных агроландшафтах в зависимости от соотношения в них плакорной и склоновой частей при такой системе применения минеральных удобрений обеспечиваются наиболее высокая средневзвешенная урожайность озимой пшеницы и прибавки зерна, окупаемость удобрений продукцией и чистый доход.

В агроландшафтах с короткими склонами и преобладанием плакорной части над склоновой частью внесение средневзвешенных доз удобрений $N_{114}P_{50}K_{65}$ обеспечило среднюю по элементам рельефа урожайность 78,6 ц/га и прибавку урожая к фону $P_{40}K_{70}$ – 22,5 ц/га. Окупаемость минеральных удобрений составила 9,8 кг зерна, чистый доход – 3211,6 тыс. руб./га при рентабельности 131 %.

В эрозионных ландшафтных массивах с равным соотношением плакорной и склоновой частей средневзвешенные дозы удобрений $N_{118}P_{43}K_{70}$ обеспечили среднюю по элементам рельефа урожайность 78,1 ц/га, прибавку урожая к фону $P_{40}K_{70}$ – 24,6 ц/га. Окупаемость минеральных удобрений получена 10,6 кг зерна, чистый доход – 3823,1 тыс. руб./га при рентабельности 161 %.

В агроландшафтах с преобладанием склоновой части над плакорной средневзвешенные дозы удобрений $N_{121}P_{49}K_{75}$ обеспечили среднюю по элементам рельефа урожайность 77,5 ц/га, прибавку урожая к фону $P_{40}K_{70}$ – 26,6 ц/га, окупаемость удобрений – 11,3 кг зерна и чистый доход – 4140,1 тыс. руб./га при рентабельности 162 %.

Заключение

1. На средне- и сильносмывтой почве по сравнению с полнопрофильной несмытой почвой урожайность озимой пшеницы уменьшается соответственно на 13–14 и 22–23 %, а окупаемость минеральных (NPK) удобрений – с 10,0 до 8,1–8,4 кг зерна.
2. Эффективность применения разных доз минеральных удобрений зависит от эродированности почвы.

На несмытой почве наибольший чистый доход – 3227 тыс. руб./га при рентабельности 150 % обеспечивает применение $N_{110}P_{40}K_{70}$. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки приводит к снижению эффективности удобрений. На среднесмытой почве наиболее эффективно внесение $N_{120}P_{50}K_{80}$ (дозы фосфора и калия рассчитаны на положительный баланс элементов в почве) – чистый доход составляет 4236 тыс. руб./га при рентабельности 163 %. На сильносмывтой почве наибольший чистый доход (4685 тыс. руб./га) обеспечивают дозы $N_{130}P_{60}K_{80}$, тогда как рентабельность применения удобрений самая высокая при дозах $N_{130}P_{40}K_{70}$.

3. В эрозионном агроландшафте на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высокой (272–314 мг/кг) обеспеченностью P_2O_5 и повышенной (215–268 мг/кг) обеспеченностью K_2O наиболее эффективным вариантом удобрения в системе почвенной катены (включаящей плакорную часть, верхнюю, среднюю и нижнюю часть склона) является внесение азотных удобрений дифференцировано с учетом степени смывости почвы, планируемой урожайности и потерь азота в результате смыва, фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс P_2O_5 и K_2O в зависимости от обеспеченности этими макроэлементами почв разной степени смывости и потерь их при эрозии.

Литература

1. Семененко, Н.Н. Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семененко, Н.В. Невмержицкий. – Минск: БИТ «Хата», 1997. – 196 с.
2. Жукова, И.И. Развитие эрозионных процессов на дерново-подзолистых пылевато-суглинистых 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. Потери гумуса и макроэлементов, вызываемые водной эрозией, из дерново-палево-подзолистых почв Белоруссии / В.В. Жилко [и др.] // Агрохимия. – 1999. – №10. – С. 41–46.
4. Цыбулько, Н.Н. Потери гумуса и элементов питания из дерново-палево-подзолистых почв при водной эрозии / Н.Н. Цыбулько, И.И. Жукова, В.В. Жилко // Почвоведение. – 2004. – №6. – С. 759–765.
5. Жилко, В.В. Особенности применения удобрений на эродированных почвах / В.В. Жилко, О.В. Чистик, К.И. Довбан. – Минск, 1990. – 34 с.
6. Чистик, О.В. Агрохимические свойства дерново-подзолистых пылевато-суглинистых эродированных почв и особенности

Таблица 5 – Эффективность применения минеральных удобрений под озимую пшеницу в системе почвенно-эрозионной катены

Вариант	Средневзвешенные дозы удобрений	Урожайность, ц/га зерна	Прибавка урожая, ц/га	Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг	Стоимость прибавки урожая зерна, тыс. руб.	Затраты, тыс. руб.		Чистый доход, тыс. руб. на 1 га	Рентабельность, %
						на 1 га	на 1 ц зерна		
Агроландшафты с короткими склонами (соотношение плакорной и склоновой части 75 % : 25 %)									
P_1K_1	$P_{40}K_{70}$	56,1	–	–	–	–	–	–	–
$N_1P_1K_1$	$N_{110}P_{40}K_{70}$	77,2	21,1	9,6	5 317,2	2208,6	104,7	3 108,6	141
$N_2P_1K_1$	$N_{106}P_{40}K_{70}$	74,5	18,4	8,5	4 636,8	2148,2	116,7	2 488,6	116
$N_2P_2K_2$	$N_{114}P_{50}K_{65}$	78,6	22,5	9,8	5 670,0	2458,4	109,3	3 211,6	131
Агроландшафты со склонами средней длины (соотношение плакорной и склоновой части 50 % : 50 %)									
P_1K_1	$P_{40}K_{70}$	53,5	–	–	–	–	–	–	–
$N_1P_1K_1$	$N_{110}P_{40}K_{70}$	73,6	20,1	9,1	5 065,2	2199,3	109,4	2 865,9	130
$N_2P_1K_1$	$N_{113}P_{40}K_{70}$	74,3	20,8	9,3	5 241,6	2232,2	107,3	3 009,4	135
$N_2P_2K_2$	$N_{118}P_{43}K_{70}$	78,1	24,6	10,6	6 199,2	2376,1	96,6	3 823,1	161
Агроландшафты с длинными склонами (соотношение плакорной и склоновой части 25 % : 75 %)									
P_1K_1	$P_{40}K_{70}$	50,9	–	–	–	–	–	–	–
$N_1P_1K_1$	$N_{110}P_{40}K_{70}$	70,0	19,1	8,7	4 813,2	2190,0	114,7	2 623,2	120
$N_2P_1K_1$	$N_{119}P_{40}K_{70}$	74,2	23,3	10,2	5 871,6	2308,4	99,1	3 563,2	154
$N_2P_2K_2$	$N_{121}P_{49}K_{75}$	77,5	26,6	11,3	6 703,2	2563,1	96,4	4 140,1	162

- применения удобрений: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03/О.В.Чистик. – Минск, 1992. – 458 л.
7. Явтушенко, В.Е. Агроэкологическое обоснование систем удобрения на почвах склонов: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03/В.Е. Явтушенко. – Минск, 1991. – 442 л.
 8. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко – М.: 1997. – С. 5–20.
 9. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополья / под ред. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: Агроконсалт, 2004. – 456 с.
 10. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26212–91. – Введ. 1993.07.01. – Минск : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
 11. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483–85. – Введ. 07.01.86. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
 12. 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.
 13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
 14. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск.: Белорус. наука, 2005. – 460 с.
 15. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
 16. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.
 17. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирования агроландшафтов / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 2011. – 443 с.

УДК 631.5:631.438

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А.А. Цюк, доктор с.-х. наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

(Дата поступления статьи в редакцию 03.03.2015 г.)

В статье изложены результаты исследования в стационарном опыте технической, хозяйственной и экономической эффективности трех систем земледелия: промышленного (контроль), экологического и биологического.

Исследованиями установлена оптимизация почвенной экологической среды на полях под влиянием экологического и биологического земледелия. Технологический риск при их внедрении состоит в уменьшении доступных форм элементов минерального питания растений в почве и увеличении засоренности полей. Перспективы биологического земледелия ограничены наличием эффективных биологических средств контроля численности вредных организмов на полях, в частности, сорняков.

Введение

В Украине изучение эффективности адаптивных систем земледелия, которые ориентированы на экологизацию отрасли, продолжается в течение последних 20 лет, в результате чего разработаны различные их варианты: почвозащитное земледелие с контурно-мелиоративной организацией территории [3], почвозащитная биологическая система земледелия [4], биологическая система земледелия [1,2]. Анализ опубликованных результатов этих исследований свидетельствует о возможности адаптации моделей биологического земледелия в условиях Украины.

Цель проведенного нами исследования заключается в достижении оптимальных экологических условий для роста, развития и продуктивности растений в агрофитоценозах при внедрении экологических систем земледелия.

Материалы и методика исследований

Наблюдения проведены в 2002–2012 гг. в условиях стационарного двухфакторного опыта, заложенного в структурном подразделении НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция», Правобережная Лесостепь Украины.

Вариантами стационарного опыта выбраны три системы земледелия на фоне четырех систем основной обработки почвы. Признаком систем земледелия стало их ресурсное обеспечение. При этом, в контрольном варианте промышленной системы земледелия приоритетным является применение промышленных агрохимикатов; в варианте экологического земледелия, напротив, приоритет – применение природных ресурсов – органических удобрений (навоз, сидеральная масса, пожнивные остатки)

The article presents the results of the research of technical, economic, and cost-effectiveness of the three agricultural systems: industrial (control), ecological and biological in stationary experience.

Research has established optimization of soil ecological environment in the fields under the influence of ecological and biological agriculture. Technological risk with their introduction is to decrease the available forms of mineral nutrients in the soil and plant weediness fields increase. Perspectives biological agriculture limited by the availability of effective biological control agents of pest organisms in the fields, particularly weeds.

с компенсирующим внесением минеральных удобрений и применением пестицидов по критериям эколого-экономического порога наличия вредных организмов; биологическая система земледелия ориентирована на применение природных ресурсов с полным отказом от агрохимикатов. Норма внесения удобрений на гектар севооборотной площади в промышленной системе земледелия составляла 12 т органических удобрений и 300 кг NPK; в экологической – 18 т/га органических удобрений и 150 кг NPK; в биологической – только 17 т/га органических удобрений.

Опыт заложен во всех полях севооборота: клевер – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – озимая пшеница – кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера. В севообороте в пределах каждой системы земледелия изучали четыре варианта системы основной обработки почвы: 1) дифференцированный – с шестью отвальными, двумя поверхностными под пшеницу и плоскорезной под ячмень обработками почвы (контроль); 2) плоскорезный – с двумя поверхностными обработками под пшеницу и плоскорезными под остальные культуры; 3) отвально-безотвальный – две отвальные обработки ярусным плугом под сахарную свеклу, два поверхностных возделывания под пшеницу и плоскорезная – под остальные культуры; 4) поверхностная обработка – дискование на 8–10 см под все культуры севооборота. Площадь участков в опыте 93,6 м² в четырехкратной повторности. Почва на опытном участке – чернозем типичный среднесуглинистый (гумус в 0–30 см – 4,5 %; рН солевое – 6,9–7,3; содержание легкогидролизующего азота по Тюрину – 2,6 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора по Мачигину – 10 мг, обменного калия по Масловой – 7,8 мг на 100 г почвы).