

УДК 616:615.1-636.

ББК 26.222

В.А. Румянцев, А.С. Митюков, О.В. Шондина, Г.С. Ярошевич, Л.Н. Крюков

## РАЗРАБОТКА ПРИРОДОПОДОБНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО САПРОПЕЛЯ

*Разработка природоподобных технологий для растениеводства, позволяющих установить безопасный для человека баланс между биосферой и техносферой, имеет приоритетное фундаментальное и прикладное значение. В 2016 г. в ИНОЗ РАН с помощью ультразвуковой обработки сапропеля, издавна используемого в сельском хозяйстве, были впервые получены ультрадисперсные гумато-сапропелевые суспензии с частицами размерами 86–89 нм. Было установлено, что полученные суспензии эффективно дезактивируют распространённые в окружающей среде экотоксиканты ряда тяжёлых металлов и при включении в рацион питания сельскохозяйственных животных приводят к значительному среднесуточному приросту живой массы. Было правомерно предположить, что ультрадисперсные гумато-сапропелевые суспензии, содержащие наночастицы с высокоразвитой поверхностью и наличием химически активных функциональных групп, должны обладать высокими сорбционными свойствами не только по отношению к неорганическим веществам, но и к субстанциям биологической природы типа вирусов и патогенных микроорганизмов. Это послужило основанием для настоящего исследования по изучению влияния ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии на урожайность пшеницы. В течение вегетативного сезона 2016 г. было зафиксировано, что использование в качестве удобрения ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии стабилизированной водой в отношении концентраций 1 к 100 обеспечило существенный прирост зелёной массы яровой и озимой пшеницы.*

### **Ключевые слова:**

*безопасность, наноструктура, сапропель, суспензия, природоподобие.*

Румянцев В.А., Митюков А.С., Шондина О.В., Ярошевич Г.С., Крюков Л.Н. Разработка природоподобной технологии для растениеводства на основе наноструктурированного сапропеля // Общество. Среда. Развитие. – 2017, № 1. – С. 93–96.

- © Румянцев Владислав Александрович – академик РАН, доктор географических наук, научный руководитель, Институт озераведения Российской академии наук, Санкт-Петербург; e-mail: gum.ran@mail.ru
- © Митюков Алексей Савельевич – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Институт озераведения Российской академии наук, Санкт-Петербург; e-mail: mitals@yandex.ru
- © Шондина Ольга Владимировна – старший инженер, Институт озераведения Российской академии наук, Санкт-Петербург; e-mail: luckykr@ Rambler.ru
- © Ярошевич Георгий Степанович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Псков; e-mail: pniish@ellink.ru
- © Крюков Леонид Николаевич – доктор химических наук, главный научный сотрудник, Институт озераведения Российской академии наук, Санкт-Петербург; e-mail: kryukovln@yandex.ru

Данная статья является логическим продолжением публикаций Института озераведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН, Санкт-Петербург) [6; 7]. Впервые были представлены экспериментальные данные по получению и свойствам ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии (УДГСС) с частицами размера 86–89 нм. Практически одновременно с ИНОЗ РАН в 2016 г. в Татарском научно-

исследовательском институте агрохимии и почвоведения (Казань) методом ультразвукового воздействия на сапропель был получен наноструктурный сапропель с размером частиц 45–180 нм [5]. При изучении острой оральной токсичности этого продукта в отношении белых мышей было показано, что сублетальная доза наноструктурного сапропеля составляет 3,0 г/кг массы тела, а безопасная доза – 0,3 г/кг массы

тела. Иными словами, ультрадисперсные гумато-сапропелевые суспензии в перспективе могут быть использованы для замещения дорогостоящих импортных пищевых добавок и ветеринарных препаратов. При этом предполагаемые ресурсы озерного сапропеля в России достигают более 91 млрд т (60% влажности), что является исключительно важным параметром при разработке новых природоподобных технологий. Особенно после установления в 2016 г. фактов воздействия наноразмерного бентонита на мутационные процессы бактерий штаммов *Salmonella typhimurium* и действия нанодиазмов по адсорбции особо опасных вирусов [2; 3].

В работе в качестве исходного природного сырья были использованы воздушно-сухие образцы погребенного сапропеля месторождения «Середка» Псковской области. Ультрадисперсная гумато-сапропелевая суспензия с частицами размера 86–89 нм была наработана с помощью установки ПСБ-ГАЛС 18035-05 (частота 35 кГц, ультразвуковое давление 2 Вт/см<sup>2</sup>) по ранее представленному ИНОЗ РАН регламенту [7]. Контроль динамики изменений объектов исследования производился в волновом диапазоне от 190 до 1000 нм на сканирующем спектрофотометре SHIMADZU UV mini-1240 с проточной ячейкой. Микрофотографирование проб осуществлялось с помощью микроскопа EULER Prof и фотокамеры LEVENHUK C510 с цифровой обработкой результатов. Измерения водородного показателя водных сред осуществлялись на рН-метре HANNA-INSTRUMENT. Гранулометрический анализ образцов базировался на возможностях лазерного анализатора частиц ZetasizerNano ZS (Malvern Instruments).

Исследования по изучению влияния ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии с частицами размера 86–89 нм на урожайность пшеницы были проведены в вегетационный сезон 2016 г. на полях Псковского НИИ сельского хозяйства в соответствии с установленными в Российской Федерации нормами [4] и с учетом гранулометрической системы опытных почв [1].

В вегетационный период зерновые культуры проходят несколько фаз роста и развития, такие как всходы, кущение, стебление, выход в трубку, колошение и созревание. Фазы вегетации растений зерновых культур занимают довольно значительный интервал времени, в течение которого развивающиеся растения проходят ряд стадий. Для разработки эффективных приемов управления процессом развития

растений необходимо использовать знания о физиологии растений и их минеральном питании и другие.

Известно, что гуматы регулируют биохимические процессы при развитии клетки растений, активизируют поглощение ультрафиолетового излучения и ускоряют процесс фотосинтеза в листьях. В связи с этим целью данных исследований было выявить лучшие сроки внесения ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии (УДГСС) нашего производства, оптимальную дозу внесения препарата под зерновые культуры.

Эксперимент проводился с апреля по сентябрь 2016 года. Опытное поле было поделено на 16 делянок площадью 30 м<sup>2</sup> (0,003 га), что позволило весь эксперимент провести в четырех повторностях.

Таблица 1

**Результаты внесения УДГСС на количество колосьев пшеницы «Московская 39»**

Количество УДГСС на делянку, л	Количество колосьев на делянку, шт	%
контроль	10080	100
0,540	19680	195
0,270	15120	150
0,135	15360	152

Испытаны три нормы внесения ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии на делянку: 540, 270 и 135 мл на одну делянку. В пересчете на 1 га посевов норма внесения ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии составит 180, 90 и 45 литров. Для выявления влияния ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии путем внекорневой подкормки были определены 3 фазы развития растений – фаза кущения, трубкования и колошения посевов.

Для формирования высокой урожайности озимой пшеницы важное значение имеет период кущения, как процесс формирования боковых побегов. Внесение гуматов в фазе кущения гуминовые вещества стимулируют закладку большего количества побегов. Результаты внесения ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии на количество колосьев пшеницы «Московская 39» представлены в табл. 1.

Использование 540 мл УДГСС в качестве внекорневой подкормки в период кущения практически удваивает количество колосьев (195%) к контролю. Эффективность использования 270 и 135 мл УДГСС высокая и составляет 150 и 152%, но не обнаружена разница внутри этих вариантов.

Таблица 2

### Зависимость средней высоты растений от дозы вносимой УДГСС

Количество УДГСС на делянку, л	Средняя высота растений, см	%
контроль	62,0±2,1	100
0,540	78,0±2,5	126
0,270	74,7±0,5	120
0,135	73,6±3,3	119

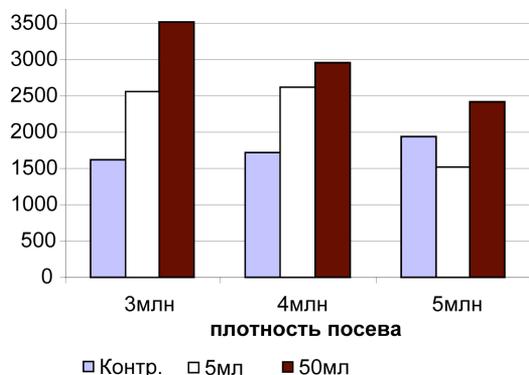


Рис. 1 Влияние УДГСС и плотности посева

Очередная внекорневая подкормка проведена в период выхода растений в трубку. В последующем проведено измерение высоты растений и установлено, что с увеличением дозы внекорневой подкормки УДГСС, высота растений увеличивается. Так, при внесении 540 мл УДГСС, высота растений составила 78,0 см, что на 26% выше, чем в контроле. На 20% растения выше при внесении 270 мл подкормки и на 19% – при 135 мл (табл.2).

Плотность посева зерновых культур – один из важнейших показателей, оказывающий влияние на урожайность. Изреженные участки зарастают сорняками, снижают урожайность, но загущенные посевы также не дают полной отдачи.

Нами сделана попытка изучить влияние ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии при разной плотности посева пшеницы. Эксперимент проведен при плотности высева 3, 4, и 5 млн зерен на га и внесении 5 и 50 мл ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии.

Наиболее показательные результаты положительного влияния ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии наблюдаются на делянках с наименьшей плотностью посева. Явно видна прямая зависимость от количества ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии. Более того, при внесении 50 мл ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии

на делянку с наименьшей плотностью посева получен наилучший показатель по количеству растений. На количество растений на более плотно засеянной делянке (4 млн семян) внесение ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии уже не оказывает такого заметного влияния, как при высева 3 млн семян, однако зависимость сохраняется. На делянке с наибольшей плотностью посева (5 млн семян) зависимость влияния ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии отсутствует, нет и достоверной разницы с контролем (рис. 1).

Таблица 3

### Влияние УДГСС на урожай пшеницы «Московская 39»

Варианты	Урожайность, кг/га	%
180 л на га	2721,4 ±152,8	119
90 л на га	2747,3 ±156,7	120
45 л на га	2486,6 ±229,9	109
контроль	2281,2 ±180,0	100

Результаты исследований, представленные выше, показали, что использование ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии значительно усиливает физиологические процессы, протекающие в растениях в период их роста и развития.

Препарат активизирует биохимические и физиологические процессы, повышает обмен веществ и общий энергетический уровень процессов, проходящих в растениях. Активизация физиологических процессов приводит к усиленному поступлению в растения элементов питания, что сопровождается повышением урожая и улучшением его качества, по сравнению с контролем (табл. 3). При использовании 45 литров препарата на 1 га урожайность повышается на 9%.

Наилучший результат получен при норме внесения препарата 90 литров на 1 га и составляет 20%. Хороший результат получен и при внесении 180 литров на га – 19%, но он уступает предыдущему. При внесении ультрадисперсной гумато-сапропелевой суспензии 90 л/га, зафиксирована наиболее статистически значимая разница с контролем. Соответственно, по предварительным данным, эту дозу внесения 90 л/га можно рекомендовать как наиболее эффективную. Можно предположить, что не имеет смысла повышать норму внесения, так как увеличение количества экстракта не даст значимой прибавки урожая.

В связи с определенными ограничениями в объеме публикации, в настоящей статье опущены стандартные характеристики

96 почв опытных полей, с тем, чтобы сосредоточить большее внимание на ключевых результатах по разработке природоподобной технологии для растениеводства.

В целом, разработка природоподобной технологии для растениеводства на основе ресурсов сапропеля в России, позволяющая установить безопасный для человека баланс между биосферой и техносферой, является исключительно наукоемкой фундаментально-прикладной работой, выполненной на стыке нескольких наук, пре-

жде всего почвоведения, растениеводства и озераведения. Представленные выше данные экспериментальных изысканий за один вегетационный сезон 2016 г. являются предварительными и будут уточнены в последующие годы с учетом изменений синоптической обстановки.

**Благодарности.** Авторы статьи выражают искреннюю признательность за неоценимую помощь в работе Е.А. Самоделкину (ЦНИИ КМ «Прометей»), Н.В. Надеждиной и С.Е. Фофанову (ИНОЗ РАН).

### Список литературы:

- [1] Артемьева З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы. – М.: ГЕОС, 2010. – 240 с.
- [2] Барон А.В., Осипов Н.В., Яценко С.В., Кокотюха Ю.А., Барон И.И., Пузырь А.П., Ольховский И.А., Бондарь В.С. Адсорбция наноалмазами вирусных частиц из плазмы крови больных вирусными гепатитами // Доклады академии наук. Т. 469. – 2016, № 2. – С. 235–237.
- [3] Дегтярева И.А., Ежкова А.М., Яппаров А.Х., Яппаров И.А., Ежков В.О., Бабынин Э.В., Давлетшина А.Я., Мотина Т.Ю., Яппаров Д.А. Получение наноразмерного бентонита и изучение его влияния на мутагенез у бактерий *Salmonella typhimurium* // Российские нанотехнологии. Т. 11. – 2016, № 9–10. – С. 116–122.
- [4] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агрехимиздат, 1985. – 351 с.
- [5] Ежков В.О., Яппаров А.Х., Ежкова А.М., Яппаров И.А., Ежкова Г.О., Файзрахманов Р.Н., Мотина Т.Ю. Изучение действия разных доз наноструктурного сапропеля на морфофункциональное состояние органов желудочно-кишечного тракта белых мышей // Российские нанотехнологии. Т. 11. – 2016, № 7–8. – С. 92–99.
- [6] Митюков А.С., Румянцев В.А., Крюков Л.Н., Ярошевич Г.С. Сапропель и перспективы его использования в аграрном секторе экономики // Общество. Среда. Развитие. – 2016, № 2. – С. 110–114.
- [7] Румянцев В.А., Митюков А.С., Загребин А.О., Тонкопий В.Д., Крюков Л.Н. Инновационная технология переработки сапропеля, уникальная эффективность и безопасность новой продукции // Общество. Среда. Развитие. – 2016, № 3. – С. 120–124.