

УДК: 631.45:631.8

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ИЗВЕСТКОВАНИЕМ

**О.В. Гладышева, к.с.-х.н., В.А. Свирина, О.А. Артюхова, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) Россия, 390502, Рязанская область, Рязанский район, с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1
E-mail: podvyaze@bk.ru**

Представлены результаты длительных исследований в зернотравянопропашном севообороте по содержанию подвижного фосфора и обменного калия. Рассмотрена динамика содержания данных элементов почвенного плодородия при систематическом внесении минеральных удобрений и химического мелиоранта – доломитовой муки в дозе 1,5 г.к.

Ключевые слова: темно-серая лесная почва, минеральные удобрения, доломитовая мука, подвижный фосфор, обменный калий, продуктивность.

DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.08

В большинстве субъектов Российской Федерации в последнее время снижается плодородие почв, ухудшается состояние земель сельскохозяйственного назначения [1, 2, 5, 16].

Наличие кислых почв – один из главных факторов, тормозящих получение высоких и стабильных урожаев. От реакции почвенной среды зависит доступность многих питательных веществ, в особенности подвижного фосфора и обменного калия, органического вещества [9, 13-15]. Отрицательное действие кислых почв на рост и развитие культур устраняют известкованием, которое в свою очередь приводит к мобилизации фосфатов [6].

Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений, она сильнее ветвится и глубже проникает в почву, улучшая условия для роста и развития растений, делая их устойчивыми к недостатку влаги в засушливые годы. Доступность растениям данных элементов и увеличение степени их подвижности при известковании в большей мере отмечены при внесении извести в дозах 1,5-2,0 г.к. [10].

Известкование и систематическое применение минеральных удобрений способствуют получению стабильных урожаев и создают необходимые условия для высокоэффективного использования минеральных удобрений [3, 4, 7, 8, 11, 12]. Большинство исследований по влиянию известкования на плодородие почвы проведено на дерново-подзолистых почвах. В более гумусированных серых лесных почвах опытов по известкованию мало, и они в основном в районах свеклосеяния. Серые лесные почвы Рязанской области занимают 689,7 тыс. га, или 37% от всех типов почв. В указанном типе преобладают почвы серые и темно-серые (548,4 тыс. га). Степень освоенности серых лесных почв в регионе высокая, при этом отмечаются их повышенная кислотность, низкая биологическая активность, недостаток элементов питания в доступной форме.

Цель исследований – изучить влияние длительного применения минеральных удобрений и извести на содержание доступного фосфора, обменного калия и продуктивность культур севооборота.

Методика. Исследования проводили в 2012–2017 гг. на опытном поле лаборатории земледелия ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в шестипольном севообороте двухфакторного опыта: фактор А – удобрения (NPK)₀ и (NPK)₉₀; фактор В – внесение CaCO₃. Повторность – четырехкратная.

Почва опытного участка темно-серая лесная тяжело-суглинистая с содержанием гумуса в варианте без удобрений 3,05 % (по Тюрину), на фоне применения (NPK)₉₀ – 3,10 %; P₂O₅ и K₂O по Кирсанову, соответственно, 10,7-18,0 и 10,1-11,7 мг/100 г почвы, рН_{сол.} 4,98-4,87, Нг – 4,11-4,77 мг-экв/100 г почвы, S – 20,0-18,5 мг-экв/100 г почвы, V – 81,3-75,9 %, Ca – 16,9-17,5 мг-экв/100 г почвы, Mg – 2,2 мг-экв/100 г почвы.

В качестве мелиоранта применяли доломитовую муку с содержанием Ca – 55%, Mg – 33 % в дозе 1,5 г.к. Анализ почвы проводили согласно ГОСТу 14050-93 «Мука известняковая», статистический анализ данных – дисперсионным методом.

Результаты и их обсуждение. Вегетационные периоды, в течение которых проводили наблюдения за динамикой фосфора и калия существенно различались по метеорологическим условиям. Вегетационный период 2012 г. характеризовался повышенными температурами воздуха (в мае превышение на 7,6 °С, в июне – на 2,9 °С относительно среднемесячных). Осадки выпадали неравномерно: за май 62 % от средних многолетних значений, в июне – 136 %. 2013 г. также характеризовался повышенными температурами воздуха мая и июня, соответственно, на 7,2 и 5,4 °С относительно среднемесячных, при дефиците осадков в июне 52 %. В мае 2014 г. средняя суточная температура воздуха превышала на 6,2 °С среднемесячную при оптимальном количестве осадков. В июне температурный режим был в пределах средних значений с количеством осадков, превышающим среднемесячные значения почти в 2,0 раза.

Метеоусловия мая и июня 2015 г. характеризовались повышенными температурами воздуха (на 5,3 и 3,0 °С) при достаточном и хорошем увлажнении. Условия 2016

г. были относительно благоприятными: в мае и июне температура была выше на 4 °С, осадки мая составили 155 % от многолетних значений, а в июне их было меньше нормы на 14,9 мм.

В 2017 г. температуры мая и июня были на уровне средних многолетних показателей с небольшим дефицитом осадков в 10-13 %.

Наличие доступных для растений соединений фосфора в почве – один из основных показателей плодородия, который определяет урожайность всех сельскохозяйственных культур и является одним из главных признаков окультуренности почвы (табл. 1).

1. Влияние известкования и минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора в слое 0-30 см, мг/100 г почвы

Система удобрения и известкования	Исх. 2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем за ротацию
$N_0P_0K_0$	10,7	10,5	10,1	11,6	10,0	10,2	10,27	10,45
$N_0P_0K_0 + CaCO_3$		12,6	12,3	11,9	10,8	10,8	11,45	11,7
Изменение показателей		+2,1	+2,2	+0,3	+0,8	+0,6	+1,18	
$N_{90}P_{90}K_{90}$	18,0	21,7	23,0	20,6	19,2	19,3	18,72	20,42
$N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$		24,9	24,8	22,6	20,22	22,2	20,7	22,9
Изменение показателей		+3,2	+1,8	+2,0	+3,0	+2,9	+1,98	
НСП ₀₅ : по удобрению		2,99	1,52	1,56	1,29	1,25	1,79	
по доломитовой муке		1,77	2,05	2,47	0,9	0,81	1,48	

В 2012-2017 гг. содержание подвижного фосфора в контрольном варианте без удобрений и без $CaCO_3$ отличалось слабой изменчивостью под влиянием культур севооборота с тенденцией к снижению. Увеличение в 2014 г. содержание фосфора объясняется заделкой в почву массы клевера.

В варианте с систематическим внесением минерального удобрения, но без мелиоранта, содержание фосфора было значительно выше, изменчивость содержания подвижного фосфора по годам была в 2,6 раза сильнее, что обусловлено метеорологическими условиями и более высоким его выносом с урожаем культур севооборота. Наименьшее содержание фосфора отмечено в 2017 г. – наиболее благоприятном по гидротермическим условиям для формирования высокой продуктивности.

Применение химической мелиорации положительно влияет на содержание подвижного фосфора. Однако накопление данного элемента почвенного плодородия происходило неравномерно, что вызвано значительным выносом его предыдущими культурами севооборота или влиянием количества запаханной растительной массы.

В первый год действия известкования отмечено увеличение содержания в почве подвижного фосфора в варианте как с удобрениями, так и без них. Это обусловлено повышением реакции почвенной среды, которая способствовала переходу трудноусвояемого фосфора в подвижные его формы.

Значительное повышение доступного фосфора в почве отмечено в варианте с применением минеральных удобрений и $CaCO_3$. Наблюдаемое после известкования улучшение показателей, особенно в первые два года, сменялось постепенным снижением содержания элемента как в варианте без удобрений, так и на фоне применения удобрений. Следует отметить, что на увеличение количества подвижного фосфора в 2017 г. в варианте без удобрений с мелиорантом оказали влияние значительные осадки, однако, его содержание не превысило таковое в 2012-2013 гг.

За ротацию севооборота установлено, что внесение доломитовой муки способствует увеличению подвижного фосфора в почве – в варианте без удобрений на 1,25 мг/100 г почвы, в удобренном варианте – на 2,48 мг/100 г почвы.

Вторым по значимости элементом после фосфора, определяющим получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, является калий, обеспеченность которым зависит от его наличия в почве в обменной форме. Действие извести на поступление калия в растение может быть как положительное, так и отрицательное. Увеличение или снижение фиксации данного элемента в почве не является общей закономерностью, а зависит от минералогического состава [14].

В опыте в варианте без удобрений и без извести под влиянием растений содержание обменного калия снижается или остается практически без изменений от исходного значения за ротацию севооборота (табл. 2).

2. Влияние внесения извести и минеральных удобрений на содержание обменного калия в слое 0-30 см, мг/100 г почвы

Система удобрения и известкования	2011 г. исх.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем за ротацию
$N_0P_0K_0$	10,1	10,6	11,0	9,72	9,9	9,66	10,0	10,1
$N_0P_0K_0 + CaCO_3$		10,7	11,2	10,2	10,4	10,5	11,15	10,7
Изменение показателей		+0,1	+0,2	+0,48	+0,5	+0,84	+1,15	
$N_{90}P_{90}K_{90}$	11,7	14,1	14,4	12,3	11,6	11,19	12,02	12,6
$N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$		16,1	14,8	13,1	12,73	12,5	12,80	13,7
Изменение показателей		+2,0	+0,4	+0,8	+1,16	+1,33	+0,8	
НСП ₀₅ : по удобрению		3,53	0,47	0,55	1,23	1,33	1,15	
по доломитовой муке		0,43	1,39	1,95	0,95	0,78	1,16	

Под влиянием извести в 2012-2013 гг. содержание обменного калия в вариантах без удобрений мало изменилось. Однако, отмечено постепенное нарастание данного элемента к 5-6-му году действия доломитовой муки. В среднем за ротацию действие известкования без использования минеральных удобрений увеличило содержание подвижного калия на 0,6 мг/100 г почвы.

В варианте с длительным применением минеральных удобрений мелиорант оказывал большее влияние на содержание подвижного калия в почве. Так, в первый год после внесения CaCO_3 отмечено максимальное значение обменного калия. Меньше всего K_2O накапливалось под такими культурами как клевер и викоовсяная смесь, что связано с выносом элемента урожаем. В дальнейшем в вариантах с систематическим применением удобрений и CaCO_3 продолжалось увеличение содержания калия в культурах севооборота. В среднем за 6 лет накопление доступных для растений форм данного элемента увеличилось на 1,1 мг/100 г почвы.

Сочетание известкования с применением минеральных удобрений позволило улучшить химические свойства почвы, повысить в ней концентрацию подвижного фосфора и обменного калия, что положительно отразилось на продуктивности сельскохозяйственных культур в севообороте (табл. 3).

3. Влияние основного известкования и минеральных удобрений на продуктивность севооборота (в среднем за 2012-2017 гг.)

Вариант опыта	Доза внесения CaCO_3 , т/га	Продуктивность за ротацию, ц/га	Среднегодовая прибавка	
			ц/га	%
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	-	49,3	-	100,0
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0 + \text{CaCO}_3$	6,9	55,7	6,4	112,9
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	-	59,0	-	100,0
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + \text{CaCO}_3$	12,0	69,2	10,2	117,3

В длительно неудобряемом варианте без мелиоранта в севообороте отмечена низкая урожайность. Внесение доломитовой муки в этом варианте в среднем за год увеличивало урожайность культур в севообороте на 6,4 ц/га.

В удобренном варианте с известкованием урожайность увеличивалась в среднем на 10,2 ц/га. При этом прибавка зерновых составила в среднем 16,3 ц/га. Высокую отзывчивость на известкование проявили клевер, викоовсяная смесь, кукуруза.

Выводы. Установлено, что за ротацию в зерноотравнопропашном севообороте плодородие темно-серой лесной почвы улучшилось, особенно в варианте с систематическим применением минеральных удобрений и с химическим мелиорантом. Внесение доломитовой муки способствовало накоплению и увеличению подвижного фосфора в почве в варианте без удобрений на

1,25 мг/100 г почвы, в удобренном варианте на 2,48 мг/100 г почвы и повышало концентрацию обменного калия на 0,6-1,1 мг/100 г почвы.

Применение доломитовой муки способствовало повышению урожайности возделываемых культур в севообороте на 12,9-17,3%, сочетание удобрений и мелиоранта повышало продуктивность севооборота на 40%.

Литература

- Алиев А.М., Варламов В.А., Ваулина Г.И. [и др.] Комплексное применение агрохимических средств – основа высокой продуктивности и устойчивости земледелия // Плодородие. – 2009. – № 2. – С. 5-8.
- Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А. Бобово-злаковые травы и минеральные удобрения в системе мер повышения плодородия почвы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 2. – С. 26-27.
- Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А. Влияние известкования на физико-химические свойства темно-серой лесной почвы и продуктивность возделываемых культур // Плодородие. – 2015. – № 6. – С.17-19.
- Дыбин В.В., Чернышкова Л.Б. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур при длительном применении удобрений с известкованием // Плодородие. – 2014. – № 2. – С. 22-24.
- Иванов А.Л. Почвенный покров России в условиях глобальных вызовов // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т. 85. – № 11. – С. 984-992.
- Иванов А.Л., Сычев В.Г., Державин Л.М. [и др.] Агробиогеохимический цикл фосфора. – М.: Россельхозакадемия, 2012. – 512 с.
- Кирпичников Н.А., Варламов В.А., Самойлов Л.Н. Действие фосфорных и известковых удобрений на урожайность озимой пшеницы при использовании средств защиты // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 9-12.
- Кирюшин В.И., Иванов А.Л., Ильин Л.И., Окорков В.В. Системы воспроизводства плодородия в зоне серых лесных почв // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2013. – С. 32-91.
- Корчагин В.И., Кошелев Ю.А. Мониторинг агрохимических показателей плодородия почв и урожайности основных сельскохозяйственных культур Воронежской области // Плодородие. – 2016. – № 3. – С. 7-10.
- Мещанов В.Н., Андриянов А.А., Шаряков М.М. Теория и практика известкования серых лесных почв, выщелоченных и оподзоленных черноземов // Агрохимия. – 1984. – № 3. – С. 50-53.
- Небольсин А.Н. Известкование – средство коренного улучшения кислых почв. – Л.: Лениздат, 1979. – 134 с.
- Некрасов Р.В., Овчаренко М.М., Аканова Н.И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 3-7.
- Сокаев К.Е., Бестаев В.В. Калийный режим почв сельхозугодий // Плодородие. – 2016. – № 6. – С. 39-40.
- Сычев В.Г., Кузнецов А.В., Павлихина А.В., Лобас Н.В. Содержание гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и степень кислотности пахотных почв Российской Федерации // Плодородие. – 2008. – № 3. – С. 1-4.
- Шафран С.А. Основные направления исследований Геосети по повышению окупаемости минеральных удобрений // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 25-27.
- Шильников И.А., Аканова Н.И., Ефремова С.Ю. Прогнозирование состояния почвенного плодородия под влиянием химической мелиорации // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. – 2016. – № 2. – С. 128 -138.

FERTILITY CHANGE OF SOIL AND CROP PRODUCTIVITY UNDER THE LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND LIME AMELIORANTS

O.V. Gladysheva, V.A. Svirina, O.A. Artyukhova

The Institute of Seed and Agrotechnologies is a branch of the Federal State Budget Research Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (ISA – a branch of the FSBI FNATS VIM), Parkovyaya ul. 1, 390502 Podvyaze, Russia, e-mail: podvyaze@bk.ru

The results of long-term observations in the grain-grass-row crop rotation on the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium are presented. The dynamics of the content of these elements of soil fertility under the systematic application of mineral fertilizers and chemical ameliorant – dolomite flour at a dose of 1.5 hydrolytic acidity.

Key words: dark gray forest soil, mineral fertilizers, dolomite flour, mobile phosphorus, exchangeable potassium, productivity.