

INFILTRATION OF PRECIPITATION IN THE MOST COMMON SOILS OF THE REPUBLIC OF BELARUS DURING LONG-TERM AGRICULTURAL USE (ACCORDING TO LYSIMETRIC RESEARCH IN 1981-2012)

G.V. Pirogovskaya

Summary

The article presents data on infiltration of precipitation in the Republic of Belarus in the most common arable soils (from 1,0–1,5 meter layer) over a long-term period (1981–2012), by decades (1981–1990, 1991–2000 and 2001–2010), seasons of a year (spring, summer, autumn and winter) and years with a different degree of soil moistening (wet, optimal, slightly rainless, dry, and very dry years).

It was found out that in the conditions of the equal amount of precipitation, temperature regime, the same level of mineral fertilizer application under crop rotation in arable soils of the republic the value of precipitation infiltration to a greater degree varied depending on the type and particle-size composition of soil. Its maximum value was in the sod-podzolic sandy soil (212.1 l/m²) and minimal one was stated for sod-podzolic highly cultivated soil (83.7 l/m²).

In all sod-podzolic soils of different particle-size distribution and peat the value of infiltration of precipitation was higher in wet periods and ranged from 101.8 l/m² (peat) or 109.3 l/m² (loamy) up to 262.8 l/m² (sandy soil) with the maximum infiltration in spring, then in winter, and after that in autumn and summer.

Табл. 4. Библиогр. 19.

УДК 631.82:631.445.2:633.853.494

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВОЙ РАПС НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ

Н.Н. Цыбулько¹, С.С. Пунченко²

¹Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, г. Минск, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Азотное питание растений является ведущим фактором в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием органического вещества и азота. Кроме этого, только незначительная часть почвенного азота (1–3%) 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 элементов питания на смытых почвах в нашей республике [5, 6] и странах СНГ [7–9] разработаны специальные формулы, согласно которых с повышением степени эродированности почвы соответственно увеличивается и доза удобрений. Данные положения вступают в противоречие с усилением потерь азота удобрений в результате смыва.

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

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

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения 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 яровой рапс на семена сорта Прамень. Технология возделывания соответствовала принятому отраслевому регламенту. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные удобрения (калий хлористый) вносили перед посевом, азотные удобрения (карбамид) – перед посевом и в подкормку в фазу растягивания растений.

Таблица 1

Агрохимические показатели почв (Ап) разной степени смытости

Степень смытости почвы	рН _{KCl}	Гумус	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%		мг/кг почвы	
Несмытая	*5,60	1,84	967	351,5	285,7
	5,32–5,76	1,76–1,98		249,4–412,0	281,6–291,7
Среднесмытая	5,38	1,66	689	332,3	239,3
	4,41–6,00	1,42–1,86		257,9–388,5	187,8–271,0
Сильносмытая	5,25	1,15	661	327,1	224,8
	4,32–5,87	1,11–1,18		220,8–390,4	193,0–242,3
Намытая	5,73	1,57	800	405,9	292,6
	5,38–6,08	1,56–1,60		261,9–520,5	247,2–346,5

<*> Над чертой – среднее значение за годы исследований, под чертой – колебание по годам исследований.

Схема опыта предусматривала изучение дифференцированных доз минеральных удобрений на почвах разной степени эродированности. Дозы азотных удобрений: N₁ – доза средняя рекомендуемая под культуру без учета степени эродированности почвы; N₂ – доза, дифференцированная для незэродированной и эродированных почв. Дозы фосфорных и калийных удобрений: P₁K₁ – дозы, рассчитанные на бездефицитный баланс фосфора и калия в почве с учетом обеспеченности почв подвижными формами элементов; P₂K₂ – дозы, рассчитанные на положительный баланс фосфора и калия в почве (табл. 2).

Таблица 2

Схема полевого опыта с применением разных доз минеральных удобрений

Степень смытости почвы	Варианты опыта	
	NPK	Дозы и сроки применения удобрений, кг/га
Несмытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	2. N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₀₀ (80 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	4. N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₄₀
Среднесмытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	2. N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₂₀ (90 перед посевом + 30 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	4. N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₂₀ (90 перед посевом + 30 в фазу растягивания растений) P ₄₀ K ₇₀
Сильносмытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	2. N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ (90 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₃₀ (90 перед посевом + 40 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀
	4. N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₃₀ (90 перед посевом + 40 в фазу растягивания растений) P ₅₀ K ₈₀
Намытая	1. P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀
	3. N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₀₀ (80 перед посевом + 20 в фазу растягивания растений) P ₃₀ K ₆₀

Повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Учет урожая производился поделяночно.

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

Полученные данные обрабатывали методом 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. По степени увлажнения 2012 г. характеризовались избыточным увлажнением с ГТК 2,04, а 2013 и 2014 годы отличались хорошей увлажненностью с ГТК соответственно 1,52 и 1,50.

С увеличением степени эродированности почвы наблюдалось снижение урожайности. Так, в среднем за 3 года исследований на фосфорно-калийном фоне ($P_{30}K_{60}$) на несмытой почве она составила 21,4 ц/га, а на средне- и сильносмытой почве была ниже соответственно на 2,9 и 5,4 ц/га, или на 14 и 25%. На намытой почве снижение было несущественным (табл. 3).

Продуктивность ярового рапса и эффективность минеральных удобрений по годам исследований зависела от метеорологических условий вегетационных периодов, степени эродированности почвы и уровней применения удобрений. Урожайность по вариантам опыта колебалась в 2012 г. от 24,5 до 45,8 ц/га, в 2013 г. – от 13,1 до 29,7 и в 2014 г. – от 10,5 до 28,5 ц/га.

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} перед посевом + N_{20} в фазу растягивания растений), а фосфорные и калийные удобрения в дозах $P_{30}K_{60}$, рассчитанных на бездефицитный баланс элементов в почве, сформирована урожайность семян ярового рапса в среднем за 3 года на несмытой почве 34,0 ц/га, на средне- и сильносмытой почве соответственно 27,6 и 23,8 ц/га. Снижение ее на почвах, подверженных эрозии, составило 6,4 и 10,2 ц/га, или 19 и 30% соответственно. Прибавки урожайности от азотных удобрений к фосфорно-калийному фону ($P_{30}K_{60}$) получены на несмытой, средне- и сильносмытой почвах 12,6, 9,1 и 7,8 ц/га семян соответственно.

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 смывости почвы. На несмытой почве плакора и на намытой почве применяли дозу азота N_{100} (80 кг/га перед посевом и 20 кг/га в фазу растягивания растений), рекомендуемую на планируемую урожайность ярового рапса 30–35 ц/га [14]. На средне- и сильносмытой почвах дозы азотных удобрений были увеличены соответственно на 20 и 30% согласно рекомендациям. Урожайность семян в этом варианте получена на несмытой, средне-, сильносмытой и намытой почвах соответственно 31,6, 29,6, 26,1 и 29,8 ц/га. Прибавки к фону $P_{30}K_{60}$ составили 10,1–11,1 ц/га. Как показывают данные, на несмытой почве наблюдалось существенное (на 2,4 ц/га) снижение урожайности по отношению к варианту 2 в результате уменьшения на 10 кг/га дозы предпосевного внесения азота. На средне- и сильносмытой почвах повышение дозы азотной подкормки в фазу растягивания растений с 20 до 30–40 кг/га привело к ее увеличению на 2,0 и 2,3 ц/га семян соответственно.

Таблица 3
Влияние дифференцированных доз минеральных удобрений на урожайность ярового рапса и окулаемость удобрений

Степень смытости почвы	Вариант опыта	Урожайность, ц/га семян			Снижение на смытых почвах		Прибавка к РК, ц/га	Окулаемость удобрений прибавкой урожая, кг	
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее значение	ц/га		%	N
Несмытая	1. P ₃₀ K ₆₀	30,7	17,0	16,4	21,4	–	–	–	–
	2. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	45,8	29,7	26,5	34,0	–	12,6	11,4	6,3
	3. N ₁₀₀ P ₃₀ K ₆₀	44,3	25,8	24,6	31,6	–	10,2	10,2	5,4
	4. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	44,1	28,4	25,4	32,6	–	11,2	–	6,2
Среднесмытая	1. P ₃₀ K ₆₀	28,4	16,0	11,1	18,5	2,9	13,6	–	–
	2. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	39,8	23,9	19,1	27,6	6,4	18,8	8,3	4,5
	3. N ₁₂₀ P ₃₀ K ₆₀	41,9	25,3	21,6	29,6	–	–	11,1	5,3
	4. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	42,8	25,8	24,6	31,1	–	–	12,6	5,5
Сильносмытая	1. P ₃₀ K ₆₀	24,5	13,1	10,5	16,0	5,4	25,2	–	–
	2. N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	35,2	20,0	16,2	23,8	10,2	30,0	7,1	3,9
	3. N ₁₃₀ P ₃₀ K ₆₀	36,4	21,8	20,0	26,1	–	–	7,8	4,6
	4. N ₁₃₀ P ₅₀ K ₈₀	38,0	22,6	21,4	27,3	–	–	11,3	4,3
Намытая	1. P ₃₀ K ₆₀	30,8	16,0	14,3	20,4	1,0	4,7	–	–
	3. N ₁₀₀ P ₃₀ K ₆₀	43,7	26,1	19,6	29,8	0,8	2,6	9,4	4,9
НСР ₀₅ Фактор А Фактор Б		2,20	2,30	2,00	2,17				
		2,20	2,30	2,00	2,17				

Фактор А – степень смытости почвы;
Фактор Б – дозы вносимых удобрений.

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 3 года исследований урожайность ярового рапса в этом варианте получена на несмытой, средне- и сильносмытой почве – 32,6, 31,1 и 27,3 ц/га соответственно. Прибавки семян рапса к фону $P_{30}K_{60}$ составили 11,2–12,6 ц/га. На несмытой почве наблюдалось незначительное (на 1,4 ц/га) снижение урожайности по отношению к варианту 2 в результате уменьшения на 20 кг/га дозы калия. На средне- и сильносмытой почве при повышении доз фосфорных и калийных удобрений не наблюдалось достоверного роста урожайности по сравнению с вариантом 3 (прибавки 1,2–1,5 ц/га), однако она существенно увеличилась по отношению к варианту 2 – на средне- и сильносмытой почве на 3,5 ц/га семян.

Одним из показателей агрохимической эффективности удобрений является окупаемость их прибавками урожая. В производственных условиях средний норматив окупаемости минеральных удобрений (NPK) прибавкой семян рапса равен 3,2 кг [15].

В наших исследованиях окупаемость удобрений зависела от уровней их применения и степени эродированности почвы. На несмытой почве при внесении $N_{110}P_{30}K_{60}$ (вариант 2) она составила 6,3 кг семян, а на средне- и сильносмытой почве снизилась до 4,5 и 3,9 кг соответственно. Окупаемость только азотных удобрений в этом варианте получена на несмытой, средне- и сильносмытой почве – 11,4, 8,3 и 7,1 кг семян рапса соответственно.

На несмытой почве уменьшение доз азота (вариант 3) и калия (вариант 4) привело к снижению оплаты NPK прибавками урожая. На средне- и сильносмытой почве повышение доз азота соответственно до 120 и 130 кг/га способствовало росту окупаемости как азотных, так и в целом минеральных удобрений, тогда как увеличение доз фосфора и калия не обеспечило повышения эффективности NPK.

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

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

На несмытой почве наибольший чистый доход 3298 тыс. рублей на 1 га и рентабельность 165% получены в варианте с применением $N_{110}P_{30}K_{60}$. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки на 10 кг/га (вариант 3), а также дозы предпосевного применения калия на 20 кг/га (вариант 4) приводило к увеличению затрат на 1 ц семян, снижению величины чистого дохода и рентабельности производства.

На почвах, подверженных эрозионным процессам, экономическая эффективность минеральных удобрений была ниже по сравнению с неэродированной почвой. Так, в варианте 2 с применением $N_{110}P_{30}K_{60}$ на средне- и сильносмытой

почве затраты на 1 ц семян возросли на 39 и 56%, величина чистого дохода уменьшилась на 1478 и 1944 тыс. руб./га, а рентабельность производства сократилась с 165% до 91 и 70% соответственно. Увеличение доз удобрений способствовало повышению их эффективности. На среднесмытой почве наиболее эффективным было внесение $N_{120}P_{40}K_{70}$ (дозы фосфора и калия рассчитаны на положительный баланс элементов в почве). Чистый доход составил 3017 тыс. руб. на 1 га, а рентабельность – 132%. На сильноосмытой почве наибольший чистый доход (2275 тыс. руб./га) получен в варианте с $N_{130}P_{50}K_{80}$, тогда как рентабельность применения удобрений самой высокой была в варианте $N_{130}P_{30}K_{60}$.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на почвах разной степени эродированности

Вариант опыта	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб. на 1 га	Затраты, тыс. руб. на 1 га			Затраты на 1 ц семян, тыс. руб.	Чистый доход тыс. рублей на 1 га	Рентабельность, %
		всего	в том числе				
			на приобретение и внесение удобрений	на уборку, перевозку, доработку прибавки урожая			
Несмытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{30}K_{60}$	5 292	1 994	1 806	188	158,3	3 298	165
3. $N_{100}P_{30}K_{60}$	4 284	1 847	1 695	152	181,1	2 437	132
4. $N_{110}P_{30}K_{40}$	4 704	1 959	1 792	167	174,9	2 745	140
Среднесмытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{30}K_{60}$	3 822	2002	1 867	135	220,0	1 820	91
3. $N_{120}P_{30}K_{60}$	4 662	2 083	1 917	165	187,7	2 579	124
4. $N_{120}P_{40}K_{70}$	5 292	2 275	2 087	188	180,6	3 017	132
Сильносмытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{110}P_{30}K_{60}$	3 276	1 922	1 806	116	246,4	1 354	70
3. $N_{130}P_{30}K_{60}$	4 242	2 179	2 029	151	215,7	2 063	95
4. $N_{130}P_{50}K_{80}$	4 746	2 471	2 302	168	218,7	2 275	92
Намытая почва							
1. $P_{30}K_{60}$	–	–	–	–	–	–	–
3. $N_{100}P_{30}K_{60}$	3 948	1 835	1 695	140	195,2	2 113	115

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 осуществляет-

ся 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, 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 с преобладанием склоновой части (соотношение плакора к склоновой части 25%:75%). Результаты расчетов представлены в таблице 5.

В эрозионном агроландшафте с дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами при высокой (261 мг/кг) обеспеченности P_2O_5 и повышенной (230 мг/кг) обеспеченности K_2O несмытой почвы на плакоре, повышенной (230–237 мг/кг) обеспеченности P_2O_5 и средней (170–190 мг/кг) обеспеченности K_2O средне- и сильносмытой почвы на склоне, наиболее эффективным вариантом удобрения в системе почвенной катены с преобладанием плакорной части над склоновой было применение азота в средней рекомендуемой дозе под культуру без учета степени эродированности почвы, а фосфора и калия в дозах, рассчитанных на бездефицитный баланс фосфора и калия в почве (N110P30K60).

В этом варианте получена наиболее высокая средневзвешенная урожайность, которая составила 31,9 ц/га семян, окупаемость удобрений – 5,8 кг, чистый доход – 2852,1 тыс. руб./га и рентабельность – 144%.

Внесение азотных удобрений в возрастающих дозах, дифференцированных для незэродированной и эродированных почв, фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на бездефицитный и положительный баланс этих макроэлементов в почве, приводило к снижению чистого дохода и уровня рентабельности.

В эрозионных ландшафтных массивах при равном соотношении плакорной и склоновой частей, а также при преобладании склоновой части над плакорной наиболее эффективным является применение азотных удобрений дифференцировано с учетом степени смытости почвы, 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 эродированности. В этом варианте обеспечивается наиболее высокая средневзвешенная урожайность 30,0–30,9 ц/га семян, окупаемость удобрений – 5,1–5,5 кг, чистый доход – 2658,0–2715,0 тыс. руб./га и рентабельность – 18–126%.

Таблица 5

Эффективность применения минеральных удобрений под яровой рапс в системе почвенно-эрозивной катены

Вариант опыта	Средневзвешенные дозы удобрений	Урожайность семян, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Окупаемость удобрений при-бавкой урожая, кг	Стоимость прибавки семян, тыс. руб.	Затраты, тыс. руб.		Чистый доход тыс. руб. на 1 га	Рентабельность, %
						на 1 га	на 1 ц семян		
Агроладшафты с короткими склонами (соотношение плакорной и склоновой части 75% : 25%)									
P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀	20,4	–	–	–	–	–	–	–
N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	31,9	11,5	5,8	4830,0	1977,9	172,0	2852,1	144
N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₀₆ P ₃₀ K ₆₀	30,6	10,2	5,2	4284,0	1918,0	188,0	2366,0	123
N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₁₄ P ₃₄ K ₄₉	31,7	11,3	5,7	4746,0	2058,0	182,1	2688,0	131
Агроладшафты со склонами средней длины (соотношение плакорной и склоновой части 50% : 50%)									
P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀	19,3	–	–	–	–	–	–	–
N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	29,8	10,5	5,2	4410,0	1961,7	186,8	2448,3	125
N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₁₃ P ₃₀ K ₆₀	29,7	10,4	5,1	4368,0	1989,0	191,2	2379,0	120
N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₁₃ P ₃₈ K ₅₈	30,9	11,6	5,5	4872,0	2157,0	185,9	2715,0	126
Агроладшафты с длинными склонами (соотношение плакорной и склоновой части 25% : 75%)									
P ₁ K ₁	P ₃₀ K ₆₀	18,3	–	–	–	–	–	–	–
N ₁ P ₁ K ₁	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₆₀	27,8	9,5	4,7	3990,0	1945,6	204,8	2044,4	105
N ₂ P ₁ K ₁	N ₁₁₉ P ₃₀ K ₆₀	28,8	10,5	5,0	4410,0	2131,0	202,9	2279,0	107
N ₂ P ₂ K ₂	N ₁₂₁ P ₄₁ K ₆₆	30,0	11,7	5,1	4914,0	2256,0	192,8	2658,0	118

ВЫВОДЫ

1. На средне- и сильносмытой почве по сравнению с полнопрофильной несмытой почвой урожайность ярового рапса уменьшается на 14–19 и 25–30% соответственно, а окупаемость минеральных (NPK) удобрений с 6,3 до 3,9–4,5 кг семян.

2. Эффективность применения разных доз минеральных удобрений зависит от эродированности почвы. На несмытой почве наибольший чистый доход 3298 тыс. руб./га и рентабельность 165% обеспечивает применение $N_{110}P_{30}K_{60}$. Уменьшение на этой почве дозы азотной подкормки приводит к снижению эффективности удобрений. На почвах, подверженных эрозии, экономическая эффективность минеральных удобрений ниже по сравнению с незэродированной почвой. На среднесмытой почве наиболее эффективно внесение $N_{120}P_{40}K_{70}$ (дозы фосфора и калия рассчитаны на положительный баланс элементов в почве) – чистый доход составляет 3017 тыс. руб./га, а рентабельность – 132%. На сильносмытой почве наибольший чистый доход (2275 тыс. руб./га) обеспечивают дозы $N_{130}P_{50}K_{80}$, тогда как рентабельность применения удобрений самая высокая при дозах $N_{130}P_{30}K_{60}$.

3. При разработке технологий применения минеральных удобрений в эрозионных агроландшафтах следует принимать во внимание их геоморфологические особенности. В агроландшафтах с короткими склонами и преобладанием плакорной части над склоновой частью наиболее целесообразно вносить минеральные удобрения в средней рекомендуемой дозе под культуру без учета элементов рельефа или степени эродированности почвы. В ландшафтных массивах с длинными и средними по длине склонами, равном соотношении плакорной и склоновой частей, а также при преобладании склоновой части над плакорной более эффективно применение дифференцированных по степени смытости почв доз азотных удобрений, а применение фосфорных и калийных удобрений в дозах, рассчитанных на положительный баланс этих макроэлементов в зависимости от обеспеченности ими почв разной степени эродированности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 / И.И. Жукова. – 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 применения удобрений: дис. ... д-ра с.-х. наук / О.В. Чистик. – Минск, 1992. – 458 с.
7. Явтушенко, В.Е. Агрэколагічнае абасноўванне сістэм удобраення на почвах склонаў: дис. ... д-ра с.-х. наук / В.Е. Явтушенко. – М., 1991. – 442 с.
8. Каштанов, А.Н. Агрэкалогія почв склонаў / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – С. 5–20.
9. Модель адаптыўна-ландшафтнага земледзеля Владимирскага Ополя / Под редакцыяй акадэмікаў РАСХН В.И. Кірыюшына і А.Л. Іванова. – 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: Беларус. 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: Беларус. 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. Организацияно-техналагічныя нарматывы возделывания сельскахозяйсвенных культур: зборнік отраслевых регламентаў / Ін-т аграр. эканомікі НАН Беларусі; рук. разраб. В.Г. Гусаков [і др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.
15. Справочник агрохіміка / В.В. Лапа [і др.]; под. ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
16. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [і др.] / Ін-т почвоўвядення і агрохіміі. – Минск, 2010. – 24 с.
17. Кірыюшын, В.И. Теорыя адаптыўна-ландшафтнага земледзеля і праекіравання аэроландшафтаў / В.И. Кірыюшын. – М.: КолосС, 2011. – 443 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF GRADED RATES OF MINERAL FERTILIZERS FOR SPRING RAPE ON SOD-PODZOLIC LOW LOAMY SOILS WITH DIFFERENT DEGREE OF EROSION

N.N. Tsybul'ko, S.S. Punchenko

Summary

On cespitose and podzolic sandy loam soils of different degree of erodibility application of the differentiated doses of nitric, phosphoric and potash fertilizers under a summer colza is studied. It is established that on not washed away soil the greatest net income of 3298 thousands of Belarusian rub/ha and profitability of 165% provides application of $N_{110}P_{30}K_{60}$. It has been found that on non-eroded soil the greatest net is 3 298 thousands of Belarusian rub/ha and application of $N_{110}P_{30}K_{60}$ provides 165% profitability. Economic efficiency of chemical fertilizers on erodible soils is lower than on non-erodible soils. On middle-eroded soil $N_{120}P_{40}K_{70}$ application is the most ef-

ficient – net income is 3017 thousands of Belarusian rub/ha and the profitability is 132%. On highly-eroded soil the doses of $N_{130}P_{50}K_{80}$ provide the greatest net income (2275 thousand rub/ha), while $N_{130}P_{30}K_{60}$ doses provide the highest profitability.

In agricultural landscapes with short slopes and the preponderance of the upland part over the slope it is reasonable to apply mineral fertilizers in an average recommended dose for culture without considering relief elements or degree of soil erosion. In the landscaped massifs with long and medium-long slope and parity of upland and slope parts, as well as the preponderance of the slope over the upland, it is more efficiently an application of differentiated according to the degree of soil erosion doses of nitrogen fertilizer, but phosphate and potash fertilizers – in doses, calculated on the positive balance of macronutrients, depending on the availability of soil varying degrees of erosion.

Поступила 14.05.15

УДК 631.81.095.337:633.15

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

М.В. Рак, С.А. Титова, Т.Г. Николаева, В.А. Муковозчик

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Приоритетной задачей сельскохозяйственного производства республики является создание прочной кормовой базы для животноводства, увеличение объема производства и заготовки высококачественных кормов. Большое значение в решении этой проблемы имеет кукуруза – одна из наиболее продуктивных и технологичных культур. Высокая потенциальная урожайность и сравнительно небольшие затраты при производстве обуславливает ее широкое распространение [1, 2].

Важным условием в получении высоких и устойчивых урожаев кукурузы, является дифференцированное обеспечение ее всеми необходимыми макро- и микроэлементами в зависимости от условий возделывания. Внесение микроудобрений в процессе роста и развития кукурузы необходимо для сбалансированного питания культуры, повышения урожайности и улучшения качества. При этом научно обоснованное применение удобрений позволяет регулировать процессы обогащения продукции определенными элементами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека и животного [3, 4].

Исходя из биологических особенностей, наибольшее значение при возделывании кукурузы из микроэлементов имеют цинк и медь. Цинк принимает участие в процессах обмена веществ и синтезе протеинов у кукурузы. Повышенное содержание фосфора в почве приводит к недостатку цинка. При недостатке цинка у кукурузы наблюдается невысокий рост растений, характерные бело-желтые пояса с обеих сторон между жилок листьев, а также желтая или белая окраска всей поверхности молодых листьев. У кукурузы медь увеличивает содержание растворимых сахаров, аскорбиновой кислоты, белкового азота, хлорофилла и