

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

¹А.И. Иванов, д.с.-х.н., ²А.А. Конашенков, д.с.-х.н., ³В.А. Воробьев, д.с.-х.н.,

¹Ж.А. Иванова, к.с.-х.н., ⁴А.А. Вязовский, ⁴И.И. Петров

¹Агрофизический научно-исследовательский институт, e-mail: ivanovai2009@yandex.ru

²Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем
продовольственного обеспечения, e-mail: alkonashenkov@yandex.ru

³Великолукская ГСХА, e-mail: ftga@vgsa.ru

⁴Станция агрохимической службы «Псковская», e-mail: agrohim_60_1@mail.ru

Естественное почвообразование в Нечерноземной зоне направлено на выщелачивание оснований и постепенное подкисление почвы. Основные его закономерности изучены в серии длительных полевых экспериментов и стационарных мониторинговых объектов в 1984-2018 гг. на территории Псковской и Ленинградской областей. В ходе их установлены параметры и темпы деградации кислотно-основных и агрофизических свойств почвы, разработаны и апробированы новые мелиоранты и точные системы их применения. Среднегодовое снижение pH_{KCl} у дерново-подзолистых почв составляет 0,029, у высокобуферных дерново-карбонатных – 0,015. Темпы увеличения гидролитической кислотности находятся в пределах 0,02-0,04, а снижение суммы обменных оснований составляет 0,10-0,15 ммоль-экв/100 г в год. Они могут резко возрастать в интенсивных овощных севооборотах на фоне орошения. Это вызвало снижение потенциальной продуктивности почвы активно используемых угодий с 3,7 до 1,8 т/га зерн.ед. Преодоление проблем требует скорейшего масштабного развертывания работ по известкованию кислых почв с применением мелиорантов нового поколения, геоинформационных технологий и систем, которые позволяют существенно снизить затраты на производство местных мелиорантов и повысить агроэкономическую отдачу от них в 1,8-2,5 раза.

Ключевые слова: почва, кислотность, деградация, известкование, мелиорант.

TOPICAL ISSUES OF LIMING ACID SOILS OF NON-CHERNOZEM ZONE

¹Dr.Sci. A.I. Ivanov, ²Dr.Sci. A.A. Konashenkov, ³Dr.Sci. V.A. Vorob'ev,

¹Ph.D. Zh.A. Ivanova, ⁴A.A. Vyazovskiy, ⁴I.I. Petrov

¹Agrophysical Scientific-Research Institute, e-mail: ivanovai2009@yandex.ru

²North-Western Centre for Interdisciplinary Researches on Problems of Food Maintenance,
e-mail: alkonashenkov@yandex.ru

³State Agricultural Academy of Velikie Luki, e-mail: ftga@vgsa.ru

⁴State Station of Agrochemical Service «Pskovskaya», e-mail: agrochim_60_1@mail.ru

Natural soil formation in the Non-Chernozem zone is aimed at leaching the bases and gradual acidification of the soil. Its main regularities were studied in a series of long-term field experiments and stationary monitoring objects in the period 1984-2018 in the Pskov and Leningrad regions. In the course of their parameters and rates of degradation of acid-base and agrophysical properties of soil were established, new meliorants and accurate systems of their application were developed and tested in experiments. The average annual decrease in pH_{KCl} in soddy-podzolic soils is 0.029 and in high-buffer soddy-carbonate soils is 0.015. The rate of increase in hydrolytic capacity is in the range of 0.02-0.04 and decrease in the amount of exchange bases-0.10-0.15 mmol-eq/100 g per year. They could increase dramatically in intensive vegetable crop rotations on the background of irrigation. This caused a decrease in the potential soil productivity of the currently actively used lands from 3.7 to 1.8 t/ha grain units. Overcoming the problems requires an early large-scale deployment of works on liming acidic soils using a new generation of meliorants and geoinformation technologies and systems. They can significantly reduce the cost of production of local meliorants and increase the agro-economic impact of them by 1.8-2.5 times.

Keywords: soil, acidity, degradation, liming, meliorant.

Автоморфные и полугидроморфные дерново-подзолистые почвы составляют основу (62%) поч-

венного фонда пашни Нечерноземной зоны России. В центральной и северной части их доля достигает

90% и лишь до 10% в ряде областей приходится на дерново-карбонатные и дерново-глеевые почвы. На границе с Черноземьем увеличивается представительность серых лесных почв, а также выщелоченных и оподзоленных черноземов. Академик Д.Н. Прянишников, подводя итоги длительных и масштабных сравнительно-географических исследований первой половины XX в. заключил: «Дерново-подзолистые почвы настолько бесплодны от природы, что земледельцу приходится больше заботиться не о сохранении их плодородия, а о воссоздании его заново» [1]. Один из главных недостатков этих почв – повышенная кислотность, генерируемая бескарбонатностью почвообразующих пород, кислыми выделениями почвенной биоты и промывным водным режимом, вызывающим выщелачивание оснований. Ее преодоление за счет известкования было и остается ключевым приемом окультуривания региональных почв, управления эффективным плодородием, продуктивностью сельскохозяйственных культур и качеством продукции земледелия [2-4].

Недооценка проблемы повышенной кислотности почв на начальном этапе химизации земледелия, наряду с технологической отсталостью стала одной из главных причин низкой отдачи от удобрений в хозяйствах региона вплоть до середины 70-х годов, когда темпы известкования достигли максимальных значений [5]. К середине 80-х годов уровень среднегодового применения извести на 1 га пашни достиг 730-1700 кг. За счет этого удалось не просто снизить долю кислых почв ($pH_{KCl} < 5,5$) в 1,6 раза и повысить средневзвешенный pH_{KCl} до 5,5-5,7 ед., но и сформировать в определенном смысле «подушку» продовольственной безопасности на следующую четверть века [6-8].

Сформированный за 2 десятилетия (в 70-80-е годы XX в.) активное известкования фонд почв с нейтральной и близкой к нейтральной реакцией создал иллюзию повышенной стабильности кислотно-основных свойств региональных почв и даже оправданности длительного отказа от поддерживающих мероприятий. Становлению такой распространенной точки зрения весьма способствовали заключения ученых-агрохимиков о снижении оптимального уровня pH_{KCl} на 0,3-0,5 ед. для большинства полевых культур на фоне зафосфачивания почвы и роста ее гумусированности [9, 10], а также относительно благополучные результаты очередных туров обследования агрохимической службы [11-14]. Удивительная стабильность средневзвешенных данных обменной кислотности почвы на уровне в 5,3-5,5 ед. pH не имеет ничего общего с ее высокой буферностью, а объясняется выводом земель из использования и сокращением площадей обследования, преимущественно за счет слабоокультуренных видов. В настоящее время общие площади обследования сократились в среднем до 2

раз, а в Ленинградской области – до 6 раз.

Экспертные расчеты показывают, что если средневзвешенный показатель pH_{KCl} для хорошо окультуренных почв к середине 1990-х годов достигал 6,4 ед., то для активно используемых сегодня пахотных земель он составляет не менее 6,1 ед. Это значит, что фактически в среднем этот показатель снизился за 25 лет по областям Нечерноземья не менее, чем на 0,6-0,8 ед. Такая точка зрения находит свое подтверждение как в работах на основе данных длительных экспериментов [8, 15-17], так и в обобщениях специалистов Государственной агрохимической службы России [18-20].

Цель исследования – оценка скрытых деградационных изменений почв в длительных экспериментах и локальном мониторинге реперных участков, а также поиск новых путей и средств оптимизации их кислотно-основного состояния.

Объекты и методы. Объектами исследования служили дерново-подзолистые типичные и глееватые на карбонатных и бескарбонатных отложениях, дерново-карбонатные, дерново-глеевые почвы, формируемые ими разнообразные элементарные структуры почвенного покрова от пятнистостей до литогенных мозаик на территории агроэкологических полигонов в Псковской и Ленинградской областях. Методическую основу исследования составили:

- длительные полевые эксперименты на хорошо окультуренной остаточно-карбонатной дерново-слабоподзолистой почве в учхозе «Удрайское» Великолукского района Псковской области, на обычных дерново-слабоподзолистых почвах разной степени окультуренности в Меньковском филиале АФИ, выполняемые с 1984 по 2018 г. Методика их закладки подробно изложена в работах [8, 21];

- локальный агроэкологический мониторинг дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв 26 стационарных реперных участков ГСАС «Псковская» с 1994 по 2018 г., выполняемого по методике [22];

- агроэкологический мониторинг землепользования КФХ «Громов А.В.» на площади 320 га с 2012 по 2018 г., выполняемый ГСАС «Псковская» по методике [23]. Хозяйство использует пашню в 4-польном зернопропашном севообороте со среднегодовым внесением минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{50}K_{75}$;

- микрополевой опыт на деградированной дерново-подзолистой почве по оценке эффективности мелиоративных свойств нового органоминерального удобрения на основе птичьего помета в полевом севообороте по методике, описанной в работе [24].

- полевой опыт на литогенной мозаике дерново-подзолистых слабо- и хорошо окультуренных почв по оценке эффективности точных систем применения удобрений в овощном севообороте по методике, описанной в работе [21].

Отбор почвенных образцов и их химико-аналитические испытания выполняли в аккредитованных лабораториях АФИ и ГСАС «Псковская» по соответствующим ГОСТ в 2-3-кратной повторности. Наиболее важные результаты экспериментов обрабатывали дисперсионным методом анализа с использованием программного пакета Statistica.

Результаты. Результаты исследований, начатых в 1984 г., убедительно доказывают, что объективная оценка трансформации комплекса почвенных свойств возможна лишь в длительных наблюдениях на стационарных объектах полевых экспериментов или мониторинговых агроэкологических полигонах, а также на реперных участках. Так, на 26 стационарных реперных участках ФГБУ ГСАС «Псковская» объектами агроэкологического мониторинга служили нейтральные, преимущественно, хорошо окультуренные почвы дерново-подзолистого и дерново-карбонатного типа. За 24 года средний уровень pH_{KCl} снизился на 0,70 и 0,36 ед. соответственно (рис. 1). Среднегодовые темпы деградации этого показателя достигли 0,029 у дерново-подзолистых почв и 0,015 – у высокобуферных дерново-карбонатных. Для последних характерно некоторое снижение кислотности в засушливые годы за счет восходящего тока гидрокарбоната кальция с грунтовыми водами, нивелируемое подкислением в следующие 2-3 года.

Результаты длительных полевых экспериментов показали, что деградационное изменение pH от 7 до 5,1-5,3 ед. у дерново-подзолистой почвы описывается практически прямолинейной функцией с коэффициентом чувствительности в -0,027 – -0,032 ед. pH в год. При этом среднегодовые темпы увеличения гидролитической кислотности находятся в пределах 0,02-0,04, а снижение суммы обменных оснований – 0,10-0,15 ммоль-экв/100 г. Серьезным фактором усиления инфильтрационных потерь кальция и магния от среднестатистических 350-450 до 500-700 кг/га в пересчете на известь выступает интенсификация производства за счет осушительной и оросительной мелиорации, применения высоких доз азотных удобрений [10, 15, 16]. И хотя негативная роль их потребления культурами всегда

второстепенна, при возделывании высоко урожайных овощных культур она может существенно возрастать. Так, предельно высокие темпы подкисления были зафиксированы в опыте с орошением в овощном севообороте, где среднегодовой вынос кальция урожаем достигал 120-240 кг/га, а инфильтрационные потери 320-370 кг/га, на фоне которых pH_{KCl} снижался в среднем за 1 год на 0,19-0,21 ед., сумма обменных оснований – на 1,04-1,11 ммоль-экв/100 г, гидролитическая кислотность увеличивалась на 0,45-0,50 ммоль-экв/100 г [25].

Практическим подтверждением этого служат и данные агрохимического мониторинга интенсивно используемых в товарном производстве стационарных объектов, например, землепользования КФХ «Громов А.В.» Печорского района Псковской области. Обследование 3-годового цикла показало, что на фоне среднегодового применения минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{50}K_{75}$ и продуктивности пашни в 4,75 т/га зерн.ед. почвенный pH_{KCl} снизился с 5,03 в 2012 г., до 4,78 – в 2015 и 4,54 – в 2018 г.

Общие темпы подкисления начинают замедляться лишь при достижении параметров pH_{KCl} в 4,5-4,8 ед. На основании данных длительных экспериментов Меньковского филиала АФИ «агроэкологический стационар» и «агрофизический стационар» можно принять, что у слабоокультуренных дерново-подзолистых почв в среднем они в 1,7-2,2 раза ниже, чем у хорошо окультуренных. Деградационные процессы, наблюдающиеся и в вариантах без удобрений, сопровождаются опережающим возрастанием актуальной кислотности и относительной доли подвижного алюминия в составе обменной.

Данные государственной агрохимической службы свидетельствуют, что кислотно-основное состояние активно используемых пахотных почв Нечерноземья приближается к критическому пределу. Доля кислых почв ($pH_{KCl} < 5,5$) в настоящее время на Северо-Западе России превысила 65%, а в целом по Нечерноземью – 69%. В совокупности с ухудшением других свойств почвы это привело к снижению потенциальной продуктивности (за счет эффективного плодородия почвы) пашни с 2,2 до 1,6 т/га зерн.ед. Если же данной оценке подвергнуть лишь ту часть пашни Нечерноземья,

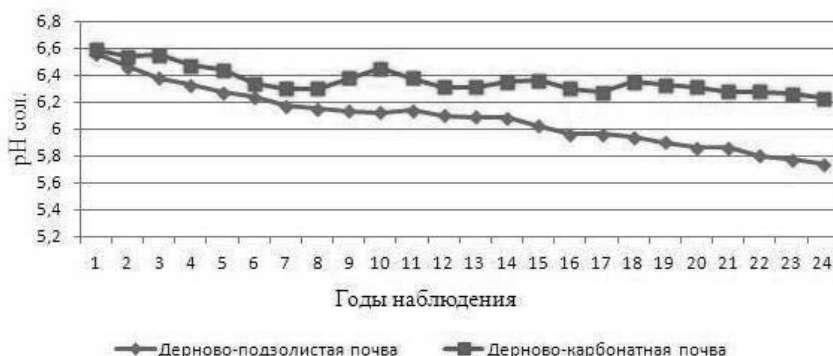


Рис. 1. Динамика подкисления почвы реперных участков по годам

что активно используется, то ее потенциальная продуктивность снизилась с 3,7 до 1,8 т/га зерн.ед., т.е. в сущности потенциал эффективного плодородия этого почвенного фонда сократился вдвое.

Результаты исследований, выполненных в Агрофизическом институте в последнее десятилетие, показали, что наиболее тяжелые последствия подкисления почв для регионального земледелия связаны не с увеличением концентрации ионов водорода или, даже, алюминия, а с ухудшением всего комплекса аффилированных агропроизводственных свойств почвы. Утрата пахотным слоем кальция негативно влияет на его агрофизические и агробиологические свойства. Резко усиливается процесс обезиливания (на первом этапе, преимущественно, в форме лессиважа), вследствие чего сокращается поглощательная способность почвы, мигрируют в нижнюю часть почвенного профиля минералы, во многом определяющие калийное питание культур. По этой причине, а также вследствие постепенной утраты из-за декальцирования адгезионной способности коллоидных структур минеральной и органической природы почва лишается агрономически ценной структуры и приобретает свойственные ей от природы неблагоприятные агрофизические кондиции (табл. 1).

Меняется структура порового пространства почвы, уплотняется подпахотный горизонт, заполняются илом крупные водопроводящие поры вплоть до глубины 50-70 см. На фоне сокращения водопропускности структуры в пределах пахотного слоя в 3,5-4,8 раза водопроницаемость в ее отдельных горизонтах снижается в 1,3-2,7 раза. Эта проблема становится одним из важных факторов снижения эффективности осушительных систем, на фоне которого еще больше возрастает роль мелиоративных мероприятий по организации поверхностного стока воды. Выраженное сокращение водовместимости и диапазона активной влаги влечет за собой быструю утрату пахотным слоем своей несущей способности уже от одного-двух ливневых дождей.

Среди агробиологических свойств дерново-подзолистых почв наиболее чувствительны к подкислению качественный состав гумуса (отношение ГК/ФК снижается в среднем на 0,02 в год) и микробиома. Увеличение доли микроскопических грибов и актиномицетов при сокращении спорообра-

зующих бактерий лишь усиливает биологическое выветривание минералов и внутрипочвенную миграцию его продуктов, в т.ч. под действием низкомолекулярных органических кислот и высокомолекулярных фульвокислот. В производственных условиях уже сегодня это имеет весьма ощутимые экономические последствия. Известны неоднократные случаи невозможности произвести высококачественные молочные продукты (сыры) по причине низкого содержания кальция в молоке, из-за недостатка элемента в корме КРС страдает рядом физиологических патологий, сокращается его продуктивное долголетие. Массовый характер на фоне прохладной дождливой погоды в начале вегетации уже при $pH_{КСЛ}$ в 4,9-5,2 приобретает марганцевый токсикоз (ячмень, пшеница, капуста белокочанная, рапс яровой и др.), резко усиливается применением наиболее эффективных в регионе азотных удобрений. И, хотя его внешние признаки с повышением окислительно-восстановительного потенциала почвы постепенно исчезают, недобор урожая чувствительных к нему культур в длительных полевых опытах оценивается в 17-22%.

Таким образом, подкисление дерново-подзолистых почв – одна из крупнейших проблем регионального земледелия. Ее предотвращение напрямую связано с расширением масштабов государственной поддержки известкования, предусмотренным в т.ч. ФЦП «Развитие мелиорации...». Эффективное использование выделяемых на эти цели средств с позиций современного научного обеспечения предполагает решение двух крупнейших фундаментально-прикладных задач: поиск мелиорантов нового поколения, обеспечивающих снижение непродуктивных потерь элемента в сочетании с улучшением физико-механических свойств и удешевлением, а также геоинформационных технологий и технологических средств, обеспечивающих качественное внесение мелиорантов с учетом пространственной неоднородности почвенной кислотности.

В Агрофизическом институте разработано более 20 рецептур известковых мелиорантов и органоминеральных удобрений с выраженной нейтрализующей способностью, используемых, преимущественно, на Европейской территории России. В настоящее время мелиоранты, научно-техническая документа-

1. Динамика кислотности и физических свойств дерново-подзолистой глееватой почвы в ходе скрытой 30-летней деградации

Вид почвы	Свойства почвы по разновидностям						
	$pH_{КСЛ}$	$m_{об.}$	$m_{уд.}$	$V_{пор.}, \%$	$НВ, \%$	$K_{структ.}$	$K_{водопр.}$
Супесчаная дерново-подзолистая почва							
Хорошо окультуренная	6,24	1,24	2,60	52,0	23,3	1,77	0,85
Среднеокультуренная	4,59	1,37	2,71	49,5	18,5	0,43	0,24
Среднесуглинистая почва							
Хорошо окультуренная	6,48	1,26	2,32	45,7	36,8	1,82	0,77
Среднеокультуренная	4,92	1,41	2,45	42,5	28,8	0,29	0,16

ция которых разработана в АФИ, применяют на более 70% площадей известкования. С использованием рекомендаций АФИ ведется добыча сырья и производство мелиорантов более чем в 50 карьерах РФ, в т.ч. в Татарстане, Башкортостане, Удмуртии, Мордовии, Ленинградской, Брянской и других областях. Кратное удешевление сыромолотых известняков и доломитов относительно гостированной известняковой и доломитовой муки обеспечивается за счет снижения затрат на сушку и размол при освоении рецептур усложненного гранулометрического состава. Цена реализации мелиоранта снижается с 1100-1600 руб/т до 300-500 руб/т. И, хотя при этом в среднем на 15-25% увеличивается уровень оптимальной дозы, затраты на приобретение мелиоранта сокращаются вдвое. За счет снижения непродуктивных потерь кальция в 2,7-4,4 раза и продолжительности нейтрализующего действия полной дозы до 12-20 лет совокупная агроэкономическая эффективность новых мелиорантов возрастает относительно стандартных аналогов в 1,8-2,5 раза.

Сдерживающими широкое освоение мелиорантов нового поколения факторами являются недостаточный спрос со стороны сельхозпроизводителей, неразвитая инфраструктура, технологическая отсталость добывающих предприятий, а также значительно усложненная процедура включения мелиоранта в список разрешенных к применению на территории РФ агрохимикатов. Надлежащее исполнение последних предполагает наличие длительной фазы полевых испытаний, разработку пакета НТД и сопроводительных документов в МСХ РФ и Роспотребнадзор, а также серию экспертиз.

Существенные финансовые и временные издержки на стадии становления проекта негативно сказываются на инвестиционной привлекательности производства новых химических мелиорантов.

В равной степени эта проблема касается и использования колоссальных ресурсов птичьего помета для производства новых органических и органо-минеральных удобрений, обладающих выраженной нейтрализующей способностью, достигающей до 20% в пересчете на карбонат кальция, и высокой агроэкономической эффективностью (рис. 2). Регулярное применение (1 раз в 2-3 года) таких удобрений в дозах 3-4 т/га позволяет полностью предотвратить подкисление почвы, а в дозах 7-10 т/га – заметно оптимизировать комплекс физико-химических и агрофизических свойств почвы (табл. 2).

Решать задачу эффективного применения новых мелиорантов и удобрений в Нечерноземной зоне невозможно без объективной оценки пространственной неоднородности почвы [6, 7, 26]. На территории Псковской области, пестрота почвенного покрова по показателю обменной кислотности самая высокая среди всех ее агропроизводственных свойств. И по причине нарушения научных основ распределения мелиорантов по объектам внесения ее уровень, оцениваемый коэффициентом вариации, за годы химизации увеличился в Псковской области в среднем с 32 до 80%, тогда как в Гдовском районе на фоне более высокой культуры земледелия – снизился со 114 до 42%. При этом внутриполевая вариабельность активной концентрации ионов водорода более 30% оказалась свойственна 92% агроэкологических полигонов, обследованных прецизионно

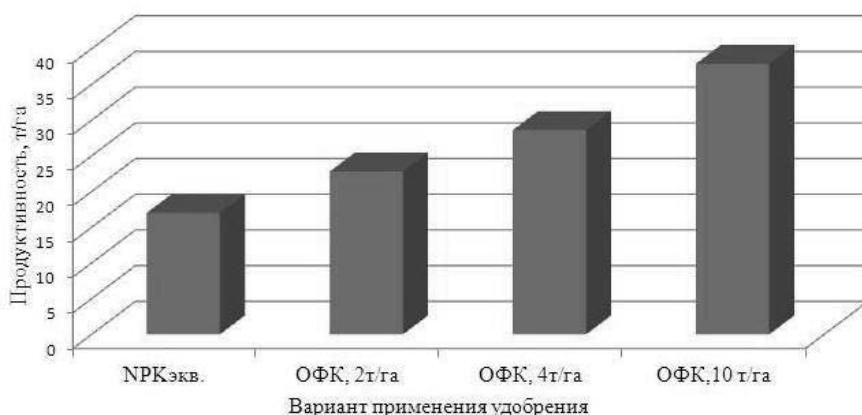


Рис. 2. Агрономическая эффективность нового мелиоранта органофоска (ОФК) в полевом севообороте на деградированной почве

2. Влияние органофоски (ОФК) на физико-химические свойства супесчаной дерново-подзолистой почвы

Доза ОФК за 3 года	рН _{КСІ}	рН _{Н2О}	Н _{обм.}	Al _{подв.}	Н _г	S _{обм.}	V, %
Контроль	4,77	5,49	0,49	0,39	3,44	3,16	48
ОФК, 5 т/га	4,89	5,67	0,40	0,30	3,23	3,39	51
ОФК, 8,7 т/га	5,00	5,77	0,35	0,25	3,03	3,54	54
ОФК, 12,3 т/га	5,15	5,89	0,27	0,18	2,84	3,70	57

3. Зависимость продуктивности овощного севооборота и ее пространственной неоднородности (V) от варианта системы удобрения

Вариант	Урожайность, т/га зерн.ед.			Прибавка урожая		Окупаемость 1 кг NPK, зерн.ед.
	средняя	Xmin – Xmax	V, %	т/га зерн.ед.	%	
Контроль	22,3	12,8-32,3	32			
Зональная	43,5	30,7-51,9	16	21,2	95	9,9
Точная	49,4	39,6-53,8	9	27,1	122	14,8
НСР ₀₅	2,4					

с использованием современных геоинформационных систем на базе регулярной сетки опробования или карты структур почвенного покрова.

Результаты полевых испытаний новых точных систем удобрения и технологий, базирующихся на дифференцированном применении мелиорантов и удобрений с использованием программного интерфейса АФИ, показали их выраженное агроэкологическое и экономическое превосходство перед принятыми ранее технологическими вариантами (табл. 3).

Фактическая пространственная дифференциация дозы извести в варианте точной системы удобрения составила от 0 до 20 т/га при среднем ее параметре в 4,5 т/га. За счет этого уровень прибавки продуктивности овощного севооборота удалось увеличить в 1,3 раза, а окупаемость действующего вещества удобрений – в 1,5 раза. Уровень рентабельности точной системы удобрения достиг 253-427% при среднем параметре зональной в 215%.

Таким образом, дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны подвержены весьма быст-

рому подкислению и ухудшению агрофизических и агробиологических свойств. Среднегодовое снижение pH_{KCl} у дерново-подзолистых почв составляет 0,029, у высокобуферных дерново-карбонатных – 0,015. Темпы увеличения гидролитической кислотности находятся в пределах 0,02-0,04, а снижение суммы обменных оснований – 0,10-0,15 ммоль-экв/100 г в год. Они могут резко возрасти в интенсивных овощных севооборотах на фоне орошения. Успешное решение проблемы продовольственного обеспечения в сочетании с повышением качества товарной продукции до физиологических потребностей отдельных групп населения требует скорейшего масштабного развертывания работ по известкованию кислых почв с применением мелиорантов нового поколения, геоинформационных технологий и систем. Они позволяют существенно снизить затраты на производство местных мелиорантов и повысить агроэкономическую отдачу от них в 1,8-2,5 раза.

Литература

1. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей в севооборотах (избранные статьи). – М.: МСХ РСФСР, 1962. – 256 с.
2. Авдонин Н.С. Повышение плодородия кислых почв. – М.: Колос, 1969. – 304 с.
3. Корнилов М.Ф., Небольсин А.Н., Семенов В.А. Известкование кислых почв / под ред. Н.А. Сапожникова и М.Ф. Корнилова. – Л.: Колос, 1971. – 256 с.
4. Сапожников Н.А., Корнилов М.Ф. Научные основы систем удобрения в Нечерноземной зоне. – Л.: Колос, 1977. – 296 с.
5. Иванов И.А. Пути повышения эффективности минеральных удобрений в условиях Северо-Запада РСФСР: дисс. д.с.-х.н. – Великие Луки: ВСХИ, 1989. – 388 с.
6. Архипов М.В. и др. Оценка биопотенциала производства продовольствия в Северо-Западном регионе России. – С.-Пб.-Пушкин: ФГБНУ СЗЦППО, 2016. – 136 с.
7. Архипов М.В. и др. Научные основы эффективного использования агресурсного потенциала Северо-Запада России. – С.-Пб.-Пушкин: ФГБНУ СЗЦППО, 2018. – 135 с.
8. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьев В.А., Цыганова Н.А. Агроэкологические последствия длительного использования дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия, 2016, № 4. – С. 10-17.
9. Небольсин А.Н. и др. Научные основы и технология использования удобрений и извести. – С.-Пб.: СЗНИИСХ, 1997. – 52 с.
10. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. – С.-Пб.: ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
11. Веденеева Н.В. и др. Почвенный покров и агрохимическая характеристика пахотных почв Вологодской области. Динамика почвенного плодородия по циклам обследования // Достижения науки и техники АПК, 2016, Т. 30, № 8. – С. 22-27.
12. Антропова Г.Е. и др. Почвенный покров и агрохимическая характеристика почв Архангельской области // Достижения науки и техники АПК, 2017, Т. 31, № 2. – С. 5-10.
13. Макаровский П.А. Плодородие почв сельскохозяйственных угодий Республики Коми // Достижения науки и техники АПК, 2017, Т. 31, № 6. – С. 5-9.
14. Катричко Г.А., Иванова Т.С. Состояние почвенного плодородия, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в Республике Карелия // Достижения науки и техники АПК, 2017, Т. 31, № 9. – С. 7-11.

15. Шильников И.А., Гришин Г.Е., Аканова Н.И., Зеленов Н.А., Темников В.Н. Некоторые аспекты проблемы известкования кислых почв в современных условиях // Нива Поволжья, 2011, № 1(18). – С. 87-91.
16. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленов Н.А., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. – М.: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2008. – 340 с.
17. Иванов А.И., Воробьев В.А., Иванова Ж.А. Современные деградационные процессы в хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии, 2015, № 3. – С. 15-19.
18. Сорокин И.Б., Сиротина Е.А. Известкование – один из факторов повышения плодородия почв Томской области // Агрохимический вестник, 2019, № 1. – С. 7-10.
19. Чекмарев П.А., Купреев Е.М., Ермаков А.А. К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК, 2017, Т. 31, № 7. – С. 14-19.
20. Сиротина Е.А., Сорокин И.Б. Влияние разных доз извести на агрохимические показатели серой оподзоленной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимический вестник, 2019, № 4. – С. 19-23.
21. Иванов А.И. и др. Агротехнические аспекты реализации биоклиматического потенциала Северо-Запада России // Агрофизика, 2016, № 2. – С. 35-44.
22. Сычев В.Г. и др. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках. – М.: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2006. – 76 с.
23. Державин Л.М. и др. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ВНИИА, 2003. – 240 с.
24. Иванов А.И., Иванова Ж.А. Новое органоминеральное удобрение как средство оптимизации физико-химических и агрофизических свойств легких дерново-подзолистых почв // Плодородие, 2018, № 5(104). – С. 5-8.
25. Иванов А.И. Некоторые закономерности изменения кислотно-основного состояния дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при сельскохозяйственном использовании // Агрохимия, 2000, № 10. – С. 28-33.
26. Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помета / под общей редакцией А.И. Иванова, В.В. Лапы. – С-Пб.: ФГБНУ АФИ, 2018. – 317 с.

УДК 631.455.24:631.82:631.417

DOI 10.24411/0235-2516-2019-10082

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ НА ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ И БАЛАНС ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

¹Н.Т. Чеботарев, д.с.-х.н., ²Е.Н. Микушева, ³А.А. Мушинский, д.с.-х.н.

¹Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН, e-mail: nipti@bk.ru

²Сыктывкарский государственный университет им. Питиримы Сорокина

³Федеральный научный центр биологических систем и агробиотехнологий РАН,
e-mail: audin@rambler.ru

В длительном полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой слабоокультуренной почве проведены исследования по влиянию извести (последствие 1983 г.) и ежегодного внесения минеральных удобрений, рассчитанных по выносу NPK запланированным урожаем многолетних трав, на изменение свойств почвы, в том числе гумуса. Установлено, что запасы гумуса в почве опытного участка составили 41,6-46,8 т/га. Объемы поступления в почву корнепожнивных остатков по вариантам были 3,5-6,0 т/га, наибольшее их количество получено в вариантах применения NPK по известкованной почве – 5,6-6,0 т/га. Урожайность многолетних трав по указанным вариантам была наибольшей (4,5-4,8 т/га с.в.). В процессе гумификации и минерализации органического вещества пожнивно-корневых (растительных) остатков количество новообразованного гумуса составило 0,63-1,08 т/га, естественно самое большое его количество также было в вариантах NPK и мелиорантов (1,01-1,08 т/га). Наибольший баланс гумуса получен также в вышеуказанных вариантах опыта. Использование извести и минеральных удобрений в составе гумуса повышало сумму гуминовых кислот с 19,4 до 27,8%. Особенно увеличилась (с 2,3 до 7,8%) фракция-2, связанная с кальцием и магнием. Значительно снизилась наиболее агрессивная фракция фульвокислот ФК-1а (с 4,3 до 1,5%). Эти изменения в лабильной части гумуса позволили изменить тип гумуса – из фульватного типа ($C_{эк} : C_{фк} 0,5$), в гуматно-фульватный – $C_{эк} : C_{фк} > 0,5$, что позволило улучшить структуру почвы и питание растений.

Ключевые слова: удобрения, известь, гумус, лабильные формы гумуса, гуминовые и фульвокислоты.