

ОКУПАЕМОСТЬ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИБАВКОЙ УРОЖАЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

А.Н. Налиухин, к.с.-х.н., ВГМХА, С.А. Шафран, д.с.-х.н., ВНИИА

Рассмотрено влияние агрохимических свойств почвы на эффективность фосфорных удобрений на льне-долгунце. Показано, что наибольшее влияние на эффективность фосфорных удобрений оказывали содержание подвижного фосфора в почвах и величина их кислотности.

Ключевые слова: лен-долгунец, фосфорные удобрения, агрохимические свойства почвы, урожайность, окупаемость.

Уровень содержания подвижного фосфора в почве – один из важнейших показателей её плодородия, определяющий урожайность и качество сельскохозяйственных культур [1]. Лен-долгунец, имея слабо развитую корневую систему, особенно чувствителен к недостатку усвояемых форм данного элемента. По результатам исследований ВНИИ льна, наибольшая продуктивность льна-долгунца и культур льняного севооборота обеспечивается при содержании подвижного фосфора в почве не менее 200 мг/кг [2]. В то же время, при очень высокой обеспеченности почвы подвижным фосфором с рН 6,0 и выше возможно снижение поступления в растения льна цинка, что ведёт к усилению проявления кальциевого хлороза с признаками цинковой недостаточности [3]. По данным В.Я. Тихомировой, ежегодное внесение фосфора и калия в льняном севообороте с интенсивностью баланса 100 и 150 % соответственно способствует повышению выхода льноволокна и его урожайности на 15% даже в неблагоприятных погодных условиях [4]. По данным ЛенНИИСХ, достоверные прибавки урожайности льносоломы фосфорные удобрения дают только на почвах с содержанием подвижного фосфора менее 100 мг/кг почвы [5].

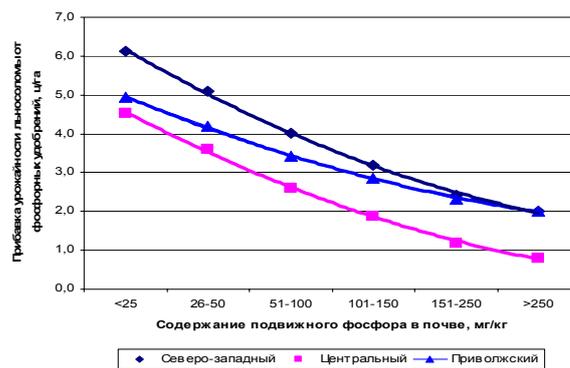
Таким образом, сведения об эффективности фосфорных удобрений на льне-долгунце весьма противоречивые. Следует отметить, что в большинстве исследований практически не учитывалось взаимодействие агрохимических свойств почвы и доз фосфорных удобрений на урожайность льна-долгунца в различных регионах России, различающихся по почвенно-климатическим условиям.

Цель наших исследований – изучить эффективность фосфорных удобрений на льне-долгунце в Северо-Западном, Центральном и Приволжском округах с учётом агрохимических свойств почвы.

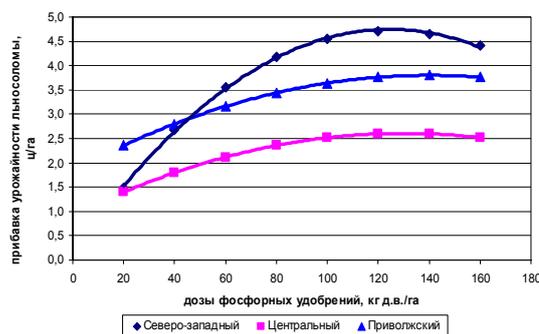
Методика. Для уточнения действия фосфорных удобрений на урожайность льна-долгунца, возделываемого на дерново-подзолистых почвах, было обобщено 100 опытов, проведённых Агротехслужбой РФ. Схема опытов позволяла вычлнить действие фосфорных удобрений на фоне контроля (без удобрений) и при внесении азотно-калийных удобрений. Выборки охватывали весь возможный диапазон агрохимических показателей, который может встретиться в условиях производства. Для определения взаимодействия между агрохимическими свойствами почвы, дозами фосфорных удобрений и величиной прибавки урожайности льна-долгунца провели корреляционный и регрессионный анализы [6]. Для составления прогноза эффективности фосфорных удобрений были выведены по каждому фактору уравнения регрессии, на основании которых рассчитывали совокупный вклад (с учётом долевого участия факторов) в формирование прибавки урожайности льносоломы [7]. Полученные данные сводили в итоговые таблицы по трём группам кислотности и четырём – подвижного фосфора. Объединение выборок с рН 5,1-5,5 и 5,6-6,0, а также с содержанием подвижного фосфора 101-150 и 151-250 мг/кг (по Кирсанову) сделано на основании несущественных различий прибавок урожайности льносоломы (не более 0,1 ц/га).

Результаты и их обсуждение. Из четырех агрохимических показателей, наиболее полно представленных в выборках (рН, гумус, подвижные формы фосфора и калия), наиболее существенное и достоверное влияние на урожайность льносоломы оказали два из них – величина кислотности и содержание подвижного фосфора в почве (по Кирсанову). Величина корреляционного отношения колебалась от 0,51 до 0,60 и характеризовалась как средняя при значении стандартной ошибки $S\eta = 0,05-0,07$. При этом, связь между содержанием фосфора в почве, величиной рН и прибавкой урожайности от фосфорных удобрений была существенна, так как $t_{\eta} > t_{01}$. Парная корреляция между дозами фосфора и прибавкой урожайности была более существенной: корреляционное отношение колебалось от 0,54 до 0,86 при $S\eta = 0,05-0,07$. Во всех случаях зависимость между признаками носила криволинейный характер, так как $F_{\phi} < F_{\tau}$.

Характер полученной зависимости между содержанием подвижного фосфора в почве и эффективностью фосфорных удобрений наиболее достоверно описывается гиперболическим уравнением. При этом увеличение содержания фосфора в почве закономерно сопровождается снижением величины прибавки урожайности льна-долгунца от внесения фосфорных удобрений во всех округах (рис. а).



а



б

Рис. Прибавка урожайности льносоломы в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве (а) и доз фосфорных удобрений (б) в Северо-Западном, Центральном и Приволжском округах

Влияние возрастающих доз фосфорных удобрений на урожайность льна-долгунца выражается параболическим уравнением $Y = ax^2 + bx + c$. В Северо-Западном округе в интервале доз 20-60 кг P_2O_5 /га наблюдается практически прямолинейная зависимость, с увеличением доз фосфора свыше 80 кг P_2O_5 /га прибавка урожайности значительно снижается (рис. б). Перегиб функции отмечен при внесении фосфорных удобрений в дозах более 120 кг P_2O_5 /га. В Центральном и Приволжском

округах эффективность фосфорных удобрений значительно ниже, чем в Северо-Западном, в которых с увеличением доз фосфора на каждые 20 кг д.в./га прибавка урожайности льно-солемы снижалась и имела «затухающий» характер.

Полученные и верифицированные закономерности по доле участия факторов в системе почва – растение – удобрения использовали для расчётов количественной изменчивости урожайности льносолемы при различных агрохимических показателях почвы и дозах фосфорных удобрений (табл. 1).

Согласно полученным данным, наибольшая прибавка урожайности льносолемы получена при содержании подвижного фосфора менее 50 мг/кг и слабокислой и близкой к нейтральной реакции почвенной среды. При данных агрохимических показателях наибольшая прибавка составила: в Северо-Западном округе – 4,0-4,2 ц/га (в интервале доз 80-120 кг P₂O₅/га), в Приволжском – 3,5-3,7, в Центральном округе 2,5-2,7 ц/га (при внесении 60-100 кг P₂O₅/га). Дальнейшее повышение доз фосфорных удобрений существенно не сказалось на урожайности льна-долгунца. При этом, как показано ранее, с увеличением содержания фосфора в почве снижается эффективность фосфорных удобрений. В то же время следует отметить, что наиболее высокая урожайность получена от внесенных удобрений, урожай выше при pH 5,1-6,0 и повы-

шенной и высокой обеспеченности почв фосфором. Изменение реакции почвенной среды как в сторону подкисления (pH<5,1), так и в нейтральную сторону (pH >6,1), ведёт к снижению урожайности и прибавки от эквивалентных доз фосфорных удобрений. В то же время следует подчеркнуть, что разница в урожайности между минимальной и максимальной дозами фосфорных удобрений (при pH 5,1-6,0) составляет не более 1,1-1,2 ц/га льносолемы в Центральном и Приволжском округах и 1,8 ц/га – в Северо-Западном. С учётом максимально возможной урожайности – 29 ц/га в Центральном и Приволжском округах и 35 ц/га в Северо-Западном округе, вынос фосфора урожаем составит не более 20-25 кг /га, что не может существенно повлиять на снижение содержания P₂O₅ в почве. Применение высоких доз фосфорных удобрений под лен-долгунец нецелесообразно, поскольку при внесении фосфорных удобрений в дозах свыше 60 кг д.в./га наблюдается резкое снижение их окупаемости (табл. 2). Так, например, в Северо-Западном округе оплата 1 кг P₂O₅ прибавкой урожайности при дозе P₂₀ составляет в зависимости от агрохимических свойств почвы 9,9-16,2 кг льносолемы, а при внесении P₈₀ при тех же показателях наблюдается снижение окупаемости фосфорных удобрений в 2,8-3,2 раза. Такая же закономерность отмечена и в других округах.

1. Прибавка урожайности льна-долгунца от фосфорных удобрений на дерново-подзолистых почвах, ц/га

pH	P ₂ O ₅ , мг/кг	Доза внесения P ₂ O ₅ , кг д.в./га								
		б/уд.	20	40	60	80	100	120	140	160
<i>Северо-Западный округ</i>										
<5,1	<50	23,2	2,8	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,7	3,7
	51-100	25,0	2,4	2,8	3,0	3,2	3,3	3,4	3,4	3,3
	101-250	26,4	2,2	2,5	2,8	2,9	3,1	3,1	3,1	3,0
	>250	25,6	2,0	2,3	2,6	2,8	2,9	2,9	2,9	2,8
5,1-6,0	<50	29,3	3,2	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2	4,2	4,1
	51-100	31,2	2,9	3,2	3,5	3,6	3,8	3,8	3,8	3,7
	101-250	32,6	2,6	2,9	3,2	3,4	3,5	3,5	3,5	3,4
	>250	31,7	2,4	2,7	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2
>6,1	<50	29,2	3,0	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0	3,9	3,9
	51-100	31,0	2,6	3,0	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,5
	101-250	32,4	2,4	2,7	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2
	>250	31,6	2,2	2,5	2,8	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0
<i>Центральный округ</i>										
<5,1	<50	19,1	1,9	2,1	2,2	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4
	51-100	21,6	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,2
	101-250	23,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1
	>250	21,8	1,4	1,6	1,7	1,9	1,9	2,0	2,0	1,9
5,1-6,0	<50	22,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7
	51-100	25,4	1,9	2,1	2,2	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4
	101-250	27,1	1,7	1,9	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
	>250	25,6	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2
>6,1	<50	20,1	1,8	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,4
	51-100	22,6	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2
	101-250	24,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0
	>250	22,8	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	1,9
<i>Приволжский округ</i>										
<5,1	<50	22,5	2,9	3,1	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5
	51-100	24,2	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,2
	101-250	25,7	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,0
	>250	25,6	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9
5,1-6,0	<50	22,8	3,1	3,3	3,5	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7
	51-100	24,4	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,4
	101-250	26,0	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,2
	>250	25,9	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1
>6,1	<50	15,8	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6
	51-100	17,5	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4
	101-250	19,0	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,2
	>250	18,9	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0

В целом, окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожайности льносолемы по округам находилась в следующем убывающем порядке: Северо-Западный > Приволжский > Центральный. Низкая окупаемость фосфорных удобрений в Центральном округе связана с уменьшением количества осадков при продвижении с севера на юг.

Для установления целесообразности применения фосфорных удобрений в зависимости от агрохимических свойств почвы использовали показатель, предложенный С.С. Андреевым – граница окупаемости удобрений, [8]. Он обозначает величину прибавки урожайности (кг), стоимость которой равна всем затратам на применение 1 кг д. в. удобрений. Рас-

чёт границы окупаемости удобрений (кг/кг) производили по формуле $ГОУ=З/С$, где $З$ – затраты на применение 1 кг д.в. удобрений; $С$ – стоимость льносомы, руб/т.

В качестве основного фосфорного удобрения под лён-долгунец используют преимущественно аммофос (АФ) стоимость которого на 01.05 2013 г. составляла 13930 руб/т [9]. Затраты на покупку (с учётом НДС) и внесение 1 т АФ составили 31 815 руб. Средняя цена реализации льносомы (льнотресты) на льнозаводы номером выше 1,25 составляет 4,0 тыс. руб/т. Произведя расчёт по приведенной формуле, получаем, что граница окупаемости АФ, вносимого под лён-долгунец, составляет 8,0 кг/кг. Таким образом, фосфорные удобрения экономически выгодно вносить в Северо-Западном и Приволжском округах при всех агрохимических показателях в дозе 20-80 кг/га, в Центральном – 20 кг/га только при низком и среднем содержании P_2O_5 в почве.

Таким образом, приведённые данные позволяют оценить эффективность фосфорных удобрений с учётом влияния агрохимических свойств почвы, а также выбрать наиболее рациональную дозу для их внесения под лён-долгунец на дерново-подзолистых почвах.

Литература

1. Сычёв В.Г., Кирпичников Н.А. Приёмы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях. – М.: ВНИИА, 2009. – 176 с. 2. Петрова Л.И., Аюшнина Т.Г. Оптимальные параметры агрохимических свойств окультуренной дерново-подзолистой почвы в льняном севообороте / Сб. научн. тр. ВНИИЛ. – Вып. XXIII, 1986. – С. 92-101. 3. Тихомирова В.Я., Сорокина О.Ю. Лен-долгунец. Биологические особенности. Управление формированием урожая и его качества. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011. – 159 с. 4. Тихомирова В.Я. Урожайность и качество волокнистой льнопродукции при разной обеспеченности почвы фосфором и калием // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 9-10. 5. Небольсин А.Н., Небольсина З.П., Поляков В.А., Покровская Г.П., Шулегина М.В., Рысев М.Н. Научно-методические основы оптимизации доз удобрений под основные сельскохозяйственные культуры по агрономическим, экономическим и экологическим параметрам / Под ред. А.Н. Небольсина. – С-Пб.: ЛНИИСХ, 2003. – 75 с. 6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с. 7. Сычёв В.Г., Шафран С.А. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2012. – 200 с. 8. Войтович Н.В., Андреев С.С., Шафран С.А. Ассортимент минеральных удобрений и экономическая эффективность их применения. – М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2005. – 127 с. 9. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс] / О ситуации на внутреннем рынке минеральных удобрений // Декларируемый максимально возможный уровень цен на минеральные удобрения для поставок сельхозтоваропроизводителям России, 2013 год. – Режим доступа:

<http://www.mcx.ru/documents/document/show/22704.htm>

2. Окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожайности льносомы на дерново-подзолистых почвах, кг/кг

pH	P_2O_5 , мг/кг	Доза внесения P_2O_5 , кг д.в./га							
		20	40	60	80	100	120	140	160
<i>Северо-Западный округ</i>									
<5,1	<50	14,1	7,9	5,7	4,5	3,7	3,1	2,7	2,3
	51-100	12,2	7,0	5,1	4,0	3,3	2,8	2,4	2,1
	101-250	10,8	6,3	4,6	3,7	3,1	2,6	2,2	1,9
	>250	9,9	5,8	4,3	3,5	2,9	2,4	2,1	1,8
5,1-6,0	<50	16,2	8,9	6,4	5,0	4,1	3,5	3,0	2,6
	51-100	14,3	8,0	5,8	4,6	3,8	3,2	2,7	2,3
	101-250	12,9	7,3	5,3	4,2	3,5	2,9	2,5	2,1
	>250	12,0	6,8	5,0	4,0	3,3	2,8	2,4	2,0
>6,1	<50	15,1	8,4	6,0	4,8	3,9	3,3	2,8	2,4
	51-100	13,2	7,5	5,4	4,3	3,5	3,0	2,6	2,2
	101-250	11,9	6,8	5,0	3,9	3,3	2,8	2,4	2,0
	>250	10,9	6,3	4,6	3,7	3,1	2,6	2,2	1,9
<i>Центральный округ</i>									
<5,1	<50	9,3	5,2	3,7	3,0	2,4	2,1	1,8	1,5
	51-100	8,2	4,6	3,4	2,7	2,2	1,9	1,6	1,4
	101-250	7,4	4,2	3,1	2,5	2,1	1,7	1,5	1,3
	>250	6,8	3,9	2,9	2,3	1,9	1,7	1,4	1,2
5,1-6,0	<50	10,5	5,7	4,1	3,2	2,7	2,3	1,9	1,7
	51-100	9,3	5,2	3,7	3,0	2,4	2,1	1,8	1,5
	101-250	8,5	4,8	3,4	2,7	2,3	1,9	1,7	1,4
	>250	7,9	4,5	3,3	2,6	2,2	1,8	1,6	1,4
>6,1	<50	9,2	5,1	3,7	2,9	2,4	2,1	1,8	1,5
	51-100	8,1	4,6	3,3	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4
	101-250	7,3	4,2	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3
	>250	6,7	3,9	2,9	2,3	1,9	1,6	1,4	1,2
<i>Приволжский округ</i>									
<5,1	<50	14,7	7,8	5,4	4,2	3,5	2,9	2,5	2,2
	51-100	13,4	7,1	5,0	3,9	3,2	2,7	2,3	2,0
	101-250	12,4	6,7	4,7	3,6	3,0	2,5	2,2	1,9
	>250	11,8	6,3	4,5	3,5	2,9	2,4	2,1	1,8
5,1-6,0	<50	15,7	8,3	5,8	4,5	3,7	3,1	2,7	2,3
	51-100	14,4	7,6	5,3	4,1	3,4	2,9	2,5	2,2
	101-250	13,4	7,1	5,0	3,9	3,2	2,7	2,3	2,0
	>250	12,7	6,8	4,8	3,7	3,1	2,6	2,2	1,9
>6,1	<50	15,3	8,1	5,6	4,4	3,6	3,0	2,6	2,3
	51-100	14,0	7,4	5,2	4,0	3,3	2,8	2,4	2,1
	101-250	13,0	6,9	4,9	3,8	3,1	2,6	2,3	2,0
	>250	12,3	6,6	4,7	3,6	3,0	2,5	2,2	1,9

OPTIMIZATION OF THE PHOSPHORUS NUTRITION OF FIBER FLAX GROWN ON SODDY-PODZOLIC SOILS

S.A. Shafran¹, A.N. Naliukhin²

¹Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

²Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy, ul. Shmidta 2, Molochnoe, Vologda, 160555, Russia, E-mail: naliukhin@vologda.ru

The impact of the agrochemical soil properties on the efficiency of phosphorus fertilizers for fiber flax has been studied. It has been shown that phosphate fertilizers (AF) were economically recouped at the application rate of 20–80 kg P_2O_5 /ha in the Northwestern district, 20–60 kg P_2O_5 /ha in the Privolzhsky district, and 20–40 kg P_2O_5 /ha in the Central district.

Keywords: fiber flax, phosphate fertilizers, agro-chemical properties of soil, yielding capacity, payback.