

*N.N. Shapovalova, E.P. Shustikova, Stavropol Research Institute of Agriculture  
ul. Nikonova 49, Mikhailovsk, Stavropol krai, 356241 Russia E-mail: chapovalova.nadejda@yandex.ru*

*The fertility of the upper 1-m-thick profile of ordinary chernozem and the productivity of field crop rotation after the end of application of phosphoric fertilizers at increasing rates were assessed. It is revealed that the application of phosphates leads to variation of N, P, and K pools. The content of  $P_2O_5$  in the 0- to 100-cm layer in the first year of aftereffect was higher by 64–263% than on the unfertilized control, and the contents of  $N-NO_3$  and  $K_2O$ , on the contrary, were lower by 26–45 and 0–10%, respectively. The preceding application of phosphoric fertilizers significantly affected the yields of crops in the crop rotation, the total productivity of which increased against the control by 18–29% in the aftereffect of phosphorus alone and by 31–37% at the application of complete mineral fertilizer.*

*Keywords: aftereffect of phosphate fertilizers, soil fertility, crop rotation productivity, ordinary chernozem.*

УДК 633.14:631.86

## ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНОПРОДУКЦИИ

*М.Н. Рысев, М.Н. Дятлова, Е.С. Волкова, Е.Н. Федотова, Псковский НИИСХ*

*Представлены результаты исследований, проводимых на базе стационарного многолетнего полевого опыта по влиянию известкования, навоза, сидератов и минеральных удобрений, отдельно и в комплексе, на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность льна-долгунца. Показано, что совместное применение органических удобрений и известки существенно повышало катионообменную способность исследуемой почвы, снижало потери почвенного органического вещества и способствовало повышению урожая льносоломы и льносемян. Данные, полученные в ходе исследований, позволяют разработать приёмы использования агрохимических средств в технологиях различной интенсивности с целью ведения рентабельного сельскохозяйственного производства.*

*Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, растения льна, кислотность почвы, содержание органического вещества, подвижный фосфор, обменный калий, навоз, сидераты, минеральные удобрения, известкование.*

В середине прошлого века площади мировых посевов волокнистого льна занимали 2200 тыс. га. Из них, в Российской Федерации лён-долгунец возделывали на 722,5 тыс. га. В Псковской области лён-долгунец сеяли на площади более 100 тыс. га [1].

Климатические ресурсы Псковской области благоприятны для возделывания льна-долгунца. Умеренные температуры воздуха и достаточное количество осадков в период вегетации способствуют получению качественного льноволокна [2].

Основными пахотными почвами в области являются дерново-подзолистые, обладающие низким естественным плодородием: повышенной кислотностью, невысоким содержанием органического вещества (ОВ) и элементов минерального питания. По данным материалов агрохимического обследования, более 85% пашни характеризуется низким содержанием ОВ, 45 - имеют кислую реакцию, 18 - низкое содержание подвижного фосфора, 46% - низкое содержание обменного калия.

В то же время, благоприятным фактором является распространение в области лёгких по гранулометрическому составу почв (средне- и легкосуглинистых). Окультуривание таких почв способствует улучшению физи-

ческих и физико-химических параметров, повышению содержания питательных веществ, биологической активности.

Высокая культура земледелия предусматривает грамотное соблюдение севооборотов, известкование кислых почв, применение научно обоснованных доз органических и минеральных удобрений. Многолетний научный и практический опыт показывает, что высокие и устойчивые урожаи льна-долгунца получают при возделывании данной культуры в севооборотах, где известковые материалы и органические удобрения вносят под предшественники (в паровом поле или под озимые) [2, 3].

Цель исследований – изучить влияние последствий известкования и органических удобрений, а также многолетнего применения минеральных удобрений на физико-химические и агрохимические свойства почвы и урожайность льнопродукции.

Новизну исследований обусловило изучение исследуемых факторов в современных агротехнических и экономических условиях.

Современные сельскохозяйственные предприятия имеют неодинаковые финансовые возможности. Актуальность и практическая ценность работы заключается в разработке приемов по применению средств химизации для технологий различной интенсивности.

**Методика.** Исследования проводили на опытном поле Псковского НИИСХ в условиях стационарного многолетнего многофакторного полевого опыта, заложенного в 2006 г., в 5-польном севообороте: 1 - паровое поле; 2 - озимые зерновые; 3 - травы; 4 - ячмень; 5 - лён-долгунец. Известь, в количестве 2,7 т/га (0,5 дозы, рассчитанной по гидролитической кислотности), 30 т/га навоза и сидеральное удобрение (220 ц/га зеленой массы рапса) вносили в паровое поле. С навозом в почву поступило 200 кг/га N, 72  $P_2O_5$ , 80 кг/га  $K_2O$ . С сидеральным удобрением в почву внесено 89 кг/га, 23 и 115 кг/га N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  соответственно. Минеральные удобрения применяли в качестве основного удобрения перед посевом в дозах, рассчитанных для получения 8–10 ц/га волокна: в I ротацию  $N_{20}P_{60}K_{60}$ , во II ротацию  $N_{20}P_{20}K_{45}$ . Азофоску и калий хлористый вносили под предпосевную культивацию, аммиачную селитру – в фазе ёлочка.

Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая, легкосуглинистая (содержание физической глины – 28%, физического песка – 78%) слабоглееватая среднекультуренная на морене, подстилаемой элювием известняковой плиты глубже 1 м. Агрохимические показатели почвы до закладки опыта: рН 4,7,  $P_2O_5$  – 32,7 мг/100 г,  $K_2O$  – 15,4 мг/100 г, гидролитическая кислотность – 5,7 мг-экв/100 г, гумус – 2,27%. Площадь опытной делянки – 72 м<sup>2</sup>, учетная площадь делянки – 55 м<sup>2</sup>, повторность опыта – трехкратная.

Анализ почвы выполнен в аналитической лаборатории Псковского НИИСХ: влажность почвы – высушиванием при температуре 105 °С до постоянной массы, гумус – по Тюрину, рН солевой – потенциометрически,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу, нитратный азот в почве – потенциометрически.

Математическая обработка данных проведена методом дисперсионного многофакторного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с помощью Excel. Экономическую эффективность использования средств химизации рассчитывали по «Методике определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ» (Москва, 1984).

В работе использованы варианты: 1. Пары. 2. Известкование. 3. Минеральные удобрения. Данные по влиянию микробиологических препаратов и микроудобрений будут приведены в последующих публикациях.

**Результаты и их обсуждение.** Внесение в паровом поле навоза, извести и сидератов, ежегодное применение минеральных удобрений привели к изменению основных агрохимических показателей почвы. Существенное изменение кислотно-основных свойств почвы произошло под влиянием известкования. В среднем по опыту, известкование сильнокислой почвы с рН 4,6 половинной дозой извести, рассчитанной по гидролитической кислотности, способствовало доведению рН до 5,03 (рис. 1). Гидролитическая кислотность при этом снижалась с 5,15 до 4,37 мг-экв/100 г (рис. 2).

Сумма обменных оснований возрастала с 3,78 до 4,67 мг-экв/100 г (рис. 3).

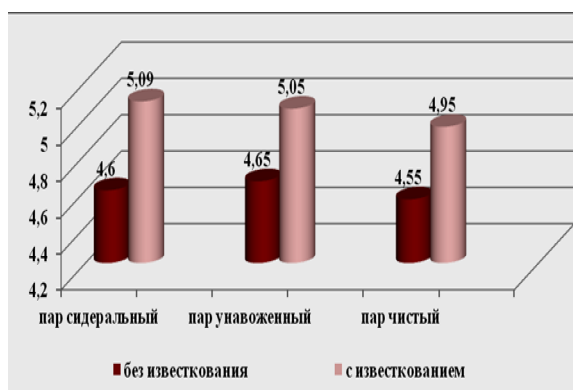


Рис. 1. Влияние комплексного использования паров и известкования на изменение рН (в среднем за две ротации)

Установлено, что известкование 0,5 дозой извести, рассчитанной по гидролитической кислотности, оказывало положительное действие на физико-химические свойства почвы на протяжении ротации 5-польного севооборота. При этом, к завершению ротации, начиная

с 4-го года исследований показатели обменной и гидролитической кислотности приближались к исходным. Снижалась также сумма обменных оснований. Данные наблюдения отмечены как в I, так и во II ротации. Все это говорит о пользе повторного известкования.

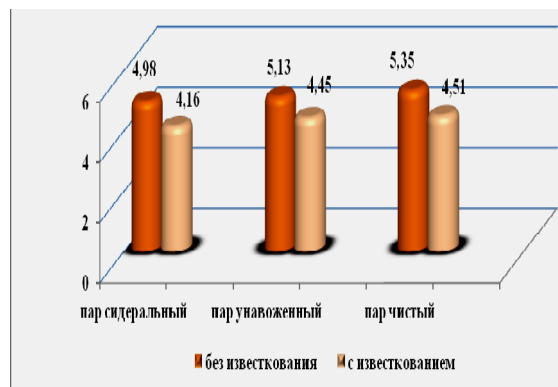


Рис. 2. Влияние комплексного использования паров и известкования на изменение гидролитической кислотности, мг-экв/100 г (в среднем за две ротации)

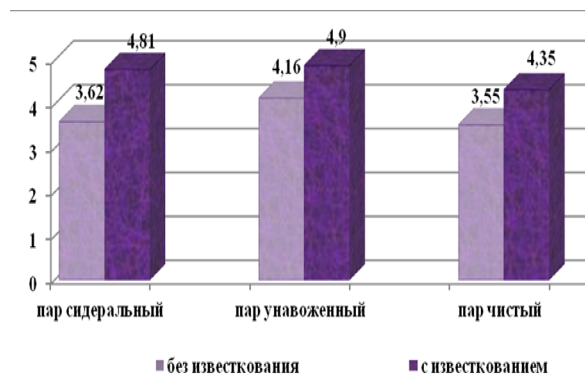


Рис. 3. Влияние комплексного использования паров и известкования на изменение суммы обменных оснований, мг-экв/100 г (в среднем за две ротации)

В ходе исследований отмечено положительное влияние органических удобрений на физико-химические свойства почвы. Согласно данным, полученным за две ротации, внесение навоза и сидератов в паровом поле способствовало повышению рН, суммы обменных оснований, снижению гидролитической кислотности как без известкования, так и после него (рис. 1-3). При внесении органических удобрений в почву поступает некоторое количество обменных катионов, вытесняющих водород из почвенного поглощающего комплекса, чем можно объяснить снижение кислотности и повышение суммы обменных оснований. Кроме того, образование гуматов кальция стабилизирует органическое вещество почвы и препятствует выносу кальция и других оснований за пределы профиля.

Внесение органических удобрений в паровом поле также повышало защитные свойства почвы при действии физиологически кислых удобрений, внесение которых вызывало определенное ухудшение кислотно-основного режима исследуемой почвы. Происходили подкисление почвенного раствора на 0,1-0,2 рН и повышение гидролитической кислотности на 0,1-0,3 мг-экв/100 г почвы.

Применение исследуемых агрохимических средств существенно повлияло на катионообменную способность почвы. В условиях чистого пара степень насыщен-

ности основаниями составляла 38%; внесение органических удобрений повышало ее на 6,4 и 5,6 %; совместное применение извести и органических удобрений – на 9,8 и 5% по сидератам и навозу соответственно.

Влияние изучаемых на протяжении двух ротаций севооборота агроприемов на содержание гумуса в почве

показано на рисунке 4. Внесение сидерального удобрения вызывало повышение содержания гумуса, в среднем по вариантам, на 0,15%, внесение навоза – на 0,33% в сравнении с чистым паром. Совместное применение навоза и известкования в наибольшей степени способствовало накоплению гумуса в почве.

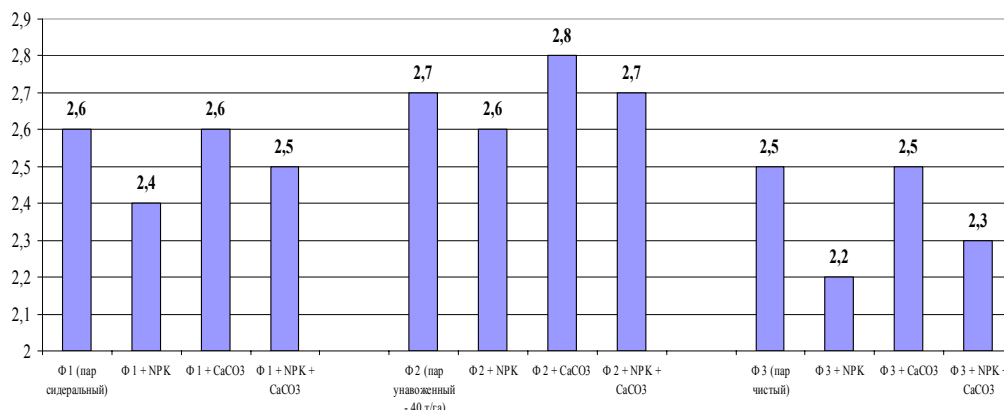


Рис. 4. Влияние агроприемов на содержание гумуса, %

При внесении минеральных удобрений без предварительного известкования по сидеральному пару из пахотного слоя почвы было потеряно 0,2% гумуса, или около 6 т/га; по унавоженному пару – 0,1%, или около 3 т/га. В условиях чистого пара внесение минеральных удобрений без предварительного известкования приводило к потерям гумуса, равным 0,3%, или около 9 т/га. Известкование почвы половинной дозой в паровом поле способствовало снижению потерь гумуса из пахот-

ного слоя почвы в 2 раза в условиях сидерального пара и в 1,5 раза в условиях чистого пара.

Присутствие повышенного содержания алюминия в почве оказывает токсичное действие на растения льна. Известкование и внесение органических удобрений способствовали снижению содержания его подвижных соединений (рис. 5). Наименьшее содержание подвижных соединений алюминия установлено при совместном применении извести и сидератов.

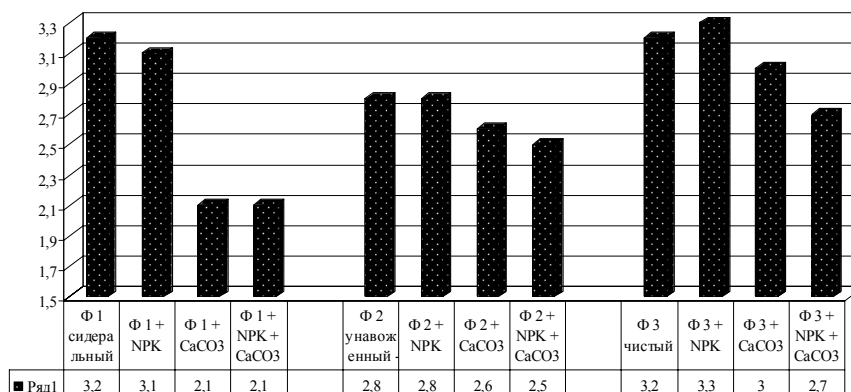


Рис. 5. Влияние агроприемов на содержание подвижного алюминия, мг/100 г почвы

Полученные данные подтверждают необходимость предварительного внесения извести и органических удобрений в льняных севооборотах.

Использование средств химизации способствовало повышению содержания основных элементов питания. Существенное влияние оказывали минеральные удобрения, повышающие содержание обменного фосфора, в среднем, на 1,8-3,4 мг/100 г в 2010 г. и на 4,7-6,6 мг/100 г почвы в 2015 г. (табл. 1).

Ведение сельскохозяйственного производства без внесения минеральных удобрений приводило к снижению в почве питательных веществ. В ходе исследований установлено, что если в варианте с NPK содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> сохранялось на одном уровне, то в контрольных вариантах (без NPK) за пять лет содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> уменьшилось на 4,00 и 3,5 мг/100 г соответственно.

#### 1. Влияние исследуемых приемов на содержание подвижного фосфора и обменного калия, мг/100 г

Вариант опыта	Пар сидеральный		Пар унавоженный		Пар чистый		В среднем	
	2010г.	2015г.	2010г.	2015г.	2010г.	2015г.	2010г.	2015г.
<b>Подвижный фосфор</b>								
<i>Фон без извести</i>								
0	24,7	20,9	25,3	21,3	24,7	20,5	24,9	20,9
NPK	26,5	24,4	28,2	29,0	28,0	26,9	27,6	26,8
<i>Фон с известкованием</i>								
0	23,5	20,5	24,7	20,9	25,2	21,7	24,5	21,0
NPK	25,2	26,2	27,2	26,8	29,2	26,4	27,2	26,4
<b>Обменный калий</b>								
<i>Фон без извести</i>								
0	13,1	9,6	12,8	10,1	10,6	8,6	12,2	9,4
NPK	14,9	20,3	15,1	15,8	14,1	14,8	14,7	17,0
<i>Фон с известкованием</i>								
0	12,9	7,8	13,5	9,3	11,9	8,4	12,8	8,5
NPK	15,1	15,7	15,3	18,4	14,8	14,7	15,1	16,3

На содержание подвижного фосфора влияло также внесение навоза в паровом поле.

Содержание обменного калия, определяемого методом Кирсанова, на контроле в 2010 г. было повышенным (12,2 и 12,8 мг/100 г почвы), в 2015 г. – 9,4 и 8,5 мг/100 г, что соответствовало среднему количеству, согласно данной группировке (см. табл. 1).

Существенное влияние на содержание  $K_2O$  в почве оказало внесение минеральных удобрений. К концу II ротации севооборота содержание элемента в почве возросло в среднем с 14,7 до 17,0 мг/100 г, в то время как без внесения NPK потери его составили 2,8 и 4,3 мг/100 г.

На количество обменного калия в почве влияло внесение органических удобрений (навоза и сидератов) в паровом поле, в результате чего оно было на 0,7-3,2 мг/100 г выше в сравнении с чистым паром.

Данные по влиянию известкования, сидератов, навоза и минеральных удобрений на урожайность льнопродукции представлены в таблице 2.

**2. Урожайность льнопродукции, ц/га (в среднем за 2010 и 2015 гг.)**

Вариант опыта	Пар сидеральный		Пар унавоженный		Пар чистый		В среднем	
	0	$CaCO_3$	0	$CaCO_3$	0	$CaCO_3$	0	$CaCO_3$
<i>Льносолома</i>								
0	36,1	40,7	39,5	40,5	36,3	39,5	37,3	40,2
NPK	47,5	50,3	45,9	51,1	45,8	47,6	46,4	49,7
<i>Льносемена</i>								
0	5,7	6,4	6,3	6,7	5,8	6,1	5,9	6,4
NPK	6,6	7,4	6,7	7,1	6,7	6,1	6,7	6,9
НСР <sub>05</sub> , ц/га: для льносоломы 1,7, для льносемян 0,3.								

Последствие известкования ( $CaCO_3$ ) на неудобренном фоне выражалось в повышении урожайности льносоломы в среднем на 2,9 ц/га (7,8%) и льносемян на 0,5 ц/га (8,5%). По сидеральному пару прибавка льносоломы от данного приема составила 4,6 ц/га, по унавоженному – 1,0, по чистому – 3,2 ц/га; прибавка льносемян – 0,7, 0,4 и 0,3 ц/га соответственно. По унавоженному пару прибавка льносоломы была в пределах ошибки опыта.

Внесение навоза в паровом поле способствовало получению урожая льносоломы 39,5 ц/га, что существенно выше урожая льносоломы, полученного по чистому (36,3 ц/га) и сидеральному (36,1 ц/га) парам. При внесении извести эффективность сидерального удобрения была равна последствию навоза (40,7 и 40,5 ц/га льносоломы; 6,4 и 6,7 ц/га льносемян) и превосходила последствие навоза при внесении минеральных удобрений по урожайности льносоломы (47,5 и 45,9 ц/га), а при совместном применении извести и минеральных удобрений – по урожайности льносемян (7,4 и 7,1 ц/га).

Эффект от минеральных удобрений составил в среднем по льносоломе 9,1 ц/га (24,4%) и 9,5 ц/га (23,6%). Действие минеральных удобрений на урожай льносе-

мян было не таким высоким: 0,8 ц/га (13,6%) без извести и 0,5 ц/га (7,8%) по извести.

В ходе работы рассчитаны следующие экономические показатели: стоимость затрат на применение средств химизации, чистый доход, рентабельность.

Стоимость затрат, связанных с применением минеральных удобрений под лен-долгунец, составила 3060 руб., а затрат по применению навоза, извести и сидератов в паровом поле, отнесенная на лен-долгунец – 900,0, 906,1 и 279,8 руб. соответственно.

В условиях чистого пара на 1 руб. затрат на известкование получено 2,31 руб. прибыли. Наиболее эффективным было известкование сидерального пара, где на 1 руб. затрат получено 4,19 руб. прибыли. Рентабельность известкования унавоженного пара равна 321,2%. Чистый доход с 1 га по сидеральному пару составил 1070,2 руб., по унавоженному пару – 6000 руб.; рентабельность 382,5 и 666,7% соответственно. Комплексное использование сидератов, извести и минеральных удобрений способствовало получению 9254,1 руб/га чистого дохода, что на 729,8 руб/га меньше дохода от совместного использования навоза, извести и минеральных удобрений, а рентабельность производства льнопродукции была на 12,8% выше по сидеральному пару (218,0%).

**Выводы.** 1. В льняном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение извести и органических удобрений (навоза и сидератов) оказывало длительное положительное действие на плодородие почвы: возрастало содержание гумуса и элементов питания, снижалась кислотность, возрастали степень насыщенности основаниями, емкость катионного обмена. 2. Роль минеральных удобрений заключается в обеспечении растений элементами питания. Возделывание культур севооборота без внесения минеральных удобрений приводило к снижению содержания подвижного фосфора и обменного калия в почве. 3. Прибавки урожая, в среднем, составили: от минеральных удобрений – 23,6-24,4% льносоломы и 13,6-7,8% льносемян (без извести-по извести), от известкования, соответственно, 7,8 и 8,5%. На 5-й год сохранилось действие навоза: получена прибавка льносоломы 3,2 ц/га (8,8%) и льносемян 0,5 ц/га (8,6%), 4. На основании полученных данных, разработаны приемы использования средств химизации для технологий различной интенсивности.

#### Литература

1. Справочник по льну-долгунцу. Изд. 2-е переработанное и исправленное. - М.: Сельхозгиз, 1961. – 244 с.
2. Агрономическая тетрадь. Возделывание и первичная обработка льна-долгунца по интенсивной технологии/ Под ред. Б.П. Мартынова. - М.: Россельхозиздат, 1987. – 107 с.
3. Научные основы земледелия в колхозах и совхозах Псковской области. – Лениздат, 1982. – 181 с.

## EFFECT OF AGROCHEMICALS ON THE FERTILITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL AND THE YIELD OF FLAX FIBER

M.N. Rysev, M.N. Dyatlova, E.S. Volkova, E.N. Fedotova

Pskov Research Institute of Agriculture, ul. Mira 1, Rodina, Pskov raion, Pskov oblast, 180559 Russia

The effect of the separate and combined application of lime, cattle manure, green manure, and mineral fertilizers on the agrochemical properties of soddy-podzolic soil and the yield of fiber flax was studied in a long-term stationary field experiment. It is shown that the combined application of organic fertilizers and lime materials significantly increased the cation exchange capacity of the studied soil, reduced the losses of soil organic matter, and increased the yield of flax straw and seeds. The obtained results are useful for the development of methods for the application of agrochemicals in technologies of different intensities for efficient agricultural production.

Keywords: soddy-podzolic soils, flax plants, soil acidity, soil organic matter, available phosphorus, exchangeable potassium, manure, green manures, mineral fertilizers, liming.