

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОСТОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В.В. Гукалов, И.С. Белюченко*, В.А. Седых**, Д.Н. Никиточкин***,
* Кубанский ГАУ, ** Петелинская ПТФ, *** РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева*

Показано, что внесение в почву помета, навоза в смеси с отходами сельскохозяйственного производства (соломой, опилками, сорными растениями, стеблями подсолнечника), цеолитом, фосфогипсом увеличивает в почве содержание гумуса, оптимизирует её структуру, влажность, повышает энергоёмкость, биологическую активность почв и урожайность культур. Доказывается необходимость приготовления для разных почв и определенных целей компостов с заданными свойствами из купажа сертифицированных исходных продуктов при сертификации технологии приготовления.

Ключевые слова: плодородие почв, органоминеральные удобрения, компосты.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства имеет важное значение [1, 2]. Одним из перспективных приемов повышения плодородия почв и урожая сельскохозяйственных культур является применение органоминеральных удобрений [3-6]. Такие удобрения производят при компостировании из смеси торфа, навоза, помета, опилок, соломы, отходов сельскохозяйственного производства и промышленности, вторичных минералов, осадка сточных вод [3, 7]. Состав их разнообразен, а технологии приготовления чаще не сертифицированы. При этом, очевидно, что для разных почв, климатических условий, для отдельных сельскохозяйственных культур состав компостов должен различаться. Он должен быть специфичен и для устранения отдельных факторов деградации почв и конкретных экстремальных условий для системы почва-растение [8].

Влияние компостов на систему почва – растение обусловлено: увеличением подвижности биофильных элементов, оптимальным соотношением элементов, снижением токсичности поллютантов, наличием биологических активных веществ, ингибиторов развития патогенных бактерий, грибов, вирусов, исключением антагонизма при поглощении нескольких катионов или анионов, энергетической подпиткой растений, микроорганизмов, оптимизацией водно-физических, технологических, физико-химических, агрохимических свойств почв, их ферментативной и микробиологической активности, запускающего механизма для ряда последовательных реакций в почве и в процессах метаболизма растений. Определяющее влияние органоминеральных компостов на систему почва – растение обусловлено их комплексобразующей способностью, сорбционной емкостью, константами ионного обмена в системе твердая фаза – раствор.

Для создания органоминеральных удобрений с заданными свойствами необходимы сертификация ис-

ходных продуктов и технологий приготовления, физико-химическая и биологическая сертификация получаемой смеси. Согласно проведенным исследованиям, для приготовления компостов с заданными свойствами целесообразно подбирать купаж из исходных продуктов, различающихся по химическому и биохимическому составу, функциональным свойствам, по влиянию на плодородие, генезис почв, процессы конкурирующего комплексообразования, ионного обмена и осадкообразования.

Эффективность действия компостов на систему почва-растение возрастала при введении в их состав золы, цеолита, сорных растений (лебеда, крапивы и др.), табачной пыли, цеолита, обогащенного стимуляторами, при анодном обогащении компостов поливалентными металлами, входящими в состав ферментов, регулирующих метаболизм растений при выбранных экстремальных условиях. Содержание хинонных группировок возрастало при действии на смесь H_2O_2 , а количество парамагнитных центров – при щелочной реакции среды.

Методика. Объект исследования – дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Московской области и обыкновенные малогумусные мощные тяжелосуглинистые черноземы Краснодарского края [3, 4, 10]. Методика исследования состояла в постановке модельных опытов и оценке влияния навоза и сложного компоста на урожайность сельскохозяйственных культур и свойства почв в полевых условиях Краснодарского края, в оценке свойств дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности и удобренности [10] и свойств этих почв при внесении в них повышенных доз помета [2].

В проведенных В.В. Гукаловым исследованиях изучено влияние полуперепревшего навоза и сложного компоста в дозах, соответственно, 50 и 65 т/га на свойства почв и урожай растений в звене полевого севооборота. В состав сложного удобрения входило (т/га): 50 навоза, 7 фосфогипса, 2 древесных опилок, 2 соломы пшеницы, 4-5 отходов кормления скота, 0,5 стеблей, лузги и шляпок подсолнечника. Компост перед внесением в почву выдерживали 4 мес в буртах при оптимальной влажности.

Результаты и их обсуждение. Внесение в почву органических удобрений и сложного компоста увеличило содержание в почве биофильных элементов. Внесение в чернозем полуперепревшего навоза и сложного компоста в ранее указанных дозах привело к некоторому увеличению общего азота – от $0,33 \pm 0,01$ до $0,45 \pm 0,01\%$ и существенному увеличению содержания подвижного фосфора: под кукурузой от $25,5 \pm 0,5$ до $33,2 \pm 0,9$ и

43,5±1,1 мг/кг; под озимой пшеницей – от 30,9±1,3 до 43,5±0,8 и 53,0±1,8; под сахарной свеклой – от 30,3±0,8 до 36,4±0,7 и 44,9±0,9 мг/кг (соответственно при внесении навоза и сложного компоста).

Внесение в почву повышенных доз органических удобрений приводит к накоплению в почве NO_3 , повышению содержания подвижных фосфатов и обменного калия. Так, при внесении в дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы помета с опилками в модельных опытах в дозе 2-25% (X) от массы почвы изменение содержания NO_3 в почвенном растворе описывалось уравнением $\text{NO}_3 = 35,2X$; P_2O_5 , мг/100 г = $1,8X$; $\text{K}_2\text{O} = 0,04X$. В производственных условиях, в связи с промывным типом водного режима, накопление N, P, K в почвах было меньше и описывалось для P_2O_5 при дозе помета с опилками 500-1000 т/га уравнением $Y = 0,08X$.

При внесении органических удобрений и сложного компоста улучшились водно-физические свойства почв. По полученным данным, внесение в почву полуперепревшего навоза в дозе 50 т/га и сложного компоста, 65 т/га изменяло и физические свойства мощного обыкновенного малогумусного тяжелосуглинистого чернозема. Коэффициент структурности варьировал под кукурузой от 2,8 до 3,2 и 3,3; под озимой пшеницей – от 2,6 до 2,7 и 3,2; под сахарной свеклой – от 2,1 до 2,4 и 2,7. Скважность изменялась под кукурузой от 46,7±0,3 до 52,3±0,3 и 53,7±0,4; под озимой пшеницей – от 47,1±0,3 до 52,1±0,4 и 54,3±0,4; под сахарной свеклой – от 49,0±0,3 до 50,6±0,3 и 51,9±0,3%. При внесении в почву рассматриваемых органических удобрений увеличилась и полная влагоемкость почв. Под кукурузой увеличение составило от 36,2±2,2 до 45,1±2,2 и 47,5±2,3, под озимой пшеницей – от 37,1±2,2 до 44,9±2,2 и 48,5±2,3, соответственно для контроля, при внесении навоза и компоста.

Органические удобрения, вносимые в почву в умеренных дозах, улучшают и её структуру. В контрольном варианте количество агрегатов > 3 мм составляло (%) 1,1±0,9, а при внесении соломы пшеницы в дозах 3 и 30 г/100 г почв, соответственно, 12,7±2,9 и 46,6±12,4. При внесении в почву ботвы картофеля в тех же дозах содержание частиц > 3 мм равно 1,7±0,4 и 63,2±18,1%.

Длительное внесение в почву органических удобрений приводит к накоплению в ней энергии гумуса и к увеличению энергии фитомассы растений. Так, при низком плодородии дерново-подзолистой почвы энергоемкость гумуса составляла 210 млн ккал/га и фитомассы – 32,7 млн ккал/га, а при внесении удобрений из расчета использования растениями 3% ФАР, соответственно, 335 и 81 млн ккал/га. За 30-летний период в среднем по севообороту на 1 га с послеуборочными остатками поступало на слабокультуренной почве – 23,9-24,5 млн ккал/га и на хорошо окультуренной почве – 23,9-24,5 млн ккал/га [10, 11]. При этом теплота сгорания лабильных органических веществ составляла в неокультуренных почвах 2520 ккал/г; в хорошо окультуренных – 3608. Разными энергетическими характеристиками обладает и органическое вещество отдельных органических удобрений: свежего коровьего навоза – 0,38 ккал/100 г, полуразложившегося – 0,55; куриного помета – 0,34 ккал/100 г. С 1 т осадков сточных вод в почву попадало от 5,5 до 7,2 ГДж энергии [11].

Внесение органических удобрений в почву существенно изменяет энергетику почв, соотношение в составе органического вещества алифатических и аромати-

ческих группировок. Так, по данным дериватографии, соотношение потерь массы при температуре 190-450 и 450-600°C составило для контрольного варианта дерново-подзолистой почвы при оптимальной и избыточной влажности 1,9 и 1,7; при внесении сена, 30 т/га – 2,2 и 2,2; навоза, 100 т/га, соответственно, 2,4 и 3,4 и соломы, 30 т/га – 1,8 и 1,7.

В ряде работ показано положительное влияние на систему почва-растение компостов с введением в их состав цеолита (клиноптилолита). Этот компонент обуславливает большую емкость поглощения смеси по типу ионного обмена и физической сорбции, регулирует избирательность ионного обмена. Однако цеолит служит депонирующей средой, например, при поглощении из почв тяжелых металлов он отдает их при пересыщении или подкислении.

По полученным данным, цеолит (10 т/га) в смеси с навозом и NPK уменьшал поступление Zn, Pb, Cu в растения на загрязненных ими почвах. Однако, для одних растений большее влияние оказывал цеолит, для других – навоз. По данным [10], цеолит перспективен для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, пестицидами и нефтепродуктами, для предотвращения потерь биофильных элементов, как мелиорант на кислых и солонцовых почвах, для стабилизации и синтеза органического вещества почв, для образования структуры, увеличения влагоемкости, как депонирующая среда для стимуляторов, средств защиты растений, вносимых в почву микроорганизмов. Внесение в почву цеолита совместно с фосфогипсом уменьшало поступление фтора в растения.

Согласно полученным данным, при применении цеолита необходимо рассчитывать константы равновесия в системе цеолит-почва. Данный минерал может поглотить Pb из супеси, но не поглотит его из глинистого чернозема с большой долей в минералогическом составе монтмориллонита.

Следует отметить, что влияние на сорбционные свойства органоминеральных компостов неоднозначно. С одной стороны, они увеличивают сорбционную емкость компостов, но, с другой стороны, при их использовании возможно образование водорастворимых комплексных соединений тяжелых металлов, подвижность которых в почве возрастает. Аналогичная ситуация и при поступлении в растения комплексов с большой константой устойчивости и небольшой молекулярной массой. При этом в ходе развития метаболизма возникают процессы конкурирующего комплексообразования аддендов и лигандов.

Так, по полученным данным, при применении больших доз помета (500-1000 т/га) содержание подвижных форм тяжелых металлов вблизи автотрасс возрастало [2]. Эффект определялся соотношением эффективных произведений растворимости осадков тяжелых металлов в почве и констант ионного обмена их в системе твердая фаза – раствор и эффективными константами комплексообразования ионов тяжелых металлов с лигандами водорастворимых органических веществ вносимых в почву компостов.

Применение органических компостов существенно влияло и на процессы известкования кислых почв, гипсование солонцов. Протекание реакций было в значительной степени обусловлено образованием комплексов Ca с лигандами водорастворимых органических веществ [11].

Внесение в почву органических удобрений изменяло и течение почвообразовательных процессов. В таежно-лесной зоне увеличение при этом количества легкорастворимого органического вещества приводило к усилению микробиологической активности, а, следовательно, и интенсификации процессов оглеения и оподзоливания при промывном типе водного режима. В лесолуговой и степной зонах внесение органических удобрений способствовало усилению развития дернового процесса почвообразования. При этом изменялись пирамиды распределения по почвенному профилю площади и массы корневой системы, что приводило к изменению поглощения растениями элементов питания из отдельных горизонтов почв [11].

По полученным данным, водные экстракты из сорных растений существенно влияли на развитие биотестов. Так, при оценке влияния водных экстрактов из надземных частей (разбавление $1 \cdot 10^{-5}$ М/л) размер корней у черенков смородины составлял при действии экстрактов из бодяка – $1,6 \pm 0,5$, из крапивы – $4,4 \pm 0,4$, из лебеды – $5,2 \pm 0,7$, из сныти – $4,9 \pm 0,5$. При действии водных экстрактов (10^{-5} и 10^{-10} М/л) из изученных растений на прорастание семян кресс-салата при действии экстрактов из бодяка размер корней биотеста составлял $5,7 \pm 0,9$ и $5,1 \pm 0,8$ см; при действии экстрактов из лебеды – $8,3 \pm 0,8$ и $9,6 \pm 0,8$ см.

Полученные данные подтвердили известное практикам положительное влияние водных экстрактов из компостов лебеды на развитие корней растений. В щелочных экстрактах из изученных растений методом инфракрасной спектроскопии установлено наличие функциональных групп: C=O, COOH, CH₂, CH₃, NH₃, NH₂, R-OH.

Большой биологической активностью обладали водные экстракты из компоста ядовитого аконита, действующие на биотесты в концентрациях до 10^{-15} – 10^{-20} %.

Внесение в тяжелосуглинистый чернозем полупрепревшего навоза и сложного компоста в указанных ранее дозах достоверно увеличило урожайность зерна кукурузы в среднем за 3 года от 61,0 ц/га (на контроле) до 70,1 и 80,8 ц/га при НСР₀₅ = 3,0.

Таким образом, применение сложных органоминеральных компостов в земледелии позволяет повысить плодородие почв и урожайность возделываемых культур, оптимизировать экологическую обстановку, в связи с использованием отходов сельскохозяйственного производства и промышленности.

Литература

1. Мерзлая Г.Е. Нетрадиционные органические удобрений// Плодородие.- 2005.- №2.- С. 23-26
2. Седых В.А. Экологическая оценка использования птичьего помета в земледелии на почвах таежно-лесной зоны.- М.: РГАУ-МСХА, 2013.- 492 с.
3. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Влияние отходов промышленного сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв// Экологический вестник Сев. Кавказа.- 2009.- Т.5.- №1.- С. 84-86.
4. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение// Экологический вестник Сев. Кавказа.- 2011.- Т.7.- №4.- С. 65-74.
5. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов// Экологический вестник Сев. Кавказа.- 2012.- Т.8.- №3.- С. 88-111.
6. Седых В.А., Норовсурэн Ж., Филиппова А.В. Особенности использования птичьего помета при применении в агроценозах// Известия Оренбургского ГАУ.- 2011.- №4(32).- С. 283-285.
7. Степанова Л.П. Агроэкологические аспекты применения цеолитовых туфов и органических отходов в системе почва-растение// Автореф. докт. дисс.- М.: МСХА, 2001.- 34 с.
8. Савич В.И., Белопухов С.Л., Седых В.А., Никиточкин Д.Н. Агроэкологическая оценка комплексных соединений почв// Известия ТСХА.- 2013.- №6.- С. 5-11.
9. Савич В.И., Белопухов С.Л. и др. Влияние водных вытяжек и гуматов из сорных растений на развитие проростков// Системы, методы, технологии.- 2013.- №2.- С. 162-167.
10. Панов Н.П., Савич В.И., Шестаков Е.И. и др. Экологически и экономически обоснованные модели плодородия почв.- М.: РГАУ-МСХА, 2014.- 380 с.
11. Седых В.А., Савич В.И. Агроэкологическая оценка почвообразовательных процессов.- М.: РГАУ-МСХА, 2014.- 400 с.

APPLICATION OF ORGANOMINERAL COMPOSTS WITH PRESET PROPERTIES FOR OPTIMIZING SOIL PARAMETERS AND INCREASING CROP YIELDS

V.V. Gukalov¹, I.S. Belyuchenko¹, V.A. Sedykh², D.N. Nikitochkin³,

¹Kuban State Agrarian University ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia,

²Petelino Poultry Farm, ul. Kooperativnaya 17, Orekhovo-Zuevo, Moscow oblast, 142600 Russia,

³Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia, savich.mail@gmail.com

It has been shown that the application of poultry droppings and cattle manure in combination with agricultural waste (straw, wood meal, weed plants, sunflower stems), zeolite, and phosphogypsum increases the content of humus in the soil, optimizes the structure of soils and their water content, and increases the energy intensity, biological activity, and yield of crop. It has been proved that composts with preset properties should be prepared from the mixture of certified raw materials using a certified preparation technology for different soils and specific purposes.

Keywords: soil fertility, organomineral fertilizers