

УДК 631.82:633.16(476.6)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ

Ф.Н. Леонов, Т.Г. Синевиц

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 15.06.2012 г.)

Аннотация. В результате трехлетних исследований по возделыванию ярового ячменя, проведенных на агродерново-подзолистых оглеенных легкосуглинчатых почвах с различной степенью обеспеченности подвижным фосфором установлено, что оптимальными дозами фосфорных удобрений, обеспечивающих высокую урожайность и агрономическую эффективность на почве VI группы обеспеченности подвижными фосфатами, являются 40 кг/га, на почве IV группы обеспеченности – 60 кг P_2O_5 /га. Данные нормы применения фосфорных удобрений также обеспечивают максимальный сбор сырого протеина с 1 га пашни.

Summary. As a result of a three-year studies on the cultivation of spring barley conducted on podzolic gleyed agrodermovo-loam soils with varying degrees of security of mobile phosphorus found that the optimum dose of phosphorus fertilizers to ensure a high yield and agronomic efficiency on the basis of group VI are the provision of mobile phosphates 40 kg/ha, group IV on the basis of security – 60 kg P_2O_5 /ga. These application rates of phosphorus fertilizers also provide a maximum fee of crude protein per 1 hectare of arable land.

Введение. Дерново-подзолистые почвы Республики Беларусь характеризуются низкой обеспеченностью усвояемыми формами фосфатов, что, в свою очередь, является одной из причин достаточно неустойчивой продуктивности земледелия [6]. Природный фосфор таких почв, запас которого зависит от содержания его в материнской породе, отличается слабой растворимостью и доступностью для растений, что обусловлено не только разнообразием его форм, комплексов и соединений, но и физико-химическими свойствами самой почвы [2, 5, 7]. В связи с этим внесение в почву фосфорных удобрений выступает одним из важнейших факторов по повышению уровня плодородия дерново-подзолистых почв республики. Систематическое применение фосфорных удобрений увеличивает запас почвенного фосфора, улучшая фосфатный режим почвы, и обеспечивает достаточное фосфорное питание растений.

При внесении фосфорных удобрений в почву в дозах, которые превышают его вынос сельскохозяйственными растениями, происходит накопление остаточных фосфатов удобрений, которое играет большую

роль в формировании фосфатного режима окультуренных дерново-подзолистых почв, а также обеспечения растений фосфором. Кроме того, эффективность вновь вносимых фосфорных туков тесно связана с предельно возможным количеством примененных удобрений и [6, 9, 10].

Согласно 12 туру обследования [1] обеспеченность пахотных почв Республики Беларусь подвижным фосфором в 2007 – 2010 гг. составила 184 мг/кг. Вместе с тем почвам республики свойственна большая пестрота по группам обеспеченности. Наряду с очень бедными почвами (I и II группы – 23,0%), есть почвы с высоким и даже избыточным содержанием P_2O_5 (V и VI группы – 23,7%). Преобладают почвы III и IV групп – 53,3%. При этом 20% хозяйств имеют почвы с содержанием P_2O_5 более 250 мг/кг, которое считается оптимальным. Вместе с тем ряд авторов [4] считают, что оптимальные уровни обеспеченности почв подвижным фосфором необходимо увеличить в связи с повышением уровня интенсификации земледелия. Анализ результатов проведенных ими полевых опытов позволяет предположить следующий оптимальный диапазон обеспеченности почв подвижным фосфором: для суглинистых почв – до уровня 300-400 мг/кг, для супесчаных, подстилаемых суглинком – до уровня 300-350 мг/кг, для рыхлосупесчаных – до уровня 250-300 мг/кг, а для песчаных почв – до уровня 150-230 мг P_2O_5 на кг почвы.

Все это необходимо учитывать при внесении дефицитных и дорогостоящих фосфорных удобрений, которые при внесении в почву вступают в сорбционное взаимодействие с различными ее компонентами (гидроксиды и оксиды металлов, глинистые минералы, обменные катионы, карбонаты кальция и магния и др.) переходят в различные химические соединения, неодинаково доступные для растений. Поэтому оптимизация обеспеченности культур доступным фосфором должна, прежде всего, отвечать требованиям максимальной эффективности применения фосфорных удобрений, обеспечивающей полную реализацию генетического потенциала культуры и сорта и на этой основе обеспечивать получение высоких урожаев с заданными показателями качества продукции, с одной стороны, и поддержанию буферности почв по данному элементу – с другой.

При разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур важно определить оптимальные дозы элементов питания для получения планируемой урожайности. Главным критерием оценки являются обобщенные данные научно-исследовательских учреждений Республики Беларусь, на основе которых установлены оптимальные дозы удобрений под основные полевые культуры на почвах со средним

удержанием питательных веществ. Для других почв требуется уточнить количество вносимых макроэлементов.

Сельскохозяйственной практикой установлено, что с увеличением содержания подвижных фосфатов в почве урожайность сельскохозяйственных культур возрастает, тогда как эффективность фосфорных удобрений резко снижается [5, 12]. Излишнее насыщение почвы фосфором ведет к непроизводительным затратам дорогостоящих и остродефицитных фосфорных удобрений, в то время как недостаточная обеспеченность данным элементом питания часто является причиной недобора урожая культур и нерациональным использованием других видов удобрений, прежде всего азотных [8].

В связи с этим возникает необходимость в проведении более тщательной оценки влияния действия фосфорных удобрений и оптимизации их доз в зависимости от степени обеспеченности почв подвижными фосфатами в сложившейся финансово-экономической ситуации.

Цель работы: определить эффективность фосфорных удобрений при возделывании ярового ячменя на почвах с различной степенью обеспеченности подвижным фосфором.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в СПК «Прогресс-Вертелишки» в 2001-2003 гг. в полевых опытах на дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных суглинистых почвах с различной степенью обеспеченности подвижным фосфором в звене севооборота ячмень – яровая рапс – овес. Агротехника возделывания ячменя (сорт Дивосны) – общепринятая для данного региона. Опыты закладывались в соответствии с общепринятой методикой (Доспехов, 1973) в четырехкратной повторности. Расположение вариантов внутри повторений рендоминизированное. Общая площадь делянки – 60 м², учетная – 40 м². Поделяночный отбор смешанных почвенных образцов проводили на глубину пахотного слоя перед закладкой опыта и после его проведения. Существенных отличий по основным агрохимическим показателям пахотного слоя, за исключением содержания подвижного фосфора по Кирсанову (425 мг/кг почвы – опыт 1 и 184 мг/кг почвы – опыт 2 в среднем), между почвами не наблюдалось. Величина pH варьировала в пределах 5,7-6,4, содержание гумуса по Тюрину – 2,3-3,0% и обменного калия – 386,5-391,2 мг/кг почвы.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений)
2. N₆₀
3. N₆₀K₅₀
4. N₁₂₀
5. N₁₂₀K₁₁₀ – фон

6. Фон + P₂₀
7. Фон + P₄₀
8. Фон + P₆₀
9. Фон + P₈₀
10. Фон + P₁₀₀

Из минеральных удобрений применяли мочевины, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий.

Результаты исследований и их обсуждение: Общеизвестно, что применение фосфорных удобрений наряду с повышением урожайности сельскохозяйственных культур способствует также росту окультуренности почв. Однако ряд исследователей рекомендуют исключить применение фосфорных удобрений на почвах с содержанием P₂O₅ более 400 мг/кг почвы [1], мотивируя это не только непроизводительными затратами фосфора, но и депрессией урожаев зерновых, снижением содержания белка в зерне и т.д. На почвах же с содержанием фосфора менее 200 мг/кг дозы фосфорных удобрений рекомендуют рассчитывать с учетом планируемого урожая и нормативного повышения запасов P₂O₅.

Для оценки эффективности применения рассчитанных доз элементов питания нами были использованы основные показатели агрономической эффективности, к которым относятся прибавка урожайности и окупаемость удобрений урожаем.

Анализ урожайных данных ячменя в среднем за три года показал, что наибольшее влияние на урожайность данной культуры оказали азотные удобрения (таблица 1).

Таблица 1 – Эффективность минеральных удобрений на посевах ячменя в зависимости от обеспеченности почв подвижным фосфором, среднее за 2001-2003 гг.

Вариант	Обеспеченность почв P ₂ O ₅					
	очень высокая (VI группа)			повышенная (IV группа)		
	опыт 1			опыт 2		
	урожайность, ц/га	прибавка, ц/га	окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	урожайность, ц/га	прибавка, ц/га	окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
1. Контроль	32,4	-	-	29,0	-	-
2. N ₆₀	41,1	8,7	14,5	36,8	7,8	13,0
3. N ₆₀ K ₃₀	43,3	10,9	9,9	38,6	9,6	8,7
4. N ₁₂₀	47,6	15,2	12,7	42,9	13,9	11,6
5. N ₁₂₀ K ₁₁₀ - фон	49,4	17,0	7,4	44,3	15,3	6,7
6. Фон + P ₂₀	51,3	18,9	7,6	45,7	16,7	6,7
7. Фон + P ₄₀	52,9	20,5	7,6	47,4	18,4	6,8
8. Фон + P ₆₀	53,0	20,6	7,1	50,0	21,0	7,2
9. Фон + P ₈₀	52,1	19,7	6,4	51,4	22,4	7,2
10. Фон + P ₁₀₀	50,7	18,3	5,6	51,5	22,5	6,8
НСР ₀₅	1,6			1,6		

Так, внесение азота в дозе N₆₀ увеличивало урожайность более чем на 25% (на обоих опытных участках) в сравнении с контролем, а увеличение дозы до N₁₂₀ привело к росту урожайности еще на 16% по сравнению с нормой N₆₀.

Влияние совместного внесения азотных и калийных удобрений было менее эффективным по сравнению с односторонним применением азота. Повышение урожайности за счет внесения калия в дозах K₃₀ и K₁₁₀ на фоне применяемых норм азотных удобрений N₆₀ и N₁₂₀ соответственно колебалось в пределах 1,8-2,2 ц/га на почве с очень высокой степенью обеспеченности почв подвижным фосфором (опыт 1) и 1,4-1,8 ц/га на почве с повышенным содержанием подвижного фосфора (опыт 2). Такую, достаточно низкую, эффективность калийных туков, очевидно, можно объяснить наличием достаточного количества почвенного калия (386,5-391,2 мг/кг почвы). Необходимо отметить, что эффективность действия азотных и калийных туков на различных участках опыта была практически одинакова.

В то же время окупаемость внесенных туков зависела от содержания в почве подвижных фосфатов. Так, более высокий фосфатный уровень (> 400 мг/кг) обеспечивал большую окупаемость 1 кг как азотных (14,5-12,7 против 13,0-11,6 кг зерна на 1 и 2 опыте соответственно), так и азотно-калийных (9,9-7,4 против 8,7-6,7 кг зерна соответственно) удобрений.

Таким образом, повышение запасов подвижного фосфора в почве с 184 мг до 425 мг/кг оказало положительное влияние на продуктивность ярового ячменя как на контрольном варианте (без применения удобрений), так и в варианте с внесением азотных и азотно-калийных туков. На почве с более высокой степенью обеспеченности почв подвижным фосфором урожайность зерна данной культуры на сравнимых вариантах была значительно выше, чем на почве с повышенным содержанием подвижного фосфора.

Внесение возрастающих доз фосфорных удобрений на фоне N₁₂₀K₁₁₀ оказало неоднозначное действие на продуктивность возделываемой культуры в зависимости от степени обеспеченности почвы подвижным фосфором (рисунок 1). Окупаемость полного минерального удобрения (NPK) в опыте 1 (содержание P₂O₅>400 мг/кг почвы) практически во всех изучаемых комбинациях оказалась ниже в сравнении с фоновым вариантом за исключением вариантов с внесением невысоких доз P₂₀ и P₄₀ фосфорных удобрений. В этих же вариантах окупаемость 1 кг внесенного фосфора зерном ячменя была достаточно высокой и составила соответственно 9,5 и 8,8 кг. Однако необходимо обратить внимание на то, что прибавка урожайности при внесении 40 кг/га P₂O₅

на фоне $N_{120}K_{110}$ была практически в 2 раза выше по сравнению с вариантом фон + P_{20} при незначительном уменьшении уровня окупаемости фосфорных удобрений. Дальнейшее увеличение дозы вносимого фосфора до 100 кг/га не только не привело к росту урожайности ярового ячменя, но и обусловило резкое уменьшение уровня окупаемости данного вида удобрений.

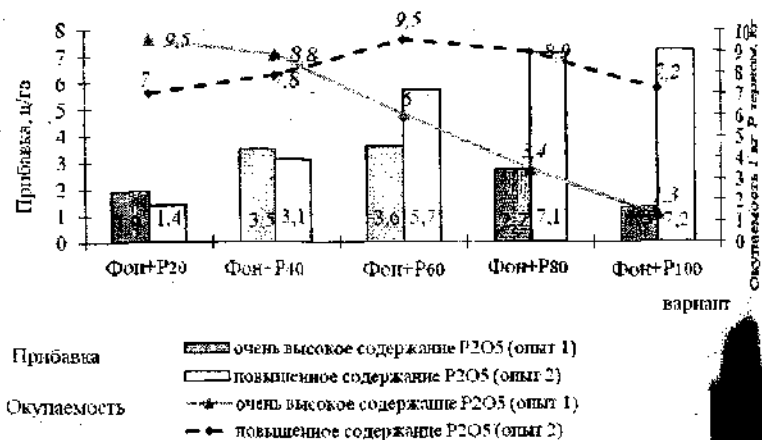


Рисунок 1 – Прибавка урожайности и окупаемость 1 кг фосфором зерном ячменя в зависимости от доз вносимого фосфора и его содержания в почве

На почве с содержанием подвижных фосфатов 184 мг/кг внесением возрастающих доз фосфорных удобрений сопровождалось линейным ростом урожая на каждом из вариантов. Наибольшая урожайность наблюдалась в вариантах $N_{120}K_{110}P_{80}$ и $N_{120}K_{110}P_{100}$ – 51,4 и 51,5 ц/га с окупаемостью 1 кг P_2O_5 зерном 8,9 и 7,2 кг соответственно. Однако наибольшая окупаемость фосфорных туков была получена при внесении P_2O_5 в дозе 60 кг/га на фоне $N_{120}K_{110}$ и составила 9,5 кг. Так как разница в прибавке урожая на этом варианте и в варианте с максимальной продуктивностью находилась в пределах НСР (1,4-1,5 ц/га) мы считаем, что на данной почве доза фосфорных удобрений на уровне P_{60} является оптимальной. Отказ от применения фосфорных туков (варианты $N_{60}K_{50}$ и $N_{120}K_{110}$) обуславливает значительный недобор продуктивности по сравнению с полным минеральным удобрением.

Таким образом, максимальная окупаемость 1 кг внесенных фосфорных туков, как на первом, так и на втором участках опыта составила 9,5 кг зерна. Однако следует отметить, что если на почве с очень высоким содержанием подвижного фосфора для достижения такого агрономического эффекта было достаточно внести 20 кг/га P_2O_5 , то на менее плодородной почве необходимо было увеличить данную дозу в 3 раза.

Немаловажное значение при возделывании ярового ячменя имеет также и химический состав полученной продукции, так как он характеризует пищевые и кормовые достоинства данной культуры. Неправильное применение удобрений может существенно ухудшить качество зерна вследствие нарушения оптимального питания растений [11].

Особое внимание при оценке качества зерна ярового ячменя уделялось изучению накопления в нем сырого протеина. Исследования показали, что фосфатный уровень почв не оказал заметного влияния на аккумуляцию белка в зерне данной культуры: на контрольных вариантах обоих опытных участков содержание сырого протеина практически не изменялось (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние доз и комбинаций минеральных удобрений на содержание (%) в зерне ячменя и сбор (ц/га) сырого протеина (среднее за 2001–2003 гг.)

Вариант	Содержание сырого протеина, %		Сбор сырого протеина, ц/га	
	Участок 1	Участок 2	Участок 1	Участок 2
1. Контроль	9,3	9,4	3,0	2,7
2. N_{60}	9,8	9,9	4,0	3,6
3. $N_{60}K_{50}$	9,8	9,8	4,2	3,8
4. N_{120}	10,9	10,9	5,2	4,7
5. $N_{120}K_{110}$ - фон	10,6	11,0	5,2	4,9
6. Фон + P_{20}	10,6	10,9	5,4	5,0
7. Фон + P_{40}	10,4	11,2	5,5	5,3
8. Фон + P_{60}	10,2	11,3	5,4	5,7
9. Фон + P_{80}	10,3	10,9	5,4	5,6
10. Фон + P_{100}	10,1	10,2	5,1	5,3
НСР _{пр}	0,5	0,6		

Применение различных доз и комбинаций удобрений обеспечило увеличение содержания сырого протеина в зерне. Применение азотных удобрений в невысоких дозах (вариант N_{60}) обусловило увеличение данного показателя на 0,5%, внесение же азота в дозе N_{120} привело к повышению содержания сырого протеина в зерне изучаемой культуры на 1,6% на почве с содержанием подвижных фосфатов > 400 мг/кг и на 1,5% на почве с повышенным содержанием фосфора (184 мг/кг) по сравнению с контрольными вариантами. Действие фосфорных удобрений на накопление сырого протеина зависело не только от применяемой нормы удобрений, но и от фосфатного уровня почвы. Так, на поч-

ве с очень высоким содержанием P_2O_5 , увеличение доз вносимых фосфорных удобрений приводило к снижению содержания сырого протеина в зерне ячменя.

В то же время внесение невысоких доз фосфора (до P_{40}) было агрономически оправданным, т.к. позволило повысить сбор сырого протеина на 2,2 ц/га по сравнению с контрольным вариантом и на 0,2-0,3 ц/га по сравнению с односторонним применением азотных удобрений.

Внесение фосфорных удобрений на почве с повышенным содержанием подвижного фосфора достоверно увеличивало содержание сырого протеина в зерне ячменя по сравнению с контролем и вариантами без применения фосфора. По мере увеличения доз вносимого фосфора повышался сбор сырого протеина с гектара посевов как за счет увеличения его содержания в зерне, так и за счет повышения урожайности (от 5,0 ц/га при внесении 20 кг/га P_2O_5 до 5,7 ц/га в варианте P_{60} на фоне $N_{120}K_{110}$). И только в вариантах с внесением высоких доз P_2O_5 (80 и 100 кг/га) значение этого показателя несколько снижалось.

Заключение. 1. Оптимальными дозами вносимых фосфатов под ячмень на почве VI группы обеспеченности подвижной P_2O_5 являются 40 кг/га, на почве IV группы обеспеченности – 60 кг P_2O_5 /га.

2. Внесение фосфора в невысоких дозах (P_{20}) даже на высокообеспеченной этим элементом питания почве является нерациональным, так как, несмотря на высокую окупаемость, рассчитанную в среднем за три года, эффективность вносимого фосфора по годам проведенных исследований была невысокой (прибавка урожая ячменя не превышала НСР).

3. Содержание сырого протеина в зерне ярового ячменя зависело как от доз вносимого азота (увеличение по сравнению с контролем на 0,5-1,6 и 0,5-1,5% на 1 и 2 участках соответственно), так и от применяемых фосфорных удобрений, а также от фосфатного уровня почв (при внесении полного минерального удобрения).

4. С повышением фосфатной нагрузки (почва VI группы обеспеченности фосфором) при увеличении доз вносимого фосфора содержание сырого протеина в зерне данной культуры снижалось с 10,6% (при P_{20}) до 10,1% (при P_{100}), в то время как на почве с содержанием подвижных фосфатов на уровне 184 мг/кг (IV группа обеспеченности) внесение фосфорных удобрений обеспечило увеличение данного показателя с 10,9% (при P_{20}) до 11,3% (при P_{60}).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель республики Беларусь (2007-2010) / И.М. Богдевич [и др.] ; ред. И.М. Богдевич; рец. И.Р. Вильдфлуш, Н.В. Клебанович; РУП "Институт почвоведения и агрохимии". - Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2012. - 275 с.

2. Аскинази, Д.Л. Фосфорный режим и известкование почв с кислой реакцией / М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. - 216 с.
3. Богдевич, И.М. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв: дис. ... д-ра с.-х. наук в форме науч. докл. - Мн., 1993. - 73 с.
4. Богдевич, И.М. Динамика и оптимизация фосфатного статуса пахотных почв Беларуси в зависимости от уровня интенсификации земледелия / И.М. Богдевич // Почвоведение и агрохимия. - 2008. - №1. - С. 104-117.
5. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почве и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. - Минск: бел. изд. Товарищество "Хата", 1999. - 190 с.
6. Волосатова, Е.А. Подвижность и доступность растениям остаточных фосфатов удобрений при известковании дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы : автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Е.А. Волосатова. М., 2005. - 28 с.
7. Гинзбург, К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. - М.: Наука, 1981. - 244 с.
8. Дерюгин, И.П. О совершенствовании методологии оценки фосфатного и калийного состояния почв / И.П. Дерюгин, В.В. Прокошев // Совершенствование методологии агрохимических исследований. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - С. 31-40.
9. Карпинский, Н.П. Основные условия эффективного применения удобрений / Н.П. Карпинский, Н.М. Глазунова. - М.: Колос, 1983. - С. 191.
10. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. - Минск: Ураджай, 1978. - 272 с.
11. Паников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Паников, В.Г. Минеев. - М.: Колос, 1977. - С. 264-410.
12. Boyd D.A., Dermott W. Fertilizer requirement of potatoes in relation to kind of soil and soil analysis. "J. of science of food and agriculture", 1967, v. 18. March.