

РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДИАТОМИТА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О.А. Оленин, к.с.-х.н., С.Н. Зудилин, д.с.-х.н.,

*Самарский государственный аграрный университет agrotonik63@mail.ru, zudilin_sn@mail.ru
ул. Учебная, 2, п. г. т. Усть – Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., 446442, Российская Федерация*

Приведены результаты исследований по разработке многокомпонентных органических удобрений, а также их эффективность на опытном поле Самарского ГАУ в 2017 – 2019 гг. (южная лесостепь Заволжья). Выявлено, что разработка многокомпонентных органических удобрений на основе наноструктурного диатомита и продуктов переработки органических отходов и сырья (в частности, эффлюент, зола древесная гранулированная, зоогузмус гранулированный) является эффективным направлением развития и распространения технологий органического земледелия, особенно в условиях нарастания аридности вегетационного периода. Многокомпонентное органическое удобрение на основе диатомита снижало пораженность растений яровой твердой пшеницы корневыми гнилями на 11,3-22,5% по сравнению с контролем и на 21,4-21,7% по сравнению с минеральными удобрениями. Минеральная система удобрения увеличивала урожайность яровой твердой пшеницы в среднем на 8,2-9,7% по отношению к контролю, тогда как органическая – на 13,9-19,5%, при стоимости внесенного минерального удобрения примерно 2000 руб/га, а многокомпонентного органического – 1500 руб/га.

Цель исследований – разработать многокомпонентные органические удобрения на основе наноструктурного диатомита с использованием продуктов переработки органических отходов и сырья и изучить их влияние на показатели агрофитоценозов и урожайность полевых культур.

Ключевые слова: органическое земледелие, многокомпонентные органические удобрения, биопрепараты, диатомит, корневые гнили, урожайность.

DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.12

В январе 2020 г. вступил в силу ФЗ №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Это означает наступление нового этапа в развитии российского земледелия и растениеводства. Органическое земледелие стало нормативно защищенной отраслью АПК РФ, у него появились единый государственный логотип и единый Госреестр производителей органической продукции [1].

Мировой рынок органической продукции на протяжении последних лет показывает стабильный рост – примерно на 10 – 15% ежегодно. К 2020 г. он оценивался почти в \$100 млрд., а к 2024 г. – более чем в \$200 млрд. Объем внутреннего рынка органического продовольствия РФ в 2020 г. составил \$250 млн. Минсельхоз РФ прогнозирует, что к 2024 г. такая продукция составит до 15% всего агроэкспорта России [2].

Развитие органического земледелия стимулирует развитие смежных отраслей АПК: производство микробиологических и биопрепаратов, органических удобрений, средств биозащиты культур, беспилотных летательных аппаратов (для мониторинга посевов, внесения энтомофагов и др.) и других видов инновационной продукции. Органические удобрения и биопрепараты производят, как правило, на основе переработки органических отходов и сырья, что является актуальной государственной задачей в России и в большинстве развитых стран мира.

По разным оценкам, в 2019 г. в России совокупный объем органических отходов составил свыше 268 млн т, при этом утилизации подверглась незначительная часть

отходов. Например, наименьший показатель первичной переработки оказался у бытовых пищевых отходов, согласно оценкам по итогам 2019 г. он не превышал 10,2% [2, 3].

Однако, в абсолютном большинстве случаев дальнейшая переработка любого типа (грануляция, использование микроорганизмов, биореакторы, зоопереработка и др.) не применяется, и отходы не преобразуются в готовые органические удобрения, биопрепараты, средства биозащиты и другие высококачественные (например, зоожир, хитин) продукты [3].

В связи с изложенным, в лаборатории АгроЭкология Самарского ГАУ ведут научную работу по теме «Цифровое органическое земледелие». Базовой составной частью её является разработка различных многокомпонентных органических удобрений и полифункциональных биопрепаратов на основе переработки (утилизации) органических отходов и сырья.

Цель наших исследований – разработать многокомпонентные органические удобрения на основе наноструктурного диатомита с использованием продуктов переработки органических отходов и сырья и изучить их влияние на агрофитоценоз и урожайность полевых культур.

Задачи исследований: 1. Разработать рецептуру и технологию производства многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита с использованием продуктов переработки органических отходов и сырья. 2. Изучить влияние органического удобрения на пораженность яровой твердой пшеницы корневыми гнилями и ее урожайность.

Методика. По общепринятым методикам и ГОСТам проводили анализы, учеты и наблюдения: урожайность определяли по ГОСТу 12041-82 и ГОСТу 12037-81, пораженность растений корневыми гнилями – по методике ВНИИЗРа; использовали методы дисперсионного и корреляционного анализа (Доспехов, 1985).

Исследования проводили на опытном поле СГАУ в 2017-2019 гг. (центральная зона Самарской обл.). Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглинистый: в слое 0-30 см содержание гумуса 5,3 %; $pH_{\text{сол.}}$ 6,9, азота легкогидролизуемого – 80-120 мг/кг, фосфора подвижного – 135-145 и калия подвижного – 150-195 мг/кг (ГОСТ 26204-91).

В среднем годовая сумма осадков во все годы исследований превышала среднесуточные данные. Однако, значительная часть осадков выпадала в период декабрь – апрель, превышение над нормой составляло 74-135,2%. Особенно характерен 2018-2019 г., когда в сентябре – ноябре выпало 44,6% осадков, в мае – августе – 67,9, а в декабре – апреле – 235,2% нормы. Среднегодовая температура воздуха во все годы исследований превышала среднесуточные показатели на 36,8-63,2%. Если в мае – августе средняя температура повышалась на 0,6-9,4%, то в сентябре – ноябре – на 4,8-64,3, а в декабре – апреле – на 22,8-46,8%. То есть, наибольшее повышение средней температуры происходит в осенний и зимний периоды. Но период активной вегетации культур (май – август) становится более аридным.

Исследования проводили в полевом двухфакторном стационарном опыте, заложенном в 2017 г., в севообороте: 1 – чистый пар; 2 – озимая пшеница; 3 – яровая твердая пшеница; 4 – горох; 5 – ячмень; 6 – подсолнечник.

Факторы: А – удобрения (A_1 – контроль, A_2 – минеральные удобрения, A_3 – многокомпонентное органическое удобрение на основе диатомита); В – препараты (B_1 – контроль, B_2 – пестициды, B_3 – полифункциональные биопрепараты). Число вариантов на поле – 9, повторность – 3-кратная, число делянок – 27, площадь делянки общая – 63 м² (4,5 м × 14,0 м), учетная – 31,5 м²; общая площадь поля – 0,17 га; размещение делянок систематическое.

Рассмотрим применение удобрений на примере яровой твердой пшеницы сорта Безенчукская степная. Норма высева семян – 200 кг/га, посев одновременно с внесением удобрений из бункера сеялки в рядок на семенное ложе.

Под яровую твердую пшеницу при посеве вносили:

A_2 – 100 кг/га нитроаммофоски (16:16:16). Нитроаммофоска – единственное минеральное азотное удобрение, внесение которого в рядок при посеве относительно допустимо, без особого вреда для проростков полевых культур, при соблюдении умеренных доз. A_3 – 200 кг/га многокомпонентного органического удобрения.

Дозы внесения удобрений определяли с учетом объема бункера применяемой сеялки, максимально возможной устанавливаемой нормы высева сеялки (в нашем случае – 450 кг/га), необходимости оперативности посева, безопасности для проростков пшеницы и стоимости удобрения.

Распространение технологий органического земледелия во многом зависит от технологичности, агрономической эффективности и экономической рентабельности органических удобрений. Поэтому, полагаем, органическое удобрение должно быть в виде сыпучих

гранул длиной 0,5-1,0 см и диаметром 0,3-0,5 см. Оно должно вноситься в рядок при посеве из бункера сеялки, чтобы максимально сократить дозы и затраты на внесение. При этом необходимо максимально повысить агрономическую эффективность за счет доставки компонентов органического удобрения непосредственно в ризосферную зону проростков и всходов культур.

Поперек внесения удобрений проводили опрыскивание препаратами по листьям во время вегетации: B_2 – гербициды при необходимости (в 2018 и 2019 гг. один раз за вегетацию применяли Гранстар Мега – в фазе флагового листа), B_3 – биопрепарат на основе эффлюента разработки лаборатории АгроЭкология многокомпонентный полифункциональный биопрепарат с функциями удобрения, фунгицида и бактерицида – 2 раза за вегетацию, в фазы кущения и выхода в трубку, норма внесения – 3 л/га при расходе рабочей жидкости 200 л/га). Эффлюент – продукт микробиологической анаэробной ферментации органических отходов и/или сырья в биореакторах с одновременным получением биогаза, который может направляться на генерацию тепла и электричества для хозяйственных и производственных нужд.

Обработка почвы под яровую пшеницу твердую: основная – двукратное дискование на 6-8 см и через 10-14 дней на 10-12 см, весеннее – ранневесеннее боронование, культивация не ранее 1-2 дней перед посевом. Посев проводили сеялкой Amazone Primera DMC с шириной захвата 4,5 м; после посева сразу осуществляли прикатывание кольчато-шпоровыми катками; опрыскивание – навесным опрыскивателем Amazone UF 01 с шириной захвата 14 м; уборку – селекционным комбайном «TERRION – SR2010».

Перед уборкой в фазе полной спелости зерна отбирали снопы с делянок площадью 1,0 м² для определения структуры и качества урожая.

Развитие и распространение технологий органического земледелия зависят, в первую очередь, от наличия органических удобрений и биопрепаратов, отвечающих следующим требованиям: 1) не уступают или превосходят по агрономической эффективности минеральные удобрения и пестициды; 2) восстанавливают и способствуют расширенному воспроизводству плодородия почвы; 3) восстанавливают нарушенные экосистемные связи в агрофитоценозах; 4) себестоимость их производства и стоимость применения существенно ниже производства и применения минеральных удобрений и пестицидов; 5) высокая технологичность применения; 6) частично или полностью состоят из продуктов переработки органических отходов и сырья; 7) пролонгированность действия; 8) обеспечивают получение «органической» продукции.

Соответственно приведенным требованиям, в рамках исследований в качестве основы многокомпонентных органических удобрений было выбрано природное биогенное сырье: диатомит – опал-кристобалитовая осадочная горная порода, практически полностью сложенная твердыми кремневыми панцирями диатомовых водорослей и мелкими округлыми зернами кремнезема. Панцири диатомовых водорослей представляют собой полые внутри микроскопические опаловые тельца. Число цельных панцирей диатомовых водорослей колеблется в различных сортах диатомита в широких пределах – от 1,17 до 30 млн/см³, что создает высокую по-

ристость диатомитов (до 90-95%, в среднем – 80%), размер пор от 1 до сотен нм [4].

Диатомит является природным наноструктурированным материалом биогенного происхождения, что предопределяет его уникальные технологические свойства и соответствующие способы применения в АПК, в частности в органическом земледелии (биозащита и биоудобрение).

Добытый как органическое сырье диатомит измельчают, обжигают и просеивают на разные фракции. Обжиг по специальной технологии увеличивает пористость диатомита на 30-50% за счет выжигания нанопор.

Для разработки линейки органических удобрений был выбран диатомит с месторождения в Ульяновской области. Физико-химические показатели диатомита: ионообменная способность 0,8-0,12, г-экв/кг, удельная поверхность 20-50, м²/кг·10³, объемная масса 434-588, кг/м³, пористость 75-85% (до 90-95 %), сорбция, разные жидкости 85-180 % от собственной массы диатомита, эффективный диаметр пор до 100 нм и более.

В таблице 1 приведены агрохимический состав и стоимость органического удобрения.

1. Агрохимический состав (расчетный) и оптовая стоимость многокомпонентного органического удобрения

Органическое удобрение	Диатомит + зоогумус + зола древесная (50:40:10)				
Состав	Диатомит обожженный, фракция 3,0-4,25 мм	Зоогумус гранул.	Зола древесная гранул.	Итого, агрохим. состав	Стоимость удобрения в 2020 г.
1. pH	6,5-7,5	7,2	6,5-7,0	7,0-7,2	-
2. Общий азот, % на абс. сух. в-во	-	5,63	-	2,25	-
3. Общий фосфор, %	0,05 % (вал.)	4,17	3,42	2,0	-
4. Общий калий, %	1,25 % (вал.)	4,28	3,47	2,2	-
5. Кальций, %	0,52% (вал.)	-	34,68%	4,50	-
6. Магний, %	0,48% (вал.)	-	6,39%	1,12	-
7. Железо, г/кг	-	-	8,44	0,87	-
8. Сера, %	-	-	1,35%	0,14	-
9. Кремний, %	83,1% (вал.)	-	16,43%	43,64	-
10. Массовая доля органического вещества, % на абс. сухое в-во	-	79,1	-	31,64	-
11. Массовая доля золы, %	-	20,9	-	8,36	-
Массовая доля подвижных форм микроэлементов, мг/кг:					
12. Медь	-	15,0	76,56	13,66	-
13. Цинк	-	55,0	1576	179,60	-
14. Марганец	-	54,1	4915	513,14	-
15. Бор	-	-	227	22,70	-
16. Молибден	-	-	1,32	0,13	-
17. Кобальт	-	0,70	5,58	0,84	-
Оптовая цена готовых компонентов с доставкой, руб/т	7000	8000	8000		7500
Доза внесения удобрения, кг/га	-	-	-		200 – 300
Затраты на удобрение, руб/га	-	-	-		1500 – 2250

Структура, физико-химические показатели и химический состав диатомита определяют его агрономиче-

ски полезные технологические свойства: 1) за счет высокой пористости впитывает в себя воды до 180% собственной массы; 2) за счет особенностей строения нанопор отдает впитанную влагу в почву и растениям постепенно, т.е. пролонгированно, в результате продлевается эффект полива и подкормки в 2 – 5 раз; 3) химически инертный, без запаха; 4) имеет нейтральную реакцию почвенного раствора; 5) содержит органического кремния до 40-45%, из них 10-20% и более – в доступной для растений аморфной форме; органический кремний повышает иммунитет и тургор растений; 6) является почворазрыхлителем за счет пористой структуры и низкой плотности сложения [4, 8-10]; 7) препятствует развитию плесени и гнили; 8) является природным биоинсектицидом [5-7]; 9) есть возможность насыщать нанопоры питательными элементами, гуминовыми и биоактивными веществами, полезными микроорганизмами, биоинсектицидами и др.

Диатомит также представляет собой экологически безопасное сырье, так как практически не содержит загрязняющие вещества, в том числе тяжелые металлы. Диатомит как сорбент способен эффективно связывать и нейтрализовывать наиболее вредные токсиканты, что дает возможность использовать его для рекультивации загрязненных и восстановления нарушенных почв, например, солонцов и солончаков [4, 9, 10].

В условиях изменения климата, связанных с повышением аридности вегетационного периода, для земледелия крайне важны свойства диатомита в значительной степени повышать водоудерживающую способность черноземных почв и экономно расходовать запасы продуктивной влаги [4, 8, 11].

Следовательно, диатомит является перспективным ингредиентом в качестве основы для многокомпонентных органических удобрений, а также как своеобразный «контейнер – носитель» пролонгированного действия при насыщении нанопор питательными элементами, полезными микроорганизмами и другими органическими компонентами.

Значительный вклад в изучение возможности использования высокремнистых пород, в том числе диатомита, в системе удобрения полевых культур в условиях Среднего Поволжья внесла доктор с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ А.Х. Куликова [4, 8, 9, 10]. В частности, в работах А.Х. Куликовой с соавторами установлено положительное влияние диатомита на агрофизические, агрохимические и биологические свойства, водный и питательный режимы чернозема выщелоченного и типичного, на урожайность и качество продукции при использовании как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями и биопрепаратами, а также птичьим пометом и осадком сточных вод. Доказано пролонгированное действие (до 3-4 лет и более) диатомита и его смесей на систему почва – растение. Выявлена роль диатомита в получении экологически безопасной продукции [4, 8, 9].

Изучив положительный опыт научных исследований А.Х. Куликовой, было решено развить данную тему: 1) разработать рецептуру линейки многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита, в том числе для органического земледелия; 2) использовать в качестве компонентов только ингредиенты, получаемые в результате переработки органического сырья и отходов; 3) использовать диатомит, обладающий уникальными технологическими свойствами, как «контей-

нер – носитель» для других органических компонентов; 4) разработать технологию внесения удобрительных смесей на основе диатомита из сеялки при посеве непосредственно в рядок, что позволит доставлять питательные элементы и полезные микроорганизмы адресно в ризосферную зону проростков и всходов культур, что соответственно позволит снизить дозы внесения и повысить агрономическую эффективность удобрений; 5) включить в состав удобрительных смесей микробиологические препараты с функциями биофунгицида и бактерицида, чтобы удобрение выполняло также роль биозащиты семян, проростков и всходов растений полевых культур; 6) включить в состав удобрений гуминовые вещества и микроорганизмы, восстанавливающие и повышающие плодородие почвы.

С учетом перечисленных факторов была разработана линейка многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита, которая проходит полевую апробацию, в том числе в научных производственных полевых опытах в четырех хозяйствах (на площади 3, 5, 8 и 25 га).

В данной работе представлен один из видов многокомпонентного удобрения: Диатомит + зоогумус + зола древесная = 50:40:10 (табл. 2).

2. Расчетное количество вносимых питательных элементов

Показатель	Нитроаммофоска 16:16:16	Диатомит + зоогумус + зола древесная (50:40:10)
	Доза внесения, кг/га	
	100	200
1. Общий азот	16	4,5
2. Усвояемые фосфаты в пересчете на P ₂ O ₅	16	4
3. Калий в пересчете на K ₂ O	16	4,4
4. Кальций	-	9
5. Магний	1,2	2,24
6. Железо	-	0,174
7. Сера	3,5	0,28
8. Кремний	-	87,28
9. Органическое вещество, абс. сухое	-	73,41*
10. Зола	-	16,72
11. Медь	-	0,0027
12. Цинк	-	0,036
13. Марганец	-	0,103
14. Бор	-	0,0045
15. Молибден	-	-
16. Кобальт	-	-
17. Микроорганизмы		Живые, полезные – антагонисты патогенной микрофлоры, свыше 30 видов: консорциум представителей родов <i>Klebsiella</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> и <i>Trichoderma</i>

*В том числе 10,13 кг/га органического вещества, содержащегося в эффлюенте, которым насыщается диатомит (примерно, 30% от массы диатомита).

В таблице 2 представлен расчетный итоговый агрохимический состав вносимого удобрения, так как химический состав компонентов несколько различается по партиям, а также не все лаборатории определяют весь спектр необходимых питательных элементов. В таблице не указан эффлюент, так как содержание питательных элементов в нем незначительное (основное предназначение – источник гуминовых веществ и полезной микрофлоры).

Пропорция 50:40:10, по массе, установлена лабораторным опытным и расчетным путем. Проводили лабораторные эксперименты на различных зерновых колосовых, зернобобовых и овощных культурах. Затем выявляли оптимальную удобрительную смесь, и ее пропорции корректировали расчетным путем с целью достижения наибольшей экономической эффективности с учетом способа и доз внесения в почву.

Диатомит использовали модифицированный обожженный фракции 3,00-4,25 мм. Его подготавливали на заводе «Октябрьский» ООО «ПромАктив» (Самарская обл.). В лаборатории АгроЭкология было установлено, что для производства удобрительных смесей оптимальной технологичностью обладает фракция диатомита 3,00-4,25 мм (гранула примерно соответствует размеру семени пшеницы).

Предварительно, перед смешиванием с другими сухими органическими ингредиентами, диатомит насыщали эффлюентом в пропорции 3 : 1 по массе. В наших опытах использовали эффлюент, вырабатываемый на биореакторе из навоза КРС. Эффлюент производят на основе ГОСТа 33380 – 2015. Он содержит живые полезные микроорганизмы – антагонисты патогенной микрофлоры, свыше 30 видов. Эффлюент при необходимости обогащают другими жидкими органическими ингредиентами, например гуматом калия, биогумусом, микробиологическими препаратами и др.

В нашем случае, диатомит насыщали одним эффлюентом, предназначение которого заключается в обогащении нанопор диатомита полезными микроорганизмами и гуминовыми веществами.

Зоогумус (зоокомпост) – продукт жизнедеятельности личинок мух: сыпучая мелкогранулированная (1-3 мм) масса коричневого цвета с сильным запахом аммиака; применяется как органическое удобрение.

В качестве органического сырья использовали отходы мясоперерабатывающего производства. Данная технология пока не получила широкого распространения в России, но является перспективной, так как имеет: высокую скорость переработки отходов; высокое содержание биологического азота в получаемом зоогумусе; большое количество получаемых продуктов переработки, помимо зоогумуса, имеющих высокую маржинальность и экспортный потенциал (например, хитин и зоожир); высокую технологичность и агрономическую эффективность зоогумуса для земледелия и растениеводства. В таблице 1 была приведена характеристика зоогумуса на основании испытаний ФГБУ «САС «Самарская».

Перед смешиванием зоогумус подвергали грануляции с образованием гранул длиной 0,50-1,00 см и диаметром 0,30-0,50 см для повышения технологичности внесения, в том числе из сеялки любого типа при посеве.

Золу древесную гранулированную производят в ООО «ТехСервис», (Архангельская обл.). Агрохимический состав золы представлен в таблице 1.

Таким образом, все органические ингредиенты – диатомит, эффлюент, зоогумус и зола древесная – взаимодействуют состав данного вида биоудобрения, которое в результате обладает полным набором макро-, мезо- и микроэлементов в легкодоступной для растений форме и широким набором видов полезных микроорганизмов, а также активных биохимических веществ (фитогормоны, аминокислоты, почвенные антибиотики и др.).

Доза внесения биоудобрения (200-300 кг/га) определяется, главным образом, объемом высевашего бункера применяемой сеялки, нормой посева семян культуры и необходимостью оперативности посева. Однако, внесение биоудобрения при посеве из сеялки в рядок на семенное ложе позволяет значительно снизить общую дозу внесения, обогатить посевной слой полезной микрофлорой и пролонгировать действие компонентов удобрения в прикорневой зоне. В совокупности это повышает агрономическую и экономическую эффективность биоудобрений по сравнению с минеральными удобрениями, вносимыми традиционно по всей поверхности почвы разбросным методом.

Как уже отмечалось, существуют значительные трудности с проведением полного агрохимического анализа органических удобрений из-за отсутствия аккредитованной лаборатории в которой будет возможно определить полный спектр питательных элементов и основных групп микроорганизмов.

Результаты исследований по влиянию многокомпонентного органического удобрения на пораженность растений яровой твердой пшеницы корневыми гнилями представлены в таблице 3.

3. Распространенность поражения яровой пшеницы твердой корневыми гнилями в фазы кущения и молочной спелости, % (в среднем за 2017-2019 гг.)

(в среднем за 2017-2019 гг.)				
Система защиты (В)	Система удобрения (А)			Среднее
	контроль (А ₁)	минеральная (А ₂)	органическая (А ₃)	
Контроль (В ₁)				
В среднем	32,7	36,1	29,0	32,6
% к контролю	100	110,4	88,7	
Пестициды (В ₂)				
В среднем	36,9	36,5	28,6	34,0
% к контролю	100	98,9	77,5	
Биопрепараты (В ₃)				
В среднем	33,8	33,5	26,2	31,2
% к контролю	100	99,1	77,5	
Среднее	34,5	35,4	27,9	
НСР _А – 2,61; НСР _В – 1,48				

Выявлено, что влияние фактора удобрений достоверно (НСР_А – 2,61). Если минеральная система удобрения фактически не сокращала существенно пораженность растений пшеницы корневыми гнилями (и даже наблюдалось её увеличение на 10,4% в варианте без препаратов), то применение многокомпонентных органических удобрений снижало пораженность на 11,3-22,5% по отношению к контролю.

В таблице 4 приведены данные по урожайности яровой пшеницы. Влияние удобрений оказалось достоверным (НСР_А=0,09). Минеральная система удобрения увеличивала урожайность в среднем на 8,2 – 9,7% по отношению к контролю, тогда как органическая – на 13,9 – 19,5%. Наибольшее увеличение урожайности отмечено в варианте А₃В₂ с органическими удобрениями и пестицидами (+19,5%), что объясняется, очевидно, улучшением фитосанитарного состояния агрофитоценоза.

Наибольшая урожайность также наблюдалась при многокомпонентном органическом удобрении. Однако,

необходимо учитывать, что с органическим удобрением вносится значительное количество мезо- и микроэлементов, а также агрономически полезных микроорганизмов и биохимически активных веществ, которые активизируют микробиологические и биохимические процессы восстановления плодородия почвы, особенно, если в препарате содержится комплекс целлюлолитических ферментов, азотфиксирующие, фосфор- и калиймобилизующие микроорганизмы.

Стоимость внесенной нитроаммофоски примерно 2000 руб/га из расчета средней оптовой стоимости 20000 руб/т (цена колеблется от 18 до 28 тыс. руб.), стоимость органического удобрения примерно 1500 руб/га. Урожайности яровой пшеницы твердой в среднем повышается при органической системе на 6,9% по сравнению с минеральной системой удобрения. Технология органического земледелия в лесостепи Заволжья является эффективным агроприемом.

4. Урожайность яровой твердой пшеницы в зависимости от систем удобрения и защиты растений, т/га

Год	Система удобрения (А)			В сред нем
	контроль (А ₁)	минеральная (А ₂)	органиче- ская (А ₃)	
Контроль (В ₁)				
2017	2,64	2,81	2,78	2,74
2018	1,38	1,42	1,64	1,48
2019	1,60	1,85	1,94	1,80
В среднем	1,87	2,03	2,12	2,01
% к кон- тролю	100	108,6	113,9	
Пестициды (В ₂)				
2017	2,60	2,75	2,89	2,75
2018	1,33	1,46	1,77	1,52
2019	1,62	1,88	1,97	1,82
В среднем	1,85	2,03	2,21	2,03
% к кон- тролю	100	109,7	119,5	
Биопрепараты (В ₃)				
2017	2,74	2,96	2,94	2,88
2018	1,43	1,46	1,81	1,57
2019	1,70	1,93	1,96	1,86
В среднем	1,96	2,12	2,24	2,10
% к кон- тролю	100	108,2	114,3	
Среднее	1,89	2,06	2,19	2,05
% к кон- тролю	100	109	115,9	
НСР _А – 0,09; НСР _В – 0,10				

Выводы. Проведенные в 2017-2019 гг. исследования выявили, что разработка многокомпонентных органических удобрений на основе наноструктурного диатомита и продуктов переработки органических отходов и сырья – эффективное направление развития и распространения технологий органического земледелия.

Многокомпонентное органическое удобрение снижало пораженность растений яровой твердой пшеницы на 11,3-22,5% по сравнению с контролем и на 21,4-21,7% по сравнению с минеральным удобрением.

Минеральная система удобрения увеличивала урожайность в среднем на 8,2-9,7% по отношению к контролю, тогда как органическая – на 13,9-19,5%, при стоимости внесенного минерального удобрения примерно 2000 руб/га, а многокомпонентного органического – 1500 руб/га.

Выявлены широкие возможности моделирования состава многокомпонентного органического удобрения на основе диатомита в зависимости от производственной необходимости, технических условий, местных источ-

ников органического сырья и отходов, а также местных производственных мощностей по переработке органических удобрений.

Литература

1. Вступил в силу закон "Об органической продукции" [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dairynews.ru/news/vstupil-v-silu-zakon-ob-organicheskoy-produktsii.html> (дата обращения: 21.11.2020).
2. АГРОИНВЕСТОР [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/33502-organika-rossiyskogo-li-polya-yagoda-obem-vnutrennego-rynka-ekoproduktsii-otsenivaetsya-v-250-mln-uzh/> (дата обращения: 21.11.2020).
3. Переработка органических отходов: барьеры развития бизнеса в РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/11775/> (дата обращения 21.11.2020).
4. Куликова А.Х. Кремний и высокремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур // Ульяновск: изд-во Ульяновской ГСХА, 2013. – 176 с.
5. Wakil W., Ghazanfar M.U., Ashfaq M., Ali K., Riasat T. Efficacy assessment of diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on gram at different temperature and relative humidity regimes // Julius-Kühn-Archiv: Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection. Vol. 425. 2011. P. 936–941.

6. Mewis I., Ulrichs C. Treatment of rice with diatomaceous earth and effects on the mortality of the red flour beetle *tribolium castaneum* (herbst) // Springer-Verlag GmbH. Vol. 74 (1). 2001. P.13–16.
7. Xiang, Y., Wang, N., Song, J., Cai, D., Wu, Z. Micro-nanopores fabricated by high-energy electron beam irradiation: Suitable structure for controlling pesticide loss // Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 61. 2013. P.5215–5219.
8. Куликова А. Х., Никифорова С. А. Эффективность предпосевной обработки семян ячменя биопрепаратами и диатомитовым порошком в условиях Ульяновской области // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2011. – №4. – С. 26–32.
9. Козлов А. В., Куликова А. Х., Копосова Н. Н. Влияние диатомита, цеолита и бентонитовой глины на показатели физико – химического состояния дерново – подзолистой почвы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 19. – 2017. – №2 (2). – С. 275 – 280.
10. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Изучение эффективности органоминеральных удобрений в технологии возделывания кукурузы и ячменя» // ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ им. П. А. Столыпина. – 2018. – 28 с.
11. Смывалов В. С., Захарова Д. А. Влияние кремнийсодержащих материалов на урожайность и качество продукции яровой пшеницы // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2016. – №4. – С. 55 – 59.

DEVELOPMENT OF MULTI-COMPONENT ORGANIC FERTILIZERS BASED ON DIATOMITE FOR ORGANIC FARMING

O.A. Olenin, S.N. Zudin

Samara State Agrarian University, Uchebnaya ul. 2, 446442 Ust-Kinelsky, Russia, e-mail: agrotonik63@mail.ru, zudin_sn@mail.ru

The results of studies on the development of multicomponent organic fertilizers, as well as their effectiveness on the experimental field of the Samara State Agrarian University in 2017-2019 are presented. (Southern forest-steppe of the Volga region). It was revealed that the development of multicomponent organic fertilizers based on nanostructured diatomite and products of processing organic waste and raw materials (in particular, effluent, granulated wood ash, granulated zoohumus) is an effective direction for the development and dissemination of organic farming technologies, especially in conditions of growing aridity of the growing season. A multicomponent organic fertilizer based on diatomite reduced the root rot infestation of spring durum wheat plants by 11.3-22.5% compared to the control and by 21.4-21.7% compared to mineral fertilizers. The mineral fertilization system increased the yield of spring durum wheat by an average of 8.2-9.7% in relation to the control, while the organic system increased by 13.9-19.5%, with the cost of the applied mineral fertilizer about 2000 rubles/ha, and multicomponent organic – 1 500 rubles/ha.

The purpose of the research is to develop multicomponent organic fertilizers based on nanostructured diatomite using products of processing organic waste and raw materials and to study their influence on the indicators of agrophytocenoses and the yield of field crops.

Key words: organic farming, multicomponent organic fertilizers, biological products, diatomite, root rot, productivity.

