

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ОСУШАЕМОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НОВЫХ ОРГАНОМИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

**И.А. Трешкин, к.с.-х.н., Г.Ю. Рабинович, д.б.н., Федеральный исследовательский центр
«Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
119017, г. Москва, Пыжевский переулок, д. 7, строение 2,
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru**

Представлены результаты испытаний двух модификаций органического удобрения – компоста многоцелевого назначения (КМН) и его влияния на плодородие осушаемой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивность звена севооборота. Показано, что в течение трех лет эксперимента КМН и его модификации – органо-микроэлементные комплексы (ОМК) – оказывали пролонгированное действие на гумусное состояние почвы, обеспечивая прибавку содержания $C_{орг}$ на 0,12-0,18 абс. % относительно контрольного варианта без удобрений и на 1,23-1,85 абс. % относительно базового варианта с КМН. Определено, что внесение в почву 1 т КМН без добавок или КМН, обогащенного микроэлементами комплексами (Zn+Mo) и (Zn+Cu), позволило накопить в пахотном горизонте по истечении трех лет наблюдений 83-207 кг/га органического вещества. Приведены результаты влияния КМН и ОМК на продуктивность звена севооборота, увеличение которой достигало 29%, возрастая в ряду: КМН – КМН+(Zn+Cu) – КМН+(Zn+Mo).

Ключевые слова: компост многоцелевого назначения, органо-микроэлементный комплекс, микроэлементы, дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, органическое вещество, продуктивность.

Для цитирования: Трешкин И.А., Рабинович Г.Ю. Органическое вещество осушаемой дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота под воздействием новых органо-микроэлементных комплексов // Плодородие. – 2024. – №4. – С. 56-61. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.12.

Разработка приемов и методов повышения эффективности сельскохозяйственного производства является приоритетным направлением для российской сельскохозяйственной науки. Для получения стабильно высоких урожаев возделываемых культур необходимо оптимизировать их минеральное питание и повысить эффективность использования удобрений, причем, следует иметь в виду, что последнее обстоятельство неразрывно связано с управлением почвенным плодородием.

Всеобъемлющее значение почвенных ресурсов возрастает в связи с увеличением населения и его потребностью в продуктах питания. Отметим, что в мировой структуре посевов на протяжении последних десятилетий общие посевные площади остаются неизменными, но с годами наиболее значимым в их структуре становятся кормовые культуры и увеличивается спрос на зерновые культуры фуражного назначения. Важно то, что максимальной площадью почвенного покрова (около 14,5 млн км²) обладает только Российская Федерация [11, 12].

Известно [13], что в настоящее время увеличение сельскохозяйственного производства происходит не столько путем максимального использования посевных площадей, сколько за счет применения интенсивных агротехнологий, которые направлены на максимальное использование потенциала почвенного плодородия. В связи с этим повсеместно наблюдается резкое снижение уровня потенциального плодородия почв, которое является объектом пристального внимания научного сообщества. Кроме того, возрастающая антропогенная нагрузка на сельское хозяйство способствовала тому, что около 900 млн га российской пашни оказались подвержены активным деградационным процессам, что требует введения в практику земледелия современных подходов.

Таким образом, среди глобальных задач современности такое ведение сельского хозяйства, при котором будут обеспечены расширенное воспроизводство плодородия почв, максимальное использование органических ресурсов, включая побочные продукты животноводства (ППЖ), неснижаемые запасы гумуса в пахотном горизонте и полное исключение деградации почв.

Поддержание положительного баланса агроценозов возможно только посредством компенсации выносимых с урожаем и побочной продукцией элементов питания. К тому же, чем выше урожайность, тем интенсивнее их вынос. Получение высококачественного продукта с высоким содержанием белка и клейковины также приводит к увеличению выноса. Это существенно сказывается на плодородии почв и является лимитирующим фактором [11, 12].

В качестве возможного решения этой проблемы можно предложить направленный запуск процессов биологизации земледелия, основанных на адаптации воспроизводства природных ресурсов. Они включают максимально полное использование биологической составляющей почвы, способной вместе с другими факторами обеспечить получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур, сохранение и повышение почвенного плодородия [6, 13].

Научными исследованиями установлено, что урожайность на 30% определяется физическими свойствами почвы и на 54-56% – уровнем почвенного плодородия. Влияние минеральных удобрений на урожай растений оценивается в 33-39%, а органических – только в 7-11%. Однако в литературе [4, 13, 15] отмечено, что интенсивные технологии земледелия, связанные с применением высоких доз минеральных удобрений, особенно физически кислых аммонийных и калийных, приводят к

подкислению почвенного раствора и к другим неблагоприятным последствиям, нарушающим обменные процессы в тканях культурных растений и снижающим качество продукции растениеводства. В то же время применение органических удобрений служит основным доступным и высокоэффективным средством возобновления органического вещества почвы и улучшителем агрохимических и агрофизических свойств почвы, таких как структура, воздухопроницаемость и влагоемкость [4, 11, 13].

В настоящее время объемы вносимых удобрений и агрохимических мелиорантов недостаточны для естественного воспроизводства плодородия. Это приводит к деградации почвенного покрова, и, как следствие, к снижению эффективности агротехнологий и устойчивости агроценозов, недобору потенциально возможной сельскохозяйственной продукции, снижению ее качества. Для восполнения органического вещества и предотвращения их декарбонизации на имеющуюся в обороте площадь необходимо вносить в среднем 6-7 т/га органических удобрений в год [7, 12], а не как сейчас 0,9 т/га в среднем по Нечерноземью.

Преимуществом органических удобрений является улучшение питательного режима почвы за счет использования микробного потенциала. Они положительно влияют на размножение полезных микроорганизмов в самой почве. Органические удобрения обеспечивают энергетическим материалом почвенную микрофлору, поддерживая продуктивную способность почвы и снабжая растения питательными веществами, а также увеличивая урожайность и формируя высокое качество продукции растениеводства. Кроме того, органические удобрения с собственным микробиомом наилучшим образом влияют на почвенное плодородие, предотвращая декарбонизацию почв [6, 13].

Важным аспектом современного землепользования является активное вовлечение в хозяйственный оборот не только основных элементов питания, но и микроэлементов, роль которых в почвенной среде и при формировании растений выявляется исследователями, работающими длительное время в этой области. Известно [5], что высокие уровни биогенного накопления имеют цинк, медь и молибден.

Поступающие в почву микроэлементы, в зависимости от их химических свойств и особенностей почвенной среды, подвергаются трансформации (сорбции, осаждению, окклюзии, биологическому поглощению и др.) и частично переходят в состав прочносвязанных соединений почвенного поглощающего комплекса (ППК) твердой фазы почвы за счет вхождения в кристаллическую решетку различных минералов. Микроэлементы также поглощаются органическими коллоидами и депонируются в плодородный слой почвы в составе нерастворимых гуминовых кислот и растворимых гуматов, удерживаемых коллоидными связями, образуя другие водорастворимые соединения. Катионы меди и цинка легко вступают в химическое взаимодействие с органическими и минеральными веществами и осаждаются в виде малоподвижных анионов (сульфиды, карбонаты, гидроокислы). Мобильный цинк на 54-98% переходит в недоступную для растений форму, а медь – на 40-63%. Доля водорастворимых форм цинка и меди в почве незначительна и не превышает 1% от валового содержания [1, 3].

Молибден, входящий в кристаллическую решетку минералов, как и содержащийся в органических остатках

растений и животных, малодоступен растениям. Он становится доступен при разрушении минералов за счет почвообработки, из-за температурных колебаний, изменения влажности почв, а также благодаря увеличению объема кислых корневых выделений [8].

При повышении содержания органического вещества и кислотности в почвенном растворе увеличивается растворимость цинка и меди, а молибден, наоборот, становится недоступен. Кислотно-щелочные свойства почвы влияют на мобильность микроэлементов по почвенному профилю и закрепление в нем органических веществ. При высоком содержании растворимых фосфатов подвижность цинка и меди снижается, так как их карбонаты и фосфаты плохо растворимы. Под воздействием карбонатов, цинк легко высвобождается из горных пород и поглощается минералами или органическими соединениями с образованием сульфидов или комплексов с органическим веществом. Внесение органических удобрений повышает подвижность цинка за счет его мобилизации из карбонатов, фосфатов и оксидов, а также из-за уменьшения сорбции глинистыми минералами [2, 9, 14].

Медь и цинк закрепляются в ППК при стабилизации кислотного режима. При раскислении почвенного раствора доступность этих микроэлементов снижается. Медь при pH 5,5 выпадает в осадок в форме гидроксида. Чем выше содержание гумуса, тем при более высокой величине pH происходит осаждение меди [2, 3]. Так, при содержании гумуса более 5,0 % медь осаждается при pH 6,0-6,5, при содержании гумуса от 2,5 до 3,0% осаждение происходит при pH 5,2-5,5, а при содержании гумуса менее 1,0% - при pH 4,6-4,8. Отметим, что при минимальном содержании гумуса почвенные коллоиды не в состоянии удерживать микроэлементы, поэтому вступают в реакцию с другими элементами [9, 10, 14]. Молибден, напротив, в кислой среде менее подвижен и склонен к образованию с фосфорными удобрениями легкодоступных для растений комплексонатов.

Дефицит цинка и меди преобладает в легких песчаных и супесчаных почвах, а также в почвах, богатых медленно разлагающимися органическим веществом. Минимальные концентрации меди характерны для супесчаных, легкосуглинистых и среднесуглинистых разновидностей, дерново-подзолистых почв. Это связано с элювиальными процессами почвообразования, небольшим содержанием гумуса и илистой фракции в этих почвах. Количество микроэлементов в минеральных и тяжелых по гранулометрическому составу почвах выше. От 30 до 60% общего содержания микроэлементов связывается тонкодисперсной фракцией почвы. Количество меди также высоко в мелких илстых фракциях. Такая же тенденция наблюдается на вновь осваиваемых низкоплодородных и старопашотных почвах [1-3].

Немаловажное значение имеют особенности внутрипочвенных процессов преобразования микроэлементов, в которых задействованы почвенные железомарганцевые конкреции, которые выполняют функции мощных аккумуляторов. Удобрение почвы органическим веществом позволяет увеличить до 20% количество конкреций. При этом преобладают конкреции размером 2-3 мм, а на удобренных участках – 1-2 мм, что тесно связано с развитием почвенной микрофлоры. Наряду с этим в конкрециях увеличивается содержание основных элементов и микроэлементов, при этом емкость конкреций растет за счет переменных зарядов оксидов [10].

Конкреции выступают в качестве основных накопителей микроэлементов, создавая их дефицит в почве. Длительное внесение органоминеральных удобрений стимулирует развитие у конкреций аккумулятивных способностей. В них активно накапливается медь (коэффициент накопления 4,8-5,6), несколько слабее молибден (коэффициент накопления 2,3-3,5), еще меньше цинк (коэффициент накопления не превышает 0,4) [10].

Один из эффективных способов восстановления плодородия - обогащение почв переработанными отходами сельскохозяйственного производства, особенно побочными продуктами животноводства. Современные животноводческие и птицеводческие комплексы получают большое количество отходов (или побочных продуктов) в виде навоза и помета, которые являются ценнейшими органическими удобрениями [7, 11, 13]. В их состав входят как основные элементы питания, так и микроэлементы. Внесение этих удобрений в почву оказывает комплексное положительное воздействие на нее и на растениеводческую продукцию. Так, прибавка урожайности зерна от применения птичьего помета колеблется от 0,4 до 2,1 ц/га в зависимости от его вида.

В то же время ППЖ – это источники повышенной экологической опасности, связанной с загрязнением почв, водных объектов, грунтовых вод и атмосферного воздуха. Несоблюдение нормативов и невыполнение карантинных мероприятий обычно сопровождается перенасыщением агроэкосистем тяжелыми металлами, патогенной микрофлорой, семенами сорной растительности. Компостирование помета позволяет не только получать высокопитательное экологически чистое органическое удобрение, но и утилизировать отходы жизнедеятельности животных. Кроме того, применение навоза и помета в чистом виде не всегда оправдано экономически, поэтому для поддержания баланса органического вещества необходимо особое внимание уделять компостам на их основе. Такой подход признан перспективным и рекомендуется к широкому применению, что позволяет экологизировать сельское хозяйство и сохранять плодородие почв [4, 14]. Основным критерий применения - расчетная доза внесения, обеспечивающая бездефицитный баланс гумуса и элементов питания в почве [7].

Цель нашей работы - оценить влияние органо-микроэлементных комплексов на содержание в почве органического вещества и формирование продуктивности сельскохозяйственных культур звена севооборота.

Методика. Микрополевой опыт был заложен в 2021 г. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ в Тверской области. Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая глубокосильноглебоватая легкосуглинистая на карбонатной морене более 60 см.

Опыт включал следующие варианты: 1) Контроль (без удобрений); 2) $N_{40}P_{150}K_{90}$ (выравнен по азоту относительно компоста многоцелевого назначения – КМН); 3) КМН в дозе 10 т/га; 4) КМН в дозе 10 т/га + микрокомплекс (Zn+Mo); 5) КМН в дозе 10 т/га + микрокомплекс (Zn+Cu). Площадь делянок 10 м², повторность четырехкратная, расположение рендомизированное. Чередуемость культур в звене севооборота: 1 - яровая пшеница (2021 г.); 2 – овес (2022 г.); 3 – райграс однолетний (2023 г.). Удобрения вносили под первую культуру севооборота.

Метеорологические условия в годы проведения микрополевого опыта, измеряемые подекадно и помесечно, имели определенные отклонения от среднеемноголетних

данных как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков.

Учет урожая производили сплошным методом.

Содержание углерода определяли в соответствии с ГОСТом 26213-2021.

Запасы гумуса (Z, т/га) рассчитывали по формуле:

$$Z = \frac{hsd \cdot C \cdot 1,724}{100},$$

где h – высота пахотного горизонта, м; s – площадь 1 га, выраженная в м²; d – плотность почвы, г/см³; C – содержание углерода, %. Средняя плотность на всех участках до закладки опыта – 1,20 г/см³. Высота пахотного горизонта 20 см.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методами дисперсионного и корреляционного анализа.

Результаты и их обсуждение. Во Всероссийском НИИ мелиорированных земель (ВНИИМЗ) проводят исследования, связанные с усовершенствованием технологии ускоренной твердофазной аэробной ферментации органического сырья, базово осуществляемой по ТУ 9841-003-00668732-2011 «Компост многоцелевого назначения (КМН)». Компост многоцелевого назначения богат физиологически активными веществами, в том числе микроэлементами. Однако, содержания некоторых из них в нем недостаточно, чтобы данное удобрение обеспечивало необходимый уровень содержания микроэлементов в почвах, используемых растениями в их жизнедеятельности. В институте в отделе биотехнологий было принято решение оптимизировать химический состав КМН, обогатив его на этапе созревания микроэлементами цинком, медью и молибденом. Таким образом, были получены две модификации КМН в виде органо-микроэлементных комплексов (ОМК), обогащенные микроэлементами: КМН+(Zn+Mo) и КМН+(Zn+Cu).

Агрохимический состав произведенного и использованного для закладки опыта в 2021 г. КМН характеризовался следующими показателями: содержание углерода – 32,3%, общего азота – 2,4, фосфора (P₂O₅) – 2,4 и калия (K₂O) – 2,1%. Удобрение имело слабощелочную реакцию (рН 8,1) и влажность 57%. Два вида ОМК, как модификации КМН, обогащали микроэлементами Zn в дозе 0,3 кг д.в./т, Cu – 0,1, Mo – 0,06 кг д.в./т.

Исследования показали (табл. 1), что в первый год действия удобрений при возделывании яровой мягкой пшеницы сорта Злата в варианте с КМН зафиксировано увеличение содержания органического вещества в виде C_{орг} до 1,71% (прибавка к контролю составила 0,16 абс. %). На фоне ОМК также было выявлено возрастание содержания C_{орг}, оно варьировало на уровне 1,70-1,73% (прибавка к контролю 0,15-0,18 абс. %).

1. Влияние органо-микроэлементных комплексов на содержание C_{орг} в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, %

Вариант	Год отбора образцов					
	2021 г.	± к контролю	2022 г.	± к контролю	2023 г.	± к контролю
Контроль (б/у)	1,55	-	1,52	-	1,50	-
$N_{40}P_{150}K_{90}$	1,67	0,12	1,62	0,10	1,59	0,09
КМН	1,71	0,16	1,68	0,16	1,62	0,12
КМН + (Zn + Mo)	1,70	0,15	1,69	0,17	1,65	0,15
КМН + (Zn + Cu)	1,73	0,18	1,70	0,18	1,64	0,14
НСР ₀₅	0,055		0,057		0,055	

Примечание. Исходное среднее содержание C_{орг} во всех вариантах опыта – 1,60%.

На второй год действия удобрений при возделывании овса сорта Яков тенденция по содержанию $C_{орг}$ была идентична первому году – статистически значимое максимальное содержание $C_{орг}$ 1,68-1,70% обеспечили КМН и его модификации (прибавка к контролю составила 0,16-0,18 абс. %). В почве с минеральными удобрениями количество органического вещества также увеличилось (прибавка содержания $C_{орг}$ была на уровне статистической погрешности – 0,10 абс. %).

На третий год на опытном участке возделывали райграс однолетний сорта Репид, обладающий большой мочковатой корневой системой. Пролонгированное действие КМН обеспечило увеличенное содержание $C_{орг}$ и на второй год последствия удобрений. Содержание $C_{орг}$ уменьшалось до 1,65-1,62% в линейке КМН+(Zn+Mo) – КМН+(Zn+Cu) – КМН. Пролонгированное действие КМН и его модификаций позволило сохранить содержание гумуса на опытных участках.

За три года испытаний КМН и ОМК обеспечили сохранность гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и повышение содержания $C_{орг}$ на 1,3-3,1% относительно исходного. На фоне минеральных удобрений и в контрольном варианте произошло значительное снижение содержания $C_{орг}$ – на 3,1-6,3%. Минеральные удобрения хотя и увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе растительных и пожнивных остатков, но не оказывают должного положительного влияния на содержание гумуса в почве. При возделывании культур процессы минерализации опережают трансформацию вновь поступающих растительных остатков в гумус.

Расчеты запасов органического вещества в пахотном горизонте на конец третьего года звена севооборота показывают, что КМН и ОМК увеличили запасы гумуса на 0,83-2,07 т/га, или на 1,3-3,1% (табл. 2).

2. Влияние органо-микроэлементных комплексов на запасы $C_{орг}$ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, т/га

Вариант	Осень 2023 года			кг $C_{орг}$ /т удобрений (конец 2023 г.)
	Запас $C_{орг}$	± к контролю	± к исходному содержанию	
Контроль (б/у)	62,06	-	-4,14	-
$N_{40}P_{150}K_{90}$	65,79	3,73	-0,41	-
КМН	67,03	4,97	0,83	83
КМН + (Zn + Mo)	68,27	6,21	2,07	207
КМН + (Zn + Cu)	67,86	5,80	1,66	166

Примечание. Исходный запас $C_{орг}$ в почве до закладки опыта на всех вариантах 66,2 т/га

За счет пожнивных и растительных остатков запас гумуса увеличился на 6,0% и на фоне минеральных удобрений относительно контрольного варианта. Но за три года сельскохозяйственного использования запасы гумуса сократились на 0,6%. То же самое происходило при использовании пашни без внесения удобрений – запасы органического вещества за 3 года снизились на 6,3%. Применение КМН в чистом виде и обогащенного микро-элементными комплексами (Zn+Mo) и (Zn+Cu) позволило накопить в пахотном горизонте почвы к концу трехлетнего цикла звена севооборота от 83 до 207 кг/га органического вещества от внесения 1 т/га удобрений.

Результаты исследований свидетельствуют об эффективности применения ОМК на дерново-подзолистой

легкосуглинистой почве (табл. 3). Все варианты обеспечили статистически значимую прибавку урожайности возделываемых культур. В первый год звена севооборота максимальная урожайность яровой пшеницы была получена при внесении ОМК (прибавка по отношению к контролю составила 17,4-20,3%). КМН несколько уступил своим модифицированным аналогам, обеспечив прибавку урожая 12,2%.

3. Влияние органо-микроэлементных комплексов на урожайность зерна яровой пшеницы, овса и семян райграса однолетнего

Вариант	Урожайность звена с/о по годам, ц/га						Всего за звено с/о, ц/га з. е.	
	2021 г.	± к контролю	2022 г.	± к контролю	2023 г.	± к контролю	з. е.	± к контролю
Контроль (б/у)	17,2	-	25,4	-	15,1	-	43,8	-
$N_{40}P_{150}K_{90}$	19,0	1,8	31,3	5,9	17,6	2,5	51,4	7,6
КМН	19,3	2,1	32,2	6,8	21,3	6,2	54,0	10,2
КМН + (Zn + Mo)	20,7	3,5	32,8	7,4	23,1	8,0	56,6	12,8
КМН + (Zn + Cu)	20,2	3,0	32,9	7,5	18,3	3,2	54,2	10,4
HCP_{05}	1,801		1,819		3,197			

В связи с засушливым летом 2021 г. минеральные удобрения не смогли обеспечить высокую урожайность яровой пшеницы. Зерно получилось щуплым – прибавка составила всего 10,5% относительно контроля. На второй год звена севооборота максимальная урожайность была при применении ОМК и КМН (прибавка составила 26,8-29,5%). Минеральные удобрения также обеспечили прибавку урожайности 23,2%. На третий год звена севооборота статистически значимая прибавка урожайности семян однолетнего райграса 41,1-53,0% была достигнута в вариантах с КМН и КМН+(Zn+Mo). На остальных делянках увеличение урожайности было незначительное.

Урожайные данные коррелировали с содержанием $C_{орг}$ в почве данных вариантов (табл. 4). Коэффициенты корреляции варьировали от 0,69 до 0,81, что отражало реальную высокую положительную взаимосвязь урожайности с уровнем гумусированности почвы.

4. Взаимосвязь урожайности возделываемых культур с содержанием $C_{орг}$ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Урожайность по годам					
	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	яр. пше-ница, ц/га з.е.	$C_{орг}$, %	овес, ц/га з.е.	$C_{орг}$, %	райграс, ц/га з.е.	$C_{орг}$, %
Контроль	17,2	1,55	20,3	1,52	6,3	1,50
$N_{40}P_{150}K_{90}$	19,0	1,67	25,0	1,62	7,4	1,59
КМН	19,3	1,71	25,8	1,68	8,9	1,62
КМН + (Zn + Mo)	20,7	1,70	26,2	1,69	9,7	1,65
КМН + (Zn + Cu)	20,2	1,73	26,3	1,70	7,7	1,64
Коэффициент корреляции (r)		0,81		0,95		0,69
Уравнение регрессии	$Y=0,002x+1,572$		$Y=0,0022x+1,5345$		$Y=0,0018x+1,5125$	

Оценивая влияние КМН и ОМК на продукционную способность звена севооборота, отметим, что максимальная продуктивность 56,6 ц/га з. е. обеспечивалась в варианте КМН+(Zn+Mo) (прибавка составила 29,2%). Далее продуктивность звена севооборота располагалась по убывающей в линейке: КМН+(Zn+Cu) – КМН –

минеральные удобрения, обеспечивая прибавку урожайности 17,4-23,7% (рис.).

Итак, в течение трех лет эксперимента вариант КМН+(Zn+Mo) обеспечивал в большинстве случаев максимальную урожайность возделываемых культур (прибавка варьировала от 20 до 53%), а вариант ОМК -

КМН+(Zn+Cu) – прибавку 17-30%. Традиционный КМН (без микроэлементных добавок) давал прибавку продуктивности культур 12-41%. Таким образом, обогащение КМН микроэлементными комплексами позволило увеличить продуктивность звена севооборота на 24-29%.

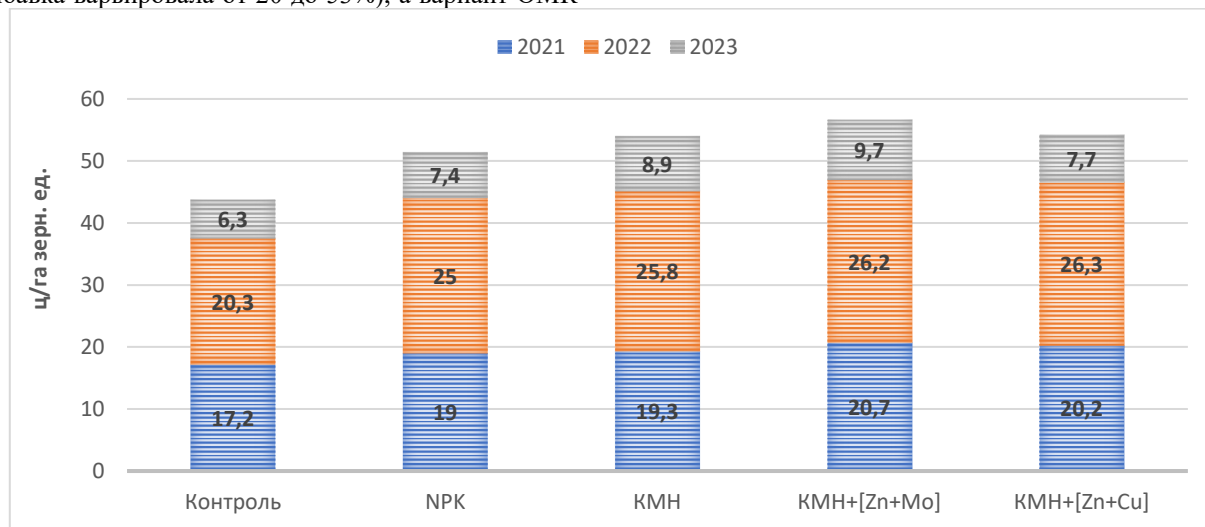


Рис. Влияние органо-микроэлементных комплексов на продуктивность звена севооборота (пшеница, овес, райграс на семена)

Заключение. 1. Органо-микроэлементные комплексы (ОМК) статистически значимо повышали содержание $C_{орг}$ в пахотном горизонте в первый год на 9,7-11,6 абс. %, во второй – на 11,2-11,8, в третий – на 9,3-10,0 абс. %. За три года звена севооборота ОМК способствовали сохранности гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, так как обеспечили повышение содержания $C_{орг}$ на 2,5-3,1 абс. % относительно исходного состояния.

2. Внесение в почву 1 т/га КМН или ОМК обеспечило накопление в пахотном горизонте 83-207 кг/га органического вещества ($C_{орг}$).

3. В течение трех лет (2021-2023) оба вида ОМК - КМН+(Zn+Mo) и КМН+(Zn+Cu) превалировали над вариантом с КМН, обеспечивая весомую прибавку урожайности возделываемых культур - 17-53% относительно контроля.

4. Установлена высокая положительная линейная зависимость урожайности от содержания в почве $C_{орг}$ (коэффициент корреляции между величинами варьировал от 0,81 до 0,95 в первые два года и до 0,69 – в третий), что свидетельствовало о сохранении дерново-подзолистой осушаемой почвой необходимого уровня гумусированности пахотного горизонта.

Литература

1. Азаренко Ю.А., Волкова В.А., Воронкова Н.А. Влияние экологических факторов на содержание меди в почве и яровой пшенице в условиях Омского Прииртышья // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2 (38). – С. 42-48. DOI: 10.47737/2307-2873-2022-38-42
2. Гундарева А.Н., Мелякина Э.И. Биогенная миграция микроэлементов в различных типах почв Астраханской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2005. – № 3 (26). – С. 194-200.
3. Жуйков Д.В. Сера и микроэлементы в агроценозах (обзор) // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 11. – С. 32-42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11105
4. Кожухова Т.С. Изменение урожайности и агрохимических свойств почвы при использовании нетрадиционных органических удобрений на посевах ярового ячменя // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 2 (101). – С. 189-194. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.189

5. Лесных Е.А. Поведение микроэлементов в почве при утрате гумуса на примере почв Приобского плато Алтайского края // Вестник Алтайского государственного университета. – 2005. – № 3 (19). – С. 27-30.
6. Масалов В.Н., Березина Н.А., Лобков В.Т., Бобкова Ю.А. Управление плодородием почв на основе интенсификации биологических факторов в системах земледелия // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 3 (90). – С. 10-17. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.10
7. Никифорова Ю.Ю. Влияние компостов на основе производственных отходов на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур // Агроэкоинженерия. – 2022. – № 3 (112). – С. 70-81. DOI: 10.24412/2713-2641-2022-3112-70-81
8. Спицына С.Ф., Томаровский А.А., Остальд Г.В. Поведение молибдена в системе почва-растения на территории Алтайского края // Вестник Алтайского государственного университета. – 2014. – № 2. – С. 53-57.
9. Сорокина О.Ю. Мониторинг показателей кислотности легкосуглинистой почвы и содержания микроэлементов на базе стационарного опыта в севообороте со льном-долгунцом // Нива Поволжья. – 2011. – № 1 (18). – С. 58-63.
10. Тимофеева Я.О. Особенности круговорота микроэлементов в агроэкосистемах в условиях формирования почвенных конкреций // Аграрный вестник Урала. – 2018. – № 12. – С. 14-21.
11. Тычинская И.Л., Панарина В.И., Михалева Е.С. Применение органических удобрений в решении проблем экологии и продовольственной безопасности страны // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 2 (89). – С. 64-74. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.64
12. Хомяков Д.М. Почва – незаменимый компонент биосферы и глобальной продовольственной системы // Вестник московского университета. Сер. 17. Почвоведение. – 2020. – №4. – С. 3-16.
13. Хомяков Д.М., Ксю Вэй, Юинг Ксионг, Бочарникова Е.А., Матыченко В.В. Природоподобные агрохимические средства в вопросах обеспечения продовольственной безопасности и повышения плодородия почв // Вестник московского университета. Сер. 17. Почвоведение. – 2020. – № 2. – С. 29-36.
14. Шевченко В.А., Попова Н.П., Соловьев А.М. Динамика содержания микроэлементов в почве при освоении малопродуктивных залежных земель Верхневолжья // Известия ТСХА. – 2022. – №2. – С. 5-15. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-2-5-15
15. Щукин С.В., Горнич Е.А., Труфанов А.М., Воронин А.Н., Ваганова Н.В. Влияние минимальной обработки, удобрений и гербицидов на динамику органического вещества и агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в посевах яровых зерновых культур и викоовсяной смеси // Известия ТСХА. – 2022. – № 2. – С. 16-31. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-2-16-31

I.A. Treshkin, G.Yu. Rabinovich
Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Pyzhevsky per., 7, bld. 2, 119017, Moscow, Russia, E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

The article presents the results of tests of two modifications of organic fertilizer - multipurpose compost (KMN) and its effect on the fertility of drained sod-podzolic light loamy soil and the productivity of the crop rotation link. It was shown that during three years of experiment with KMN and its modifications - organic-microelement complexes (OMK) had a prolonged effect on the humus status of the soil, providing an increase in C_{org} content by 0.12...0.18 absolute % relative to the control option without fertilizers and by 1.23...1.85 absolute % relative to the base variant with KMN. It was determined that the introduction of 1 ton of KMN without additives or KMN enriched with microelement complexes [Zn+Mo] and [Zn+Cu] into the soil allowed the accumulation of 83...207 kg of organic matter in the arable horizon after three years of observation. The results of the influence of KMN and OMK on the productivity of the crop rotation link are presented, the increase of which reached 23...29%, increasing in the series: KMN – KMN+[Zn+Cu] – KMN+[Zn+Mo].

Key words: multipurpose compost (KMN), organic-microelement complex (OMK), microelements, sod-podzolic light loamy soil, organic matter, productivity.

УДК 631.442.4:631.421.1:631.81:631.423.1

DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.13

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНОМ СПОСОБЕ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.А. Коваленко, Т.М. Забугина, В.С. Михальцов,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
*127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия, *E-mail: kovalhud@mail.ru*

Работа выполнена по государственному заданию № 0429-2021-0002

В длительном полевом опыте после прохождения двух ротаций севооборота, включающего три поля бобово-злаковых трав и два поля зерновых, определены агрохимические показатели плодородия дерново-подзолистой почвы в вариантах с применением минеральных удобрений и их отсутствием. Показано изменение плодородия почвы за 11 лет использования чистого пара.

Ключевые слова: дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва, стационарный полевой опыт, агрохимические показатели плодородия, зернотравяной севооборот.

Для цитирования: Коваленко А.А., Забугина Т.М., Михальцов В.С. Агрохимические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы при разном способе ее использования// Плодородие. – 2024. – №4. – С. 61-64. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.13.

Важным условием получения высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур, как свидетельствуют результаты многочисленных полевых опытов, а также деятельность сельскохозяйственных предприятий, является целенаправленная работа по повышению плодородия почв путем применения удобрений и средств химической мелиорации [1]. Важное значение при этом придается такому фактору повышения продуктивности земель как вовлечение в севооборот многолетних бобовых и бобово-злаковых травостоев.

Цель наших исследований - изучить качественный состав органического вещества [2], влияние минеральных удобрений и их последствия на урожайность зерновых культур и продуктивность зернотравяного севооборота [3] в условиях дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв Подмосковья. Кроме того, провести наблюдения за изменением агрохимических показателей почвы при возделывании многолетних трав и зерновых культур без применения удобрений и при использовании полного минерального удобрения.

Методика. Объектом исследований служил ранее проводимый многолетний стационарный полевой опыт [4] по изучению органоминеральной системы удобрения, СШ-5 (стационар Шебанцево 5), впоследствии преобразованный в опыт СШ-5М (модернизированный). После преобразования опыта СШ-5 в СШ-5М, последний представляет собой комплекс, состоящий из объектов (агрофонов): чистый пар, севооборот без применения удобрений (фон б.у.) и севооборот с удобрениями (фон НРК). Агрофон чистый пар занимает одно из повторений прежнего опыта СШ-5, включающего 9 вариантов (индивидуальных делянок). Агрофон без удобрений и фон с удобрениями содержат каждый по 9 вариантов в трех повторениях. В анализируемый период (с 2011 по 2022 г.) опыт развернут в трех полях зернотравяного севооборота с чередованием культур: многолетние бобово-злаковые травы трех лет жизни (4 укоса), озимая пшеница, ячмень. В одном из полей (поле 1) прошли две ротации зернотравяного севооборота. Агрохимическая характеристика исходного состояния почвы в 2011 г.: