

В почвах лесостепной части средневзвешенный показатель содержания подвижных форм меди составляет 0,30 мг/кг, варьируя между районами от 0,16 до 0,50 мг/кг. Установлено, что подавляющее большинство почв (97,0 %) в пределах фона, еще 2,8 % площадей имеет слабый уровень загрязнения и только 0,2 % почв с умеренным уровнем загрязнения этим элементом. Наименьшее содержание подвижных форм меди наблюдается в почвах Демидовского, Здолбуновского, Корецкого, Млиновского и Ровенского района – 0,16–0,25 мг/кг.

Средневзвешенное содержание подвижных форм цинка в почвах сельскохозяйственных угодий колеблется от 0,62 до 1,12 мг/кг, составляя в среднем 0,84 мг/кг. При этом у подавляющего большинства почв (99,6 %) содержание цинка – в пределах фона (менее 5,1 мг/кг), еще 0,4 % площадей имеет слабый уровень загрязнения (5,1–10,0 мг/кг) и лишь отдельные участки с умеренным (10,1–15,0 мг/кг) и средним уровнем загрязнения (15,1–20,0 мг/кг). Очень низкой концентрацией подвижных форм цинка в почвах (0,62–0,94 мг/кг) характеризуются почвы Гошанского, Демидовского, Здолбуновского, Корецкого, Млиновского, Острожского и Ровенского района, несколько высшей – Дубенского и Радивиловского района.

Анализ степени загрязнения подвижными формами тяжелых металлов по коэффициенту концентрации (Кс), который рассчитан отношению фактического содержания к фоновому содержанию элемента в почвенном покрове лесостепной части области, дает основание утверждать, что Кс колеблется в пределах: кадмия – 0,8–3,5; свинца – 1,4–5,1; меди – 0,2–0,5; цинка – 0,1–0,2.

Повышенная концентрация тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий ухудшает санитарно-гигиеническое состояние последних, а следовательно может влиять на их агроэкологическое состояние и является доказательством наличия деградационных процессов.

Выводы

В период X тура (2011–2014 гг.) агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения выявлены почвы с фоновым содержанием кадмия, свинца, меди, цинка – 30,4; 7,6; 97,0; 99,6 %, слабым уровнем загрязнения – 46,6; 43,5; 2,8; 0,4 %, умеренным – 17,5;

24,4; 0,1; 0,0 % и средним – 5,6; 9,4; 0,0; 0,0 %, соответственно. Почвы с повышенным, высоким и очень высоким уровнем загрязнения свинцом распространены на площади 2,8; 2,9 и 9,3 %, соответственно.

Полученные картосхемы являются наглядным изображением территории лесостепной части области с эколого-экономическими рисками: возможного загрязнения сельскохозяйственного сырья, несоответствия качественных характеристик урожаев по требованиям нормативных документов, необходимости дополнительных финансовых затрат при ведении сельскохозяйственного производства и др.

Результаты проведенного исследования позволяют утверждать о наличии в пахотном слое повышенных концентраций кадмия и свинца, связанных с аномально высоким естественным содержанием подвижных форм этих элементов в почвах. Это усиливает риск избыточного накопления токсикантов в растениеводческой продукции и значительно затрудняет создание специальных сырьевых зон на этих территориях. Поэтому при отнесении сельскохозяйственных угодий к специальным сырьевым зонам для производства продуктов детского и диетического питания на местном уровне следует обращать особое внимание на состояние эколого-токсикологических показателей.

Литература

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Макаренко, Н.А. Мониторинг важных металлов / Н.А. Макаренко // Агроэкологічний моніторинг та паспортизація с.-г. земель / [за ред. В.П. Патики, О. Г. Татаріко]. – К., 2002. – С. 32–37.
3. Розанов, А.Б. Экологические последствия антропогенных изменений почв / А.Б. Розанов, Б.Г. Розанов. – М.: ВИНТИ, 1990. – Т. 1. – 154 с.
4. Саговникова, Л.К. Показатели загрязнения почв тяжелыми металлами и неметаллами в почвенно-химическом мониторинге / Л.К. Саговникова, Н.Г. Зарин // Почвоведение. – 1985. – № 10. – С. 84–89.
5. Надточій, П.П. Екологія ґрунту та його забруднення / П.П. Надточій, Ф.В. Вольвач, В.Г. Гермашенко. – К.: Аграрна наука, 1997. – 285 с.
6. Канівець, В.І. Життя ґрунту / В.І. Канівець. – К.: Аграрна наука, 2001. – 129 с.
7. Кавецкий, В.М. Моніторинг важких металів в системі ґрунт-добрива-рослина і продуктивність кукурудзи: дис. канд. с.-г. наук : 03.00.16 / В.М. Кавецкий. – К., 1994. – 158 с.
8. Кавецкий, В.М. Екотоксикологічна оцінка українських фосфоритів по вмісту важких металів / В.М. Кавецкий, М.А. Макаренко, Г.О. Буожис // Натураліс. – 1998. – №3–4. – С. 5–7.

УДК 633.1:631.472.56:631.445.24:631.84

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ГУМУСИРОВАННОСТИ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

И.Ю. Грищенко, старший преподаватель,
В.Б. Воробьев, С.Д. Курганская, кандидаты с.-х. наук
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 08.06.2015 г.)

В статье приведены результаты изучения взаимосвязи между гумусированностью агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и урожаем зерна ячменя, а также данные об эффективности различных доз азотного удобрения в зависимости от гумусированности почвы. Установлено, что корреляционная зависимость между содержанием в почве гумуса и урожаем зерна ячменя имеет вид параболы с вершиной, соответствующей оптимальному уровню содержания гумуса на уровне 1,68–2,15 %. Также установлено, что наиболее эффективной дозой азота при возделывании ячменя на участках с оптимальным содержанием гумуса является доза 120 кг/га д.в.

The results of research into the interrelation between the humus content of the agrisod-podzolic light loamy soil and crop capacity of barley, and also the data about the efficiency of various doses of nitrogen fertilizer depending on the humus content are given in the article. It is found that the correlation dependence between the content of humus in the soil and crop capacity of barley acquires a parabola diagram with the vertex corresponding to the optimum content of humus at the level of 1,68–2,15%. It is also established that the most effective dose of nitrogen in cultivating barley on the agrisod-podzolic light loamy soil with the optimum content of humus is the dose of 120 kg/hectare of the primary plant nutrient.

Введение

В настоящее время гумусовому состоянию почв посвящено очень много работ. Но, несмотря на это, нет единого мнения о том, какой уровень содержания в почве гумуса является оптимальным и как он зависит от доз азотного удобрения. Не в полной мере изучена взаимосвязь урожайности сельскохозяйственных культур с содержанием и качественным составом гумуса. Не изучен вопрос, как изменяются данные показатели с учетом внутрипольной вариабельности, что особенно актуально в настоящее время в связи с внедрением точного земледелия.

В литературе накоплен огромный экспериментальный материал, показывающий тесную зависимость урожая от уровня гумусированности почв. По многочисленным данным, коэффициент корреляции между содержанием гумуса и урожайностью различных сельскохозяйственных культур составляет 0,7–0,8 [3, 6, 8, 10, 12, 13].

Помимо гумусированности, урожай культур на дерново-подзолистых почвах, наиболее распространенных в Республике Беларусь, зависит и от обеспеченности азотом [2]. Широко распространено мнение о том, что чем выше общий уровень плодородия почвы, чем больше ее биологическая активность, тем меньше потребность культурных растений в азотных удобрениях и слабее их эффективность.

На самом деле, как показывают экспериментальные данные Н.А. Сапожникова и его соавторов [1], на почвах высокого уровня плодородия прибавки от азота не уступают прибавкам, полученным на слабокультуренных почвах. Похожие результаты были получены в микрополевых опытах П.М. Смирнова – на высокоплодородных почвах вынос азота из почвы был значительно выше, чем на почвах низкого плодородия [11]. Т.Н. Кулаковская отмечала, что повышение гумусированности пахотных почв от 1,0 до 2,2 % повышает окупаемость удобрений в 3 раза [7]. По данным Т.Н. Дайнеко [4], при возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве среднего уровня плодородия наилучшие показатели структуры урожая, определяющие его величину, формировались при внесении азотных удобрений в дозе N_{60} , но качество основной продукции по содержанию белкового азота было выше при внесении дозы азота N_{90} .

Методика и место проведения исследований

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Опыты были заложены в производственных посевах ячменя учебно-опытного хозяйства УО "БГСХА". Для этого были подобраны поля, которые отличались выровненным рельефом и автоморфным типом водного режима. Они были расположены на почве одного генезиса и имели одинаковую историю.

В опыте в 2008–2011 гг. изучали эффективность азотных удобрений в посевах ячменя, возделываемого на агродерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием гумуса.

Ежегодно на почвенном массиве, отведенном для опытов, выделяли 100 делянок с различным содержанием гумуса. Площадь каждой делянки 2 м². На этих делянках были заложены по 2 учетные площадки размером 0,25 м², с которых производили учет урожая зерна и соломы, отбирали образцы почвы для анализа на показатели, характеризующие их гумусовое состояние, агрофизические свойства почвы и свойства почвенного поглощающего комплекса.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2008–2011 гг.) существенно различались между собой, а также и по отношению к средним многолетним показателям. Однако в целом агрометеорологические ус-

ловия в годы закладки и проведения опытов можно охарактеризовать как благоприятные для роста и развития зерновых культур.

Результаты исследований подвергнуты корреляционному анализу по Б.Н. Доспехову [5]. Эффективность применения различных доз азотного удобрения рассчитывали по методике, предложенной РУП «Институт агрохимии и почвоведения» [9].

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования показали, что зависимость урожайности ячменя от гумусированности агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы имеет вид параболы. Так, в 2008 г. средний урожай зерна ячменя колебался от 34,6 до 66,7 ц/га. В целом, на всех уровнях гумусированности почвы он был более высоким на делянках с дозой азота в 120 кг/га д. в. По мере увеличения гумусированности почвы урожай зерна возрастал лишь до определенного предела, который в варианте с применением азотного удобрения в дозе 80 кг/га д.в. составил 1,63 %, в варианте с 80+20 кг/га – 1,73 %, а в варианте с внесением 80+40 кг/га д. в. – 1,96 % (таблица). При этих уровнях гумусированности почвы урожай зерна был максимальным и равнялся соответственно 49,1; 48,7 и 66,7 ц/га.

Возделывание ячменя на учетных делянках с более высокой гумусированностью почвы привело к значительному снижению урожая зерна. Корреляционная связь между урожаем зерна ячменя и содержанием в почве гумуса была криволинейной и характеризовалась корреляционным отношением от 0,43 до 0,87.

Благоприятные погодные условия, сложившиеся в вегетационный период 2009 г., способствовали получению наиболее высокого урожая зерна за все годы исследований – 83,3 ц/га (при содержании гумуса 2,06 %). В этот же год отмечалась и наиболее сильная корреляционная зависимость между гумусированностью почвы и урожаем зерна ячменя ($\eta = 0,84–0,97$). С увеличением дозы азотного удобрения оптимальный уровень содержания гумуса в почве возрастал с 1,86 до 2,06 %.

В зависимости от дозы азотного удобрения и гумусированности почвы урожай зерна изучаемой культуры в 2010 г. и 2011 г. колебался соответственно от 27,7 до 72,1 ц/га и от 27,7 до 60,3 ц/га. На всех уровнях гумусированности почвы он был более высоким на делянках при внесении 80 кг д.в. азота в основную заправку и 40 кг д.в. в подкормку. При этом более высокая доза азотного удобрения способствовала смещению оптимального уровня гумусированности в сторону увеличения. В целом корреляционная зависимость между урожаем зерна ячменя и содержанием в почве гумуса была криволинейной и характеризовалась корреляционным отношением (η) от 0,74 до 0,97 и от 0,83 до 0,95, соответственно.

Таким образом, исследования показали, что оптимальный уровень гумусированности почвы в посевах ячменя находился в пределах от 1,68 до 2,15 % и возрастал по мере увеличения дозы азотного удобрения. При более высоком содержании гумуса в почве урожай зерна ячменя снижался.

Экономические показатели применения минеральных удобрений определяют на основании полученных данных: расчетной прибавки продукции на 1 кг удобрений, прибавки урожая на гектар посева за счет удобрений и нормативов затрат, связанных с применением удобрений [9].

Анализируя полученные данные, сразу следует отметить тот факт, что практически во всех вариантах опыта по годам исследований была отмечена наиболее высокая прибыль на единицу затрат на уровне гумусированности, сопоставимом с оптимальным уровнем, полученным при анализе урожайности.

Влияние различных доз азотного удобрения на урожай зерна ячменя, возделываемого на агродерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием гумуса

Год исследования	Варианты опыта									
	контроль (P ₆₀ K ₁₂₀)		N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀		N ₈₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀		N ₈₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀		N ₈₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	
	гумус, %	урожайность, ц/га	гумус, %	урожайность, ц/га	гумус, %	урожайность, ц/га	гумус, %	урожайность, ц/га	гумус, %	урожайность, ц/га
2008	–	–	1,16	34,6	1,20	39,4	1,13	46,9	–	–
	–	–	1,36	39,9	1,39	40,7	1,33	47,1	–	–
	–	–	1,49	45,1	1,55	44,3	1,62	54,4	–	–
	–	–	1,63	49,1	1,73	48,7	1,96	66,7	–	–
	–	–	1,71	47,1	2,15	47,6	2,16	64,4	–	–
	–	–	2,47	46,1	2,77	45,9	2,53	55,5	–	–
η*			0,81		0,42		0,43			
2009	1,64	29,6	1,33	32,7	1,48	39,4	1,07	43,3	1,04	36,0
	1,86	38,6	1,62	42,7	1,64	45,1	1,50	54,0	1,24	49,0
	1,99	36,6	1,89	45,9	1,90	49,4	1,64	69,8	1,52	64,5
	2,11	36,1	2,13	32,4	2,12	40,3	2,06	83,3	1,67	74,9
	2,30	34,8	2,30	31,5	2,27	36,1	2,11	70,6	2,05	80,9
	–	–	–	–	–	–	2,23	47,7	2,31	69,6
η*	0,94		0,84		0,92		0,97		0,94	
2010	1,24	27,7	1,23	31,5	1,29	39,0	1,24	40,5	–	–
	1,55	32,3	1,58	39,8	1,44	43,2	1,54	51,6	–	–
	1,72	35,7	1,82	44,2	1,65	45,7	1,70	68,0	–	–
	1,93	34,7	1,96	42,9	1,83	49,5	1,94	72,1	–	–
	2,33	32,5	2,29	35,2	1,93	49,9	2,30	67,9	–	–
	2,49	31,4	2,48	33,0	2,32	48,3	2,47	50,7	–	–
–	–	–	–	2,49	46,0	–	–	–	–	
η*	0,74		0,96		0,77		0,92			
2011	1,71	30,6	1,76	37,2	1,78	43,3	1,76	48,2	1,95	43,1
	1,82	33,2	1,91	45,2	1,98	44,2	1,86	52,7	2,14	52,0
	1,94	32,0	2,01	44,7	2,09	46,6	1,96	55,6	2,25	49,2
	2,03	30,9	2,07	40,1	2,21	44,4	2,11	60,3	2,33	46,7
	2,22	27,7	2,20	36,0	2,32	44,1	2,35	44,8	2,39	44,4
	–	–	–	–	2,57	41,1	2,44	38,7	–	–
η*	0,94		0,89		0,83		0,95		0,90	

Примечание – *η – коэффициент корреляционного отношения.

Так, в 2009 г. (рисунок 1) в вариантах опыта с применением азота в дозе 80 и 80+20 кг д.в. на га наиболее высокая прибыль была получена при содержании гумуса в почве на уровне 1,65 %. При дальнейшем увеличении гумусированности рентабельность данных вариантов снижается, а при содержании гумуса свыше 1,95 % эти варианты опыта показали себя как не рентабельные (прибыль на единицу затрат находилась соответственно на уровне 0,89 – –1,9 долл. США и –0,18 – –0,77 долл. США), что в первую очередь было обусловлено более низкими прибавками урожая зерна по сравнению с другими вариантами опыта.

В вариантах опыта с применением азотных удобрений в подкормку в дозах 40 и 60 кг д.в. на га наиболее высоко-

кая рентабельность (101 % и 89 %) отмечена на уровне гумусированности 2,05 %, что совпадает с оптимальным уровнем гумусированности.

В 2010 г. наименее эффективным показал себя вариант с применением азотных удобрений в дозе 80 кг д.в. на га в основное внесение. Показатель прибыли на единицу затрат изменялся в пределах –0,65–0,11 долл. США. При этом наиболее высокая рентабельность (11 %) была отмечена на уровне гумусированности 1,80–1,90 % (рисунок 2). Вариант опыта с применением N₈₀₊₂₀ был более экономически эффективным: прибыль на единицу затрат изменялась от 0,11 до 0,38 долл. США. Однако, максимального пика, как в предыдущем случае, отмечено не было, поскольку в этом варианте прибыль плавно возрастала

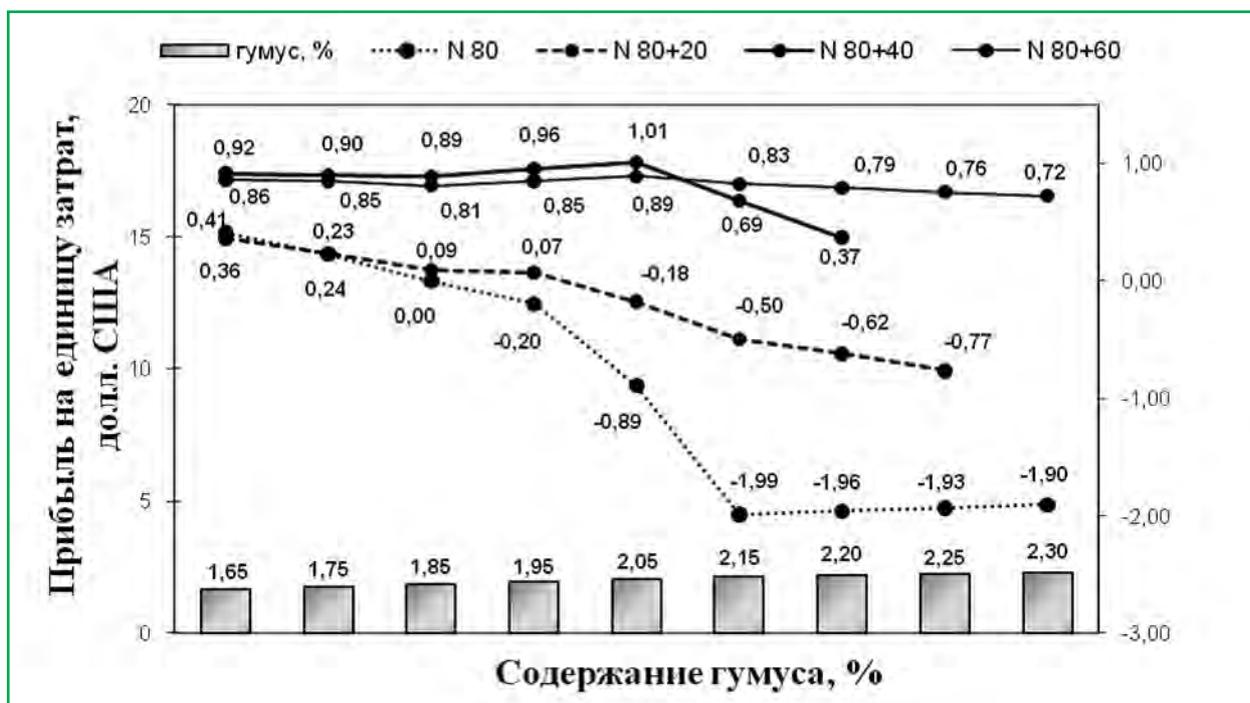


Рисунок 1 – Экономическая эффективность различных доз азотного удобрения в посевах ячменя в зависимости от гумусированности агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (2009 г.)

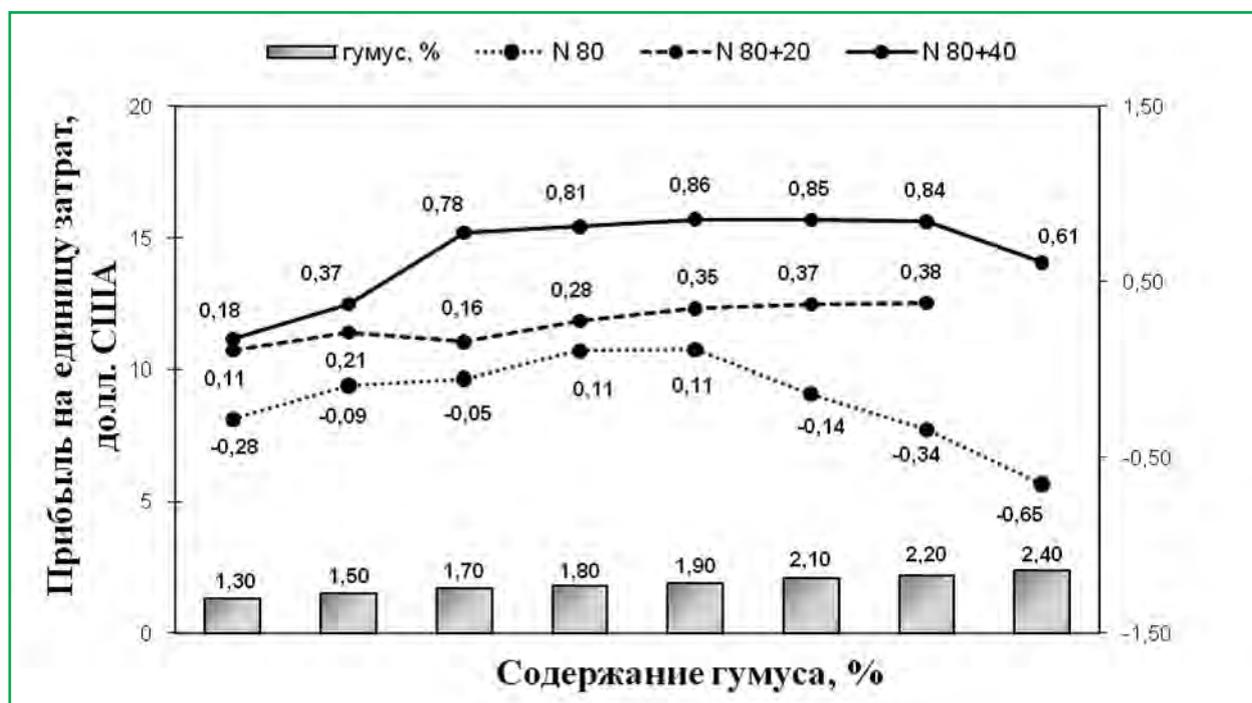


Рисунок 2 – Экономическая эффективность различных доз азотного удобрения в посевах ячменя в зависимости от гумусированности агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (2010 г.)

по мере увеличения гумусированности почвы. В итоге, максимальная прибыль была получена при содержании гумуса 2,20 %. Но нельзя утверждать, что данная зависимость будет носить такой же характер при возрастании содержания гумуса в почве выше этого уровня, т. к. деленок с более высоким уровнем гумусированности в данном случае не было.

В варианте опыта N₈₀₊₄₀ была отмечена та же тенденция, что и в первом случае. Рентабельность от применения азотных удобрений возрастала до определенного уровня гумусированности почвы (в частности, до 1,90 %, что совпадает с оптимальным уровнем) и достигнув сво-

его максимума (86 %), стала плавно снижаться по мере увеличения содержания гумуса в почве свыше 1,90 %. В целом данный вариант опыта оказался наиболее рентабельным по сравнению с другими вариантами в 2010 г.: прибыль на единицу затрат изменялась в пределах 0,18–0,86 долл. США.

В 2011 г. также наиболее эффективным оказался вариант опыта с применением азотных удобрений в дозе 80+40 кг д.в. на га. Максимальная рентабельность – 73 % (рисунок 3) была отмечена при оптимальном уровне гумусированности почвы (2,10 %). При увеличении содержания гумуса свыше этого уровня прибыльность данного

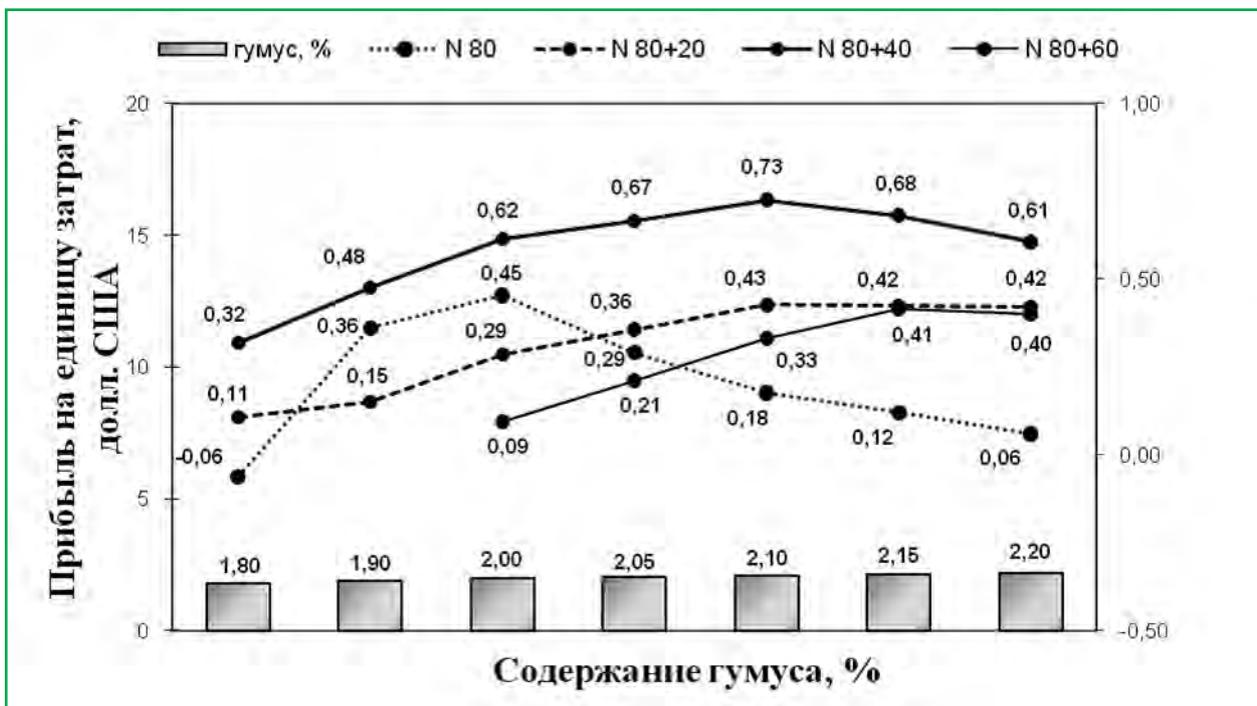


Рисунок 3 – Экономическая эффективность различных доз азотного удобрения в посевах ячменя в зависимости от гумусированности агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (2011 г.)

варианта снижалась. Наименее эффективным оказался вариант опыта с дозой азотных удобрений 80 кг д. в. на га, но и в данном случае максимальная рентабельность (45 %) была получена при оптимальном уровне гумусированности почвы (2,00 %).

В вариантах опыта N_{80+20} и N_{80+60} была получена прибыль больше, чем в предыдущем варианте, лишь при содержании гумуса свыше 2,05 %, при этом максимальный уровень прибыли был отмечен в обоих случаях также при оптимальных уровнях гумусированности почвы. Так, в варианте N_{80+20} максимальная прибыль – 0,43 долл. США отмечена при содержании гумуса на уровне 2,10 %, а в варианте N_{80+60} – 0,41 долл. США при содержании гумуса в почве 2,15 %, что также совпадает с оптимальными уровнями гумусированности почвы, полученными при анализе урожайности ячменя.

В целом, следует отметить, что наиболее эффективным вариантом, с экономической точки зрения, во все годы исследований оказался вариант опыта с применением азотных удобрений в дозе 120 кг д. в. на га: 80 кг д. в. – в основное внесение и 40 кг д. в. – в подкормку. При этом, увеличение гумусированности почвы до оптимального уровня способствует росту рентабельности применения азотных удобрений в посевах ячменя на агродерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Дальнейшее увеличение содержания гумуса в почве снижает рентабельность применения высоких доз азотных удобрений.

Заключение

Таким образом, при возделывании ячменя на агродерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях северо-восточной части Республики Беларусь рекомендуется размещать его посевы на рабочих участках с содержанием гумуса 1,9–2,1 %.

При возделывании ячменя на агродерново-подзолистой легкосуглинистой почве с оптимальным содержанием

гумуса на уровне 1,9–2,1 % рекомендуется применение дозы азотных удобрений на уровне 120 кг/га: 80 кг/га – в основное внесение и 40 кг/га – в подкормку.

Литература

1. Азот в земледелии Нечерноземной полосы / под ред. доктора с.-х. наук Н.А. Сапожникова. – Л.: «Колос», 1973. – 332 с.
2. Башкин, В.Н. Агрохимия азота / В.Н. Башкин, Горбылева, А.И. Об оптимальных уровнях гумусированности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы для некоторых зерновых культур: сб. науч. тр. / А.И. Горбылева, В.Б. Воробьев, И.В. Тустова // Эффективность удобрений и плодородие почв. – Горки: БГСХА, 1991. – С. 46–49.
3. Дайнеко, Т.М. Урожайность и качество зерна ярового ячменя при внесении доз азота / Т.М. Дайнеко // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию Калиновского ГЛ.; под ред. А.Р. Цыганова. – Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов ВУЗов – 5-е изд., доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Кулаковская, Т.Н. Современные данные о роли органического вещества в плодородии почв / Т.Н. Кулаковская // Проблемы накопления и использования органических удобрений. – Минск, 1976. – С. 10–20.
5. Кулаковская, Т.Н. Почвенно – агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская, Лыков, А.М. Гумус и плодородие почвы / А.М. Лыков. – М.: Московский рабочий, 1985. – 192 с.
6. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.
7. Минченко, Т.Э. Гумусовое состояние и биологическая активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном локальном внесении удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Т.Э. Минченко; БелНИИПА. – Минск, 1996. – 19 с.
8. Смирнов, П.М. Превращения азотных удобрений в почве и их использование растениями: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / П.М. Смирнов; ТСХА. – М., 1970. – 43 с.
9. Шевцова, Л.К. О взаимосвязи между некоторыми показателями гумусного состояния почв и урожаем // Тр. / Всерос. НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. – М., 1989. – С. 32–37.
10. Зависимость урожая яровой пшеницы от содержания в почве гумусовых веществ и азота / А.А. Шпедт [и др.] // Почвоведение. – 2001. – №8. – С. 976–980.