

Введение В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, которую утвердил Президент России 30 января 2010 г., указано на необходимость устойчивого развития отечественного производства продовольствия и сырья для обеспечения продовольственной независимости страны. В социально-экономических приоритетах Российской Федерации особое место занимает развитие наукоемких отраслей производства. На современном этапе в качестве одного из таких инновационных направлений определена nanoиндустрия. Нанотехнологии и наноматериалы находят применение во многих сферах деятельности человека, количество нанопродукции, производимой в мире, с каждым годом возрастает. Использование достижений nanoиндустрии отвечает интересам государственной аграрной политики. Нанотехнологии уже успешно применяются в генетической и клеточной инженерии, лечении животных; улучшении качества кормов; техническом сервисе сельскохозяйственной техники. Нанотехнологии направлены на решение актуальных задач АПК, таких, как ресурсосбережение и рост эффективности оборудования, повышение продуктивности животноводства, урожайности и устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным условиям окружающей среды, совершенствование технологических процессов производства и переработки сельскохозяйственного сырья, получение экологически безопасной продукции и устранение потерь качества продуктов питания при хранении [1]. Интенсификация агропромышленного комплекса в значительной степени зависит от уровня химизации. В условиях всевозрастающей потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях, за последние годы значительное внимание уделяется вопросам поиска новых, в том числе нетрадиционных источников сырья. Немаловажным для агропромышленного комплекса страны является и готовность к применению в своем производстве удобрительных материалов, полученных с использованием элементов нанотехнологий [2]. Согласно серии стандартов ISO/TS 80004 Nanotechnologies – Vocabulary (Нанотехнологии – Словарь), нанотехнология (англ. nanotechnology) – это применение научного знания для управления и контроля материи в наноразмерной области (1-100 нм), причем свойства и явления, которые могут появляться, зависят от величины и структуры объектов [3]. В последние годы в сельскохозяйственном производстве широко используются природные нерудные минералы (агроминералы) и их активированные аналоги. Применение этих веществ для улучшения агрохимических, агрофизических и микробиологических свойств почвы, в растениеводстве в качестве мелиорантов, удобрений и стимуляторов роста, в животноводстве в виде кормовых добавок сельскохозяйственным животным обусловлено наличием биогенных макро- и микроэлементов, высокими ионообменными, сорбционными и каталитическими свойствами. Российская Федерация богата разнообразными природными минеральными ресурсами. Запасы фосфоритов составляют 22 млн т, бентонитов

– 13 млрд т, цеолитов – 2,7 млрд т, глауконитов – 36 млрд т, вермикулитов – 200 млн т, сапропеля – 100 млрд т. [4]. Республика Татарстан имеет богатые месторождения местного нерудного сырья – цеолитов (300 млн т), бентонитов (120 млн т), фосфоритов (> 6 млн т), глауконитов (65 млн т), сапропелей (около 100 млн т) и т.д. [5]. Учеными проводятся многолетние фундаментальные и прикладные исследования по повышению эффективности использования местных нетрадиционных агроруд в земледелии, растениеводстве и животноводстве. Внедрение разработанных технологий способствуют значительному улучшению плодородия почв, увеличению объемов производства и повышению качества сельскохозяйственной продукции. По данным Б.А. Сушеница (2007), применяемая в качестве удобрения фосфоритная продукция (местная и промышленная), показала одинаковую эффективность, обеспечив прибавку урожая зерна озимой ржи к фону на уровне 6 ц/га [6]. Данные положительного влияния цеолита на продуктивность сельскохозяйственных культур получены в опытах А.А. Ермолаева (1987), Т.Х. Ишкаева (2001) и целого ряда других исследователей [7,8]. Так, по данным Е.Н. Чашковой (2007), последствие предпосевного внесения цеолита в дозе 1100 кг/га обеспечило прибавку урожая зерна гречихи к контролю на 49,6%. Применение цеолита стимулировало формирование высокой энергии прорастания семян, оказывало влияние на величину всхожести, способствовало увеличению доли крупной фракции в урожае зерна гречихи [9]. Исследованиями Капранова (2009) установлено, что предпосевная обработка (инкрустация) семян зерновых культур диатомитом является эффективным приемом повышения их урожайности. От обработки семян этим кремнийсодержащим веществом прибавка урожая зерна ячменя сорта Владимир составила более 5 ц/га к контролю. Инкрустация семян озимой пшеницы Московская 56 диатомитом обеспечила дополнительно к контролю 3 ц/га зерна. Послойное нанесение на семена ячменя и озимой пшеницы диатомита с макро- и микроэлементами повысило их урожайность соответственно на 7 и 8 ц/га. Инкрустация семян диатомитом, в том числе при комплексном применении с макро-и микроэлементами, обеспечивает защиту семенного материала от развития корневых и стеблевых гнилей, стимулирует рост и развитие растений, является эффективным приемом повышения урожайности зерновых культур. Предпосевная обработка семян (инкрустация) кремнийсодержащими веществами как элемент технологии возделывания зерновых культур может стать альтернативным направлением снижения пестицидной нагрузки на агроценозы [10]. Учеными и специалистами республики в течение последних лет были проведены широкомасштабные комплексные исследования возможности использования местных агроминеральных ресурсов в различных отраслях сельского хозяйства. А.М. Ежкова, А.Х. Яппаров, Р.Ф. Набиев (2008) отмечают, что использование бентонитового порошка в дозе 3% от массы корма позволило

снизить влияние тяжелых металлов на организм экспериментально затравленных белых мышей [11]. В опытах И.А. Яппарова (2008) по изучению токсичности селебена (селеносодержащая кормовая добавка, которая в своем составе имеет органически связанный селен и наполнитель в виде активно действующего вещества – алюмосиликатов в форме монтмориллонита, входящего в состав бентонитов), показано, что применение селебена в дозах 1,2 и 3% обеспечивает увеличение живой массы исследуемых животных (самый высокий прирост достигнут при дозе 2% селебена (122,2%)). При этом отмечал, что морфологические и биохимические показатели крови, абсолютные и относительные показатели внутренних органов и их функциональные особенности находились в пределах допустимой нормы [12]. Исследованиями Ш.А. Алиева, Е.И. Ломако, Р.М. Минуллина, Л.М.-Х. Биккининой (2008) установлено, что известкование выщелоченного чернозема местной доломитовой мукой Мокро-Савалеевского месторождения Республики Татарстан способствовало снижению обменной кислотности почвы со слабокислой до близко к нейтральной и нейтральной реакции почвенной среды, увеличению подвижности почвенных факторов в 1,6-2,3 раза (с 0,12-0,24 до 0,30-0,42 мг/л). За шесть лет действия доломитовой муки получены наибольшие статистические достоверные прибавки урожая, которые составили 5,2 и 6,4 ц/га зерновых единиц ежегодно [13]. Агроминералы обладают биоактивными свойствами, способными оказывать регулирующее влияние на интенсивность обменных процессов, усиливать функциональную активность микроорганизмов, растений и животных, повышать уровень их естественной резистентности к неблагоприятным факторам окружающей среды [14]. Учитывая специфические полезные свойства агроминералов месторождений Республики Татарстан, большой и положительный опыт их применения в животноводстве в качестве кормовых добавок, в растениеводстве в качестве удобрений и мелиорантов-продлонгаторов свойств минеральных удобрений, были продолжены исследования по эффективности применения этих же природных нерудных агроминералов в виде наноразмерных агроминералов. Результатами исследований А.Х. Яппарова и др. (2012) по применению наноструктурной водно-фосфоритной суспензии в качестве удобрения под кукурузу установлено, что в исследуемой почве повысилось содержание подвижного фосфора на 14,6%, обменного калия на 5,1% и суммы поглощенных оснований на 15,9%, снизилась обменная (pH_{сол}) и гидролитическая кислотность (Нг), при этом прирост урожайности зеленой массы кукурузы составил 25,0-45,0%. При использовании данного препарата в качестве стимулятора роста растений в условиях защищенного грунта, прирост урожайности огурцов при предпосадочной обработке семян и внекорневой обработке растений составил 1,8-2,6 кг/м². [15] По данным А.М. Ежковой (2012), применение наноразмерного бентонита в кормлении бройлеров способствовало повышению их живой массы на 13,5-27,8%,

сохранности поголовья на 4,4-5,3% и снижению содержания солей кадмия и свинца в мясе на 21,1-27,3% в сравнении с контрольными аналогами [16]. В работе Н.А. Забегалова (2012) говорится об эффективности использования кремнийсодержащего препарата в наноформе при предпосевной обработке (замачивании) семян гороха и яровой пшеницы. Использование нанопрепарата стимулировало движение основных элементов питания в системе «почва-растение» и их усвоение надземной биомассой, вследствие чего повышалось содержание и вынос азота, фосфора и калия растительной продукцией [17].

Целью работы являлось продолжение исследований по выявлению эффективности применения цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан в виде наноструктурной водно-цеолитной суспензии (НВЦС), полученной методом ультразвукового воздействия.

Экспериментальная часть В качестве объекта исследования использовали наноструктурную водно-цеолитную суспензию. По данным ЦНИИ геолнеруд (Сушеница, 2007) цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан имеют следующий минералогический состав: цеолит – 21%, кальцит – 18%, SiO_2 акт. (опал-кристобалит) – 27%, в том числе монтмориллонитовый компонент – 7%. Химический состав этих пород и в виде НВЦС идентичны: CaO – 14,43%, MgO – 1,86%, K_2O – 1,10%, P_2O_5 – 0,08%, N_2O – 0,20%, Fe_2O_3 – 1,9%, Mn – 0,01%, Cu – 0,001%, Zn – 0,003%, Co – 0,001%, Ni – 0,004%, Pb – 0,004%. Катионно-обменная емкость – 82 мг-экв/100 г.

В вегетационных опытах на серой лесной среднесуглинистой почве изучали эффективность НВЦС в качестве средства для предпосевной обработки семян гречихи, сорт Черемшанка. Фоновые минеральные удобрения, согласно схемы опыта (N60P60K60), вносили в почву в период набивки сосудов почвой. В каждый сосуд высевали семена гречихи, а в качестве сравнения исследовали семена, предварительно обработанные НВЦС из расчета 1,25 кг на тонну семян.

Биохимические исследования зерна гречихи проводили по методу Гинзбург, в основу которого положены реакции гидролиза и окисления органических веществ растений смесью серной и хлорной кислот в соотношении 10:1 при нагревании. Результаты исследований и обсуждение За период вегетации растения гречихи (85 сут) в опыте наблюдали следующие фенологические фазы развития: прораствание семян (до 2-х сут), всходы (на 8-11-й сут после посева). При появлении второго настоящего листа растения гречихи начинают ветвление, которое продолжается до уборки урожая. Подобную картину в опыте наблюдали на 11-е сутки после всходов. Почти одновременно с началом ветвления отмечали начало фазы бутонизации. При благоприятных условиях процесс заложения и развития бутонов продолжался до уборки. На 28-е сутки после всходов наблюдали начало фазы цветения, а на 42-е сутки начало фазы плодотворения. Период цветения длился около 50 суток. Длительное цветение – одно из свойств растения приспособляться. Фазу созревания

гречихи отмечали на 51-е сутки после появления всходов. Фенологическими наблюдениями за ростом и развитием гречихи установлено, что на 8-е сутки опыта наибольшую всхожесть семян гречихи (96,0%) отмечали в варианте с предпосевной обработкой семян НВЦС. Всхожесть семян в контроле и на фоне внесения минеральных удобрений была значительно ниже – 58,7 и 60,0% соответственно. Следует отметить, что наибольшую вегетативную массу, лучшее ветвление, первые бутоны и первые завязи трехгранных орешков у растения гречихи наблюдали в варианте с предпосевной обработкой семян НВЦС. Одним из основных факторов, влияющих на ускорение сроков выхода растений в фазы бутонизации, цветения и созревания является улучшение фосфорного питания растения. Фосфор входит в состав сложных белков и участвует в биохимических процессах жизнедеятельности растений. Улучшение питания растений фосфором связано с присутствием кремния в тканях растений, который способствует превращению минерального фосфора в органический. Гречиха имеет особый тип роста, когда все фазы накладываются одна на другую (рис. 1). В пределах растений и отдельных соцветий цветки одновременно находятся в фазах бутонизации, плодобразования и созревания зерна. Созревание считали, когда на растениях были побуревшими 75% плодов. Рис. 1 – Растения гречихи в фазу плодобразования и созревания зерна

Анализ урожая зерна гречихи показывает, что предпосевная обработка семян гречихи НВЦС положительно влияла на рост урожайности и прибавка при этом по сравнению с контролем составила 58,0%, с фоном – 29,7%, (табл. 1).

Варианты	Урожайность, г/сосуд
Контроль	16,0
НРК – фон по 60 кг/га	19,5
Фон+обработка семян НВЦС (1,25 кг/т)	25,3
НСР _{0,5}	1,86

Гречиха является ценной продовольственной крупяной культурой, наиболее известным источником легкоусвояемых растительных белков, богата клетчаткой. Особенно высока ее продовольственная значимость, обусловленная диетическими свойствами крупы. Биологически полноценный белковый комплекс при повышенном содержании и благоприятном соотношении аминокислотного состава обеспечивает хорошую усвояемость и высокую питательность гречневой каши. В гречневой крупе содержится значительное количество минеральных солей, микроэлементов, а также необходимых для организма витаминов. Под влиянием фоновых минеральных удобрений содержание клетчатки в зерне гречихи возросло на 11,1%, белка – на 21,0%, (табл. 2).

Применение НВЦС в качестве средства для предпосевной обработки способствовало улучшению качества зерна гречихи: содержание клетчатки возросло на 27,8%, белка – на 24,0%, сахара – на 83,3% по сравнению с контролем и на 15,0%, 2,5% и в 2,1 раза по сравнению с фоном соответственно.

Варианты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,75	0,86	0,09
НРК – фон по 60 кг/га	1,99	0,96	0,11
Фон + обраб. семян НВЦС (1,25 кг/т)	2,15	1,06	0,11

Применение НВЦС способствовало

повышению содержания минеральных веществ в зерне гречихи. Наиболее заметные изменения отмечали по азоту и фосфору, в меньшей степени – по калию (табл. 3). Таблица 3 – Влияние НВЦС на качество зерна гречихи, %

Варианты	Клетчатка	Белок	Сахар	Контроль	1,8	10,0	2,4	НПК – фон по 60 кг/га	2,0
12,1	2,1	Фон + обраб. семян НВЦС (1,25 кг/т)	2,3	12,4	4,4	Содержание общего азота в зерне гречихи под влиянием фоновых минеральных удобрений возросло на 13,7% по сравнению с контролем. При предпосевной обработке семян НВЦС содержание общего азота возросло на 22,8% к контролю и на 8,0% к фону. Содержание фосфора в зерне под влиянием минеральных удобрений возросло на 11,6% к контролю, а при предпосевной обработке семян НВЦС – на 23,3% к контролю и на 10,4% к фону. Увеличение содержания калия в зерне гречихи под влиянием фоновых минеральных удобрений и с предпосевной обработкой семян НВЦС было аналогичным и составило 22,2%. Таким образом, применение наноструктурной водно-цеолитной суспензии в качестве средства для предпосевной обработки семян гречихи положительно влияло на всхожесть, рост и развитие растений, способствовало повышению продуктивности и улучшению качества зерна.			