

**В. О. Ежков, Н. Ш. Хисамутдинов, А. Х. Яппаров,
А. М. Ежкова, И. А. Яппаров, Е. С. Нефедьев,
А. П. Герасимов**

ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНОЙ ВОДНО-ФОСФОРИТНОЙ СУСПЕНЗИИ, ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ключевые слова: наноструктурная водно-фосфоритная суспензия, фосфоритная мука, структура, частицы, размер, способы применения, внесение в почву, обработка семян, урожайность, качество, гумус, азот, фосфор, калий.

В статье представлены материалы по получению наноструктурной водно-фосфоритной суспензии, изучению ее свойств и использованию ее для повышения урожайности растений и улучшения качества продукции растениеводства. Внесение НВФС в почву в дозах 0,1-1,0 т/га и обработка ею семян в дозе 0,25-1,25 кг/т повысило урожай зеленой массы кукурузы на 25,0-45,0% и 29,0-41,0% в сравнении с фоновыми показателями. Использование НВФС в почву и при обработке семян в оптимальных дозах улучшило качество продукции: увеличилось содержание сырого протеина на 2,0 и 1,7%, сахара – на 2,6 и 2,4%, клетчатки – на 0,9 и 0,7%, количества хлорофилла – на 30,8 и 23,1%, аскорбиновой кислоты – на 22,4 и 20,2%, бета-каротина – на 23,7 и 5,3% соответственно, по сравнению с фоном. В почве, по сравнению с фоном, повысилось содержание подвижного фосфора на 14,6%, обменного калия – на 5,1%, суммы поглощенных оснований – на 12,8%, снизилась гидролитическая и обменная кислотности почвенного раствора.

Keywords: nanostructured aqueous phosphate the slurry, phosphate, structure, particle size, methods of use, soil, seed treatment, yield, quality, humus, nitrogen, phosphorus and potassium.

Article submissions on the production of nanostructured aqueous phosphate suspension, study its properties and use it to improve crop yield and improve the quality of crop production. Adding of NVFS in soil at doses of 0.1-1.0 t / ha seed and processing it at a dose of 0.25-1.25 kg / t increased yield of green mass of corn on 25.0-45.0% and 29.0 -41.0% compared with the baseline values. Using NVFS in the soil and seed treatment in optimal doses improved the quality of products: crude protein content increased by 2.0 and 1.7%, sugar - by 2.6 and 2.4%, cellulose - 0.9 and 0, 7%, the amount of chlorophyll - 30.8 and 23.1%, ascorbic acid - 22.4 and 20.2%, beta-carotene - 23.7 and 5.3%, respectively, compared to the background. In the soil, compared to the background, the content of available phosphorus increased by 14.6%, exchangeable potassium - by 5.1%, the amount of absorbed bases - by 12.8%, decreased hydrolytic and exchange acidity of the soil solution.

Введение

Проблема фосфора является ключевой в земледелии Российской Федерации ввиду низкой обеспеченности почв его подвижными формами, а также резкого снижения производства и применения фосфорных удобрений из-за экономического кризиса.

Внесение фосфорных удобрений на гектар пашни в связи с резким удорожанием и практически неограниченным их экспортом, по данным В.Г. Уточкина и др. (1998), уменьшилось в Российской Федерации более чем в 10 раз. По данным этих же авторов научно обоснованная потребность земледелия России в фосфорных удобрениях составляет 9-10 млн. т P_2O_5 в год [1].

Учитывая сложившиеся в земледелии России критическое положение с обеспеченностью сельского хозяйства промышленными формами фосфорных удобрений, актуальным является поиск альтернативных путей оптимизации фосфатного режима почв. Особого внимания заслуживает использование нетрадиционного минерального сырья, способного оказать непосредственное влияние на запасы фосфора в почве и обеспечить их мобилизацию за счет активного воздействия на нее [2].

На современном этапе пятая часть мировых запасов фосфора ($P_2O_5 > 2$ млрд. т) сосредоточена в Каратауском и Актюбинском фосфоритноносных бассейнах, которые принадлежат Казахстану, проблема дефицита

этого сырья в России стала весьма актуальной [3]. Сырьевая база фосфоритов в России оценивается запасами в 22 млн. т. В Республике Татарстан запасы фосфоритов по прогнозам оцениваются более чем 6 млн. т и представлены более чем 20 фосфоритовыми месторождениями, протяженностью 1-3 км. Разработка их производится на глубину до 8 м, прогнозируемая возможность при адекватном финансировании – до 400 м [4].

В республике Татарстан фосфориты относятся к желваковому геолого-промышленному типу фосфатного сырья. Они проявляются в юго-западной части республики, где приурочены мезозойские образования. Фосфоритовые желваки фиксируются практически по всему разрезу мезозойских отложений в различных по вещественному составу породах. Однако их скопления, представляющие промышленный интерес, установлены лишь в волжско-валанжинском (запасы превышают 500 тыс. т) и альбском (250 тыс. т) фосфоритоносных горизонтах, с которыми связаны более 20 месторождений и проявлений фосфоритов в Татарстане. Содержание P_2O_5 в желваках достигает 20-25%. В целом по фосфоритоносной толще оно колеблется от 1,0 до 17,0% и зависит от «сгруженности» в ней желваков. Доля P_2O_5 лимонно-растворимого (P_2O_5 лим. раств.) достигает 30% относительных и составляет

1,94-7,31%. Мощность фосфоритонесущей толщи оценивается в 2,0-3,5 м [3].

Для эффективного и экономически рентабельного вовлечения в сельскохозяйственное производство фосфоритных руд необходимы инновационные методы их переработки, которые в комплексе с агротехникой культуры и состоянием почвенного плодородия обеспечивают доступность всех форм фосфора из фосфорита, как удобрения, и из почвы, как первоначальной основы фосфорного питания растений.

Последнее десятилетие характеризуется бурным развитием нанотехнологий, которые дают возможность производить материалы и вещества с новыми свойствами, на порядок превышающими исходную активность макроаналогов. В связи с этим актуальной задачей является разработка и получение высокоэффективных наноструктурных веществ из минерального фосфоритного сырья Республики Татарстан и разрабатывать технологии, оказывающие комплексный эффект в отношении роста, развития и урожайности растений, состояния почвенного микробиоценоза и плодородия почв [5, 6, 7, 8].

Целью исследований стало изготовление наноструктурного фосфорита (наноструктурная водно-фосфоритная суспензия (НВФС)), изучение его свойств и влияние на урожайность и качество зеленой массы кукурузы, агрохимические показатели серой лесной почвы. Были определены задачи:

- изготовление из фосфоритной муки наноструктурной водно-фосфоритной суспензии (НВФС) и изучение ее физических свойств;
- изучение влияния НВФС на показатели урожайности и качества кукурузы, агрохимические показатели серой лесной почвы при внесении нановещества в почву и обработке семян перед посевом.

Материалы и методы исследования

Материалами исследований стали фосфоритная руда Сюндюковского месторождения РТ, изготовленная из нее наноструктурная водно-фосфоритная суспензия, гибрид кукурузы Молдавская 215, почва.

Химический состав фосфорита определяли методом количественного спектрального анализа на спектрометре ЭС-1 на базе дифракционного спектрографа ДФС-458С и фотоэлектронного регистрирующего устройства типа ФП-4, оснащенных компьютерной программой, без специальной пробоподготовки.

НВФС изготавливали в научно-исследовательском инновационно-прикладном центре «Наноматериалы и нанотехнологии» ФГБОУ ВПО КНИТУ методом ультразвукового воздействия на минерал при частоте 18,5 кГц ($\pm 10\%$). Выходная мощность прибора УЗУ-0,25 составляла 80 Вт, амплитуда колебаний ультразвукового волновода – 5 мкм, длительность воздействия – 20 минут. Наноструктурные минералы стабилизировали деионизированной водой в концентрации 1:4.

Структуру фосфорита и НВФС изучали в лаборатории «Спектроскопия, микроскопия и термический анализ» КНИТУ методом прерывисто-контактной атомно-силовой микроскопии на сканирующем зондовом микроскопе MultiMode V фирмы Veeco (США).

Для сканирования использовали подложки размерами 1x1 мкм², 2x2 мкм², 5x5 мкм², 10x10 мкм², 20x20 мкм².

Опыты с использованием НВФС проводили в условиях вегетационного домика на базе Государственного научного учреждения Татарский НИИ агрохимии и почвоведения Российской академии сельскохозяйственных наук (г. Казань). Эксперименты закладывали в вегетационных сосудах на серой лесной среднесуглинистой почве в период 2011-2013 гг. Почва имела следующие агрохимические характеристики: содержание гумуса – 3,3% по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); P₂O₅ – 132,0 мг/кг; K₂O – 116,0 мг/кг по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91); сумма поглощенных оснований – 21,3 мг-экв./100 г почвы по методу Каппена (ГОСТ 27821-88); гидролитическая кислотность – 3,2 мг-экв./100 г почвы по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), рН_{кол.} – 5,9 по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85) [9].

Схема опыта предусматривала следующие варианты: контроль (без удобрений); N₆₀K₆₀ (фон); фон + внесение фосфоритной муки обычного помола в дозе 1,0 т/га; фон + внесение НВФС в дозах 1,0; 0,8; 0,5; 0,3 и 0,1 т/га; фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозах 1,25; 0,75 и 0,25 кг/т.

Повторность пятикратная. Дозы и способы применения НВФС определяли на основании результатов лабораторных экспериментов на разных сельскохозяйственных культурах, которые в дальнейшем использовали при проведении вегетационных опытов. В качестве минеральных удобрений (фон) использовали аммиачную селитру и хлористый калий.

Результаты исследований и обсуждение

Химический состав фосфоритной муки Сюндюковского месторождения РТ, в %: P₂O₅ – 10,0-12,0; CaO – 32,8; MgO – 1,4; Fe₂O₃ – до 8,0; Al₂O₃ – 2,4; F – 2,3; CO₂ – 4,0; K₂O – 1,0; Na₂O – 1,0; SiO₂ – 18,0; SO₂ – 3,8. Минеральный состав, в %: фосфат – 64,0; глауконит и гидрослюда – 22,0; кварц – 7,0; кальцит – 0,7; глинистые минералы (смешаннослойный монтмориллонит-гидрослюдистый) – 3,0-10,0%; прочие – 0,1. Имеет зернистую структуру.

С целью повышения содержания фосфора и увеличения его усвояемых форм фосфоритную руду модифицировали в фосфоритную муку и далее в наноструктурную водно-фосфоритную суспензию. Модификацию проводили в три этапа. В первый этап отмывали фосфоритную руду, при этом количество P₂O₅ в конечном продукте повышалось в 1,5-1,7 раза и достигало 20,0-24,0%, при начальном показателе – 10,0-12,0%. Во втором этапе проводили механическую активацию, что способствовало увеличению содержания доступной для растений лимонно-растворимой формы P₂O₅ в 2,5 раза. На третьем этапе путем диспергирования фосфоритной муки в деионизированной воде получали наноструктурную водно-фосфоритную суспензию с более дос-

тупными формами фосфорных соединений и других макро- и микроэлементов.

Структуру и некоторые физические свойства наноструктурной водно-фосфоритной суспензии (НВФС) изучали на сканирующем зондовом микроскопе. По изображению отмечали равномерное распределение частиц фосфорита в деионизированной воде.

При изучении структуры фосфорита наблюдали отчетливо сформированные частицы размерами от 360 до 1680 нм, средний размер частиц составил – 480 нм (рис. 1). До 90% частиц характеризовались однородностью размеров и только около 10% частиц имели особо крупные размеры – 1,5-1,7 мкм. Частицы располагались хаотично, образуя групповые скопления.

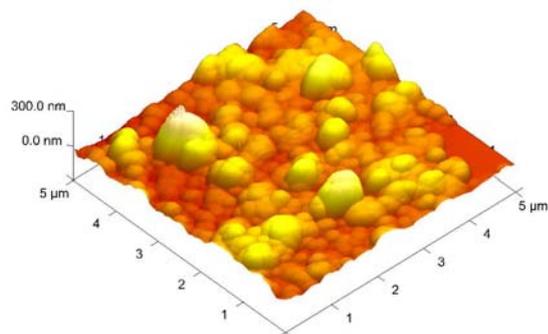


Рис. 1 - АСМ. Трехмерное изображение частиц водной суспензии фосфорита, размер частиц 360,0-1680,0 нм

После ультразвукового диспергирования наблюдали частицы продолговатой и сферической формы с размерами от 60,0-120,0 нм. Кроме этого наблюдали более крупные образования с размерами порядка 450,0 нм (рис. 2). При более детальном изучении обнаружено, что они являются системой, состоящей из вышеупомянутых мелких частиц (рис. 3). Это свидетельствует о том, что под воздействием ультразвука произошло разделение этой системы на составляющие.

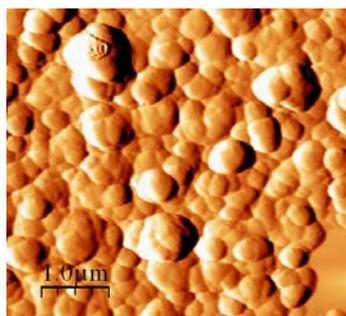


Рис. 2 - АСМ. Изображение поверхности диспергированной водно-фосфоритной суспензии

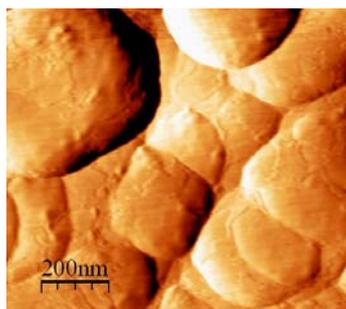


Рис. 3 - АСМ. Изображение системы частиц диспергированной водно-фосфоритной суспензии

Полученные данные о строении фосфоритной муки обычного помола и наноструктурной водно-фосфоритной суспензии показывают уменьшение размеров частиц НВФС, что позволяет сделать предположение о изменении свойств наноструктурного материала.

Дальнейшие исследования влияния НВФС были продолжены на почве и растениях. В вегетационных опытах были использованы способы внесения фосфоритной муки обычного помола в почву, внесения наноструктурной водно-фосфоритной суспензии в почву в дозах от 0,1 до 1,0 т/га и предпосевная обработка семян в дозе НВФС 0,25-1,25 кг/т.

Анализ урожайных данных кукурузы показал, что вес зеленой массы растения по вариантам опыта находился в пределах 323,8-720,7 г/сосуд (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние различных доз и способов применения НВФС на урожай зеленой массы кукурузы в фазе молочно-восковой спелости

Варианты	Вес зеленой массы, г/сосуд	Прибавка, +/- %		
		к контролю без удобрений	к фону	к фомуке обычного помола
Контроль без удобрений	323,8	0	-54	-94
N ₆₀ K ₆₀ – фон	498,5	+54	0	-26
Фон + фомука обычного помола по 1,0 т/га в почву	628,1	+94	+26	0
Фон + НВФС по 1,0 т/га в почву	720,7	+123	+45	+15
Фон + НВФС по 0,8 т/га в почву	712,9	+120	+43	+14
Фон + НВФС по 0,5 т/га в почву	692,2	+114	+39	+10
Фон + НВФС по 0,3 т/га в почву	653,0	+124	+31	+4
Фон + НВФС по 0,1 т/га в почву	623,1	+92	+25	-1
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 1,25кг/т	702,8	+117	+41	+12
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,75кг/т	677,9	+109	+36	+8
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,25кг/т	643,1	+99	+29	+2
НСР ₀₅	3,65 г/сосуд			

Минимальные показатели 323,8 г/сосуд отмечены в контроле без удобрений, а максимальные 720,7 г/сосуд – в варианте при внесении в почву 1,0 т/га НВФС. Применение НВФС во всех дозах давало достоверные прибавки урожая зеленой массы кукурузы. При этом прибавка урожая зерна составила

45,0% к фону и 15,0% к фосмуке обычного помела. При внесении в почву различных доз НВФС (от 0,1 т/га до 1,0 т/га) зеленая масса кукурузы была выше на 25,0-45,0% по сравнению с фоном, на 8,0-15,0% по сравнению с фосфоритной мукой обычного помела.

Вес зерна под влиянием фоновых минеральных удобрений возрос от 323,8 до 498,5 г/сосуд или на 54,0% по сравнению с контролем. В вариантах с предпосевной обработкой семян НВФС прибавка урожая зеленой массы составила от 29,0 до 41,0% по сравнению с фоном. В ходе опыта диффузная пропитка семенного материала НВФС способствовала насыщению тканей семени фосфором – главным элементом макроэргических соединений клеток и тем самым оказывала стимулирующее действие на клеточном уровне. Стимулирующий эффект при обработке семян наблюдали вплоть до фазы цветения, что проявилось в повышении урожайности зеленой массы кукурузы.

Применение НВФС при внесении в почву и при обработке семян способствовало повышению кормовой и витаминной ценности получаемой зеленой массы кукурузы (табл. 2).

Таблица 2 - Качественные показатели зеленой массы кукурузы в фазе молочно-восковой спелости

Варианты	Сырой протеин, %	Сахар, %	Хлорофилл, мг/г	Клетчатка, %	Аскорбиновая кислота (витамин С), мг/100 г	Бета-каротин (провитамин А), мг/100 г
Контроль без удобрений	10,9	6,1	1,9	21,1	2,72	0,34
N ₆₀ K ₆₀ – фон	11,6	10,9	3,9	21,4	3,07	0,39
Фон + фосмука обычного помела по 1,0 т/га в почву	12,3	12,8	4,1	21,7	3,51	0,44
Фон + НВФС по 1,0 т/га в почву	13,6	13,5	5,1	22,3	3,76	0,48
Фон + НВФС по 0,8 т/га в почву	13,1	13,1	4,9	22,0	3,68	0,47
Фон + НВФС по 0,5 т/га в почву	12,8	12,9	4,7	21,8	3,63	0,46
Фон + НВФС по 0,3 т/га в почву	12,7	12,9	4,3	21,5	3,57	0,43
Фон + НВФС по 0,1 т/га в почву	12,5	12,6	4,0	21,5	3,52	0,40
Фон + предпосевная обработка семян НВФС из расчета	13,3	13,3	4,8	22,1	3,69	0,41

1,25 кг/т						
Фон + предпосевная обработка семян НВФС из расчета 0,75 кг/т	12,9	13,0	4,5	21,9	3,62	0,39
Фон + предпосевная обработка семян НВФС из расчета 0,25 кг/т	12,6	12,9	4,4	21,6	3,56	0,39

В фазе молочно-восковой спелости в вариантах внесения НВФС в почву в дозе 1,0 т/га и при предпосевной обработке семян из расчета 1,25 кг/т выявлено наибольшее содержание сырого протеина 13,6 и 13,3%, сахара – 13,5 и 13,3%, клетчатки – 22,3 и 22,1% соответственно. При этом увеличение содержания сырого протеина составило 2,7 и 2,4%, сахара 7,4 и 7,2%, клетчатки 1,2 и 1,0% по сравнению с контролем, 2,0 и 1,7%, 2,6 и 2,4%, 0,9 и 0,7% по сравнению с фоном, 1,3 и 1,0%, 0,7 и 0,5%, 0,6 и 0,4% по сравнению с фосмукой обычного помела соответственно. Установлено существенное увеличение содержания хлорофилла на 30,8 и 23,1%, аскорбиновой кислоты – на 22,4 и 20,2% и бета-каротина – на 23,7 и 5,3% к фону соответственно.

Внесение НВФС во всех дозах положительно повлияло на основные агрохимические свойства почвы – увеличилось содержание подвижного фосфора и обменного калия, повысилась сумма поглощенных оснований, снизилась обменная (pH_{сол}) и гидролитическая кислотность (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние различных доз и способов применения НВФС на агрохимические свойства серой лесной среднесуглинистой почвы в фазе молочно-восковой спелости кукурузы

Варианты	Содержание в почве, мг/кг		Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	pH _{сол}	Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г почвы	Гумус, %
	P ₂ O ₅	K ₂ O				
1	2	3	4	5	6	7
Контроль без удобрений	127	114	3,2	5,7	21,5	3,27
N ₆₀ K ₆₀ – фон	130	118	3,4	5,7	21,9	3,29
Фон + фосмука обычного помела по 1,0 т/га в почву	144	120	3,4	5,9	23,8	3,26
Фон + НВФС по 1,0 т/га в почву	149	124	3,2	5,9	24,7	3,28

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
Фон + НВФС по 0,8 т/га в почву	143	122	3,2	5,9	24,6	3,29
Фон + НВФС по 0,5 т/га в почву	138	120	3,2	5,9	24,3	3,27
Фон + НВФС по 0,3 т/га в почву	137	119	3,3	5,9	24,3	3,25
Фон + НВФС по 0,1 т/га в почву	136	118	3,3	5,8	23,5	3,25
Фон + предпосевная обработка семян НВФС из расчета 1,25 кг/т	140	121	3,4	5,8	21,4	3,32
Фон + предпосевная обработка семян НВФС из расчета 0,75 кг/т	136	119	3,4	5,7	21,8	3,35
Фон + предпосевная обработка семян НВФС из расчета 0,25 кг/т	133	118	3,4	5,7	21,8	3,36

Наибольшее увеличение содержания подвижно-го фосфора и калия – соответственно на 17,3 и 8,8% по сравнению с контролем, на 14,6 и 5,1% - с фоном, на 3,3 и 3,4% - с фосфоритной мукой обычного помола наблюдали в варианте с внесением НВФС в почву из расчета 1,0 т/га. Наименьшее значение этих показателей отмечали в вариантах с внесением НВФС в почву из расчета 0,1 т/га – 136,0 мг/кг и 118,0 мг/кг соответственно. В случае предпосевной обработки семян НВФС концентрация калия и фосфора была выше, чем в контроле, на 6,1...10,2%, в фоновом варианте – на 2,5...7,7%.

Изменения агрохимических показателей почвы при предпосевной обработке семян, по-видимому, обусловлены интенсификацией роста и развития растений и образованием большего числа симбиотических комплексов с микроорганизмами, по сравнению с вариантами внесения НВФС в почву. В совокупности с прямым влиянием НВФС на микробиоценоз это могло привести к усилению активности микробиоты почвы в отношении использования недоступных и малодоступных форм макроэлементов.

Гидролитическая кислотность почвы снижалась с увеличением доз внесения НВФС в почву. В варианте с 1,0 т/га величина этого показателя составила 3,2 мг-экв./100 г почвы, 0,1 т/га – 3,3 мг-экв./100 г почвы. При этом она снижалась, по сравнению с контролем, фоном и внесением фосфоритной муки обычного помола, что связано со значительным мелиорирующим

эффектом фосфоритной муки в наноструктурном виде. В вариантах предпосевной обработки семян НВФС подобного действия не наблюдали, так как в почву ничего не вносили. Гидролитическая кислотность в указанных вариантах отмечена на уровне 3,4 мг-экв./100 г почвы, что соответствовало фоновым значениям.

В вариантах с внесением в почву фосфоритной муки обычного помола и НВФС в разных дозах значение $pH_{\text{сол}}$ возрастало до 5,8...5,9, что в определенной степени происходило благодаря ее нейтрализующему действию. В вариантах с предпосевной обработкой семян НВФС величина этого показателя составила 5,7...5,8.

Внесение в почву фосфоритной муки обычного помола и в наноструктурном виде повышало сумму поглощенных оснований в почве, по сравнению с фоном на 8,7-12,8%. При заделке в почву НВФС наибольшая сумма поглощенных оснований отмечена при внесении 1,0 т/га – 24,7 мг-экв./100 г почвы, наименьшее увеличение этого показателя в варианте 0,1 т/га – 23,5 мг-экв./100 г почвы.

Фосфоритная мука обычного помола способствовала увеличению суммы поглощенных оснований до 23,8 мг-экв./100 г почвы. В вариантах с предпосевной обработкой семян НВФС сумма поглощенных оснований в среднем была незначительно ниже фонового значения – 21,4...21,8 мг-экв./100 г почвы, что, на наш взгляд, можно объяснить повышенным выносом из почвы кальция и магния более мощными растениями кукурузы.

Значительных изменений содержания гумуса в почве не выявлено – средняя величина этого показателя составила 3,3%.

Таким образом, установлено, что по своей структуре фосфорит представляет собой конгломераты частиц размерами от 360 до 1680 нм. Ультразвуковое диспергирование позволяет получить наноструктурный фосфорит с размерами частиц двух категорий: 60,0-120,0 нм и 450,0 нм, последние являются системой частиц с размерами первой категории. Изображение поверхности фосфорита и НВФС показывает различие в форме составляющих частиц: у фосфоритов округло-овальные и округло-конусовидные, у НВФС – конусовидные. При изучении свойств наноструктурной водно-фосфоритной суспензии установлено равномерное распределение частиц в деионизированной воде.

Внесение НВФС в почву способствовало повышению урожая зеленой массы кукурузы по сравнению с фоном на 25,0-45,0%, а предпосевная обработка семенного материала НВФС – на 29,0-41,0%. Применение НВФС приводило к повышению кормовой и витаминной ценности зеленой массы кукурузы. При внесении НВФС в почву в дозе 1,0 т/га и предпосевной обработке семян из расчета 1,25 кг/т увеличение содержания сырого протеина по сравнению с фоном составило 2,0 и 1,7%, сахара – 2,6 и 2,4%, клетчатки – 0,9 и 0,7% соответственно. При этом количество хлорофилла увеличилось на 30,8 и 23,1%, аскорбиновой кислоты – на 22,4 и 20,2% и бета-каротина – на 23,7 и 5,3% к фону соответственно.

Применение НВФС в почву способствовало повышению содержания подвижного фосфора, по сравнению с фоном, на 14,6%, обменного калия – на 5,1%, суммы поглощенных оснований – на 12,8%, снижению гидролитическую и обменную кислотности почвенного раствора.

Литература

1. Уточкин, В.Г. Проблема фосфора в земледелии России и пути ее решения на современном этапе. / В.Г. Уточкин, И.Н. Чумаченко, Б.А. Сушеница: Кн. Удобрение и химическая мелиорация в агроэкосистемах // – Изд-во МГУ. – Москва, 1998. – С. 28-31.
2. Алиев, Ш.А. Использование местных фосфоритов и природных сорбентов для повышения продуктивности земледелия / Ш.А. Алиев, В.Н. Дышко, Б.А. Сушеница. – М.: Изд-во ВНИИА, 2004. – 247 с.
3. Агроминеральные ресурсы Татарстана и перспективы их использования / под ред. А.В. Якимова // – Казань: Фэн, 2002. – 272с.
4. Применение известково-фосфоритной муки из фоссырья Сюндюковского месторождения в Предволжской зоне Татарской АССР (временные рекомендации) / Ш.А. Алиев // М.-Казань, 1989. 28 с.
5. Шаронова, Н.Л. Основные направления использования нанотехнологий в растениеводстве / Н.Л. Шаронова, И.А. Яппаров, А.Х. Яппаров, Н.Ш. Хисамутдинов: Сб.тр. всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию ГНУ Татарский НИИХП Россельхозакадемии – Казань, 2012. С.162-168.
6. Яппаров, А.Х. Использование нанопрепарата при выращивании кукурузы на зеленую массу / А.Х. Яппаров, Н.Ш. Хисамутдинов, А.М. Ежкова и др.: /Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. // – Казань, 2013. – Том 212. – С. 380-384.
7. Герасимов, А.П. Влияние наноразмерного фосфорита на метаболизм и росто-весовые показатели птицы мясной продуктивности / А.П. Герасимов, В.О. Ежков, А.М. Ежкова, И.А. Яппаров // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 7. – С. 213-217.
8. Ежков В.О., Биккинина Л.М.-Х., Поливанов М.А. Влияние наноструктурной водно-цеолитной суспензии на продуктивность гречихи // Вестник Казанского технологического университета. 2013. – Т.16. – № 19. – С. 241-245.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1986. – 280 с.

© **В. О. Ежков** – д-р вет. наук, проф. каф. ПИМП КНИТУ, egkov-vo@mail.ru; **Н. Ш. Хисамутдинов** – канд. с/х наук, зав. отделом воспроизводства почвенного плодородия и питания растений ГНУ Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения Российской академии сельскохозяйственных наук; **А. Х. Яппаров** – д-р с/х наук, проф., дир. ГНУ Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения Российской академии сельскохозяйственных наук, niaxrp2@mail.ru; **А. М. Ежкова** – д-р биол. наук, зав. отделом животноводства и ветеринарии Российской академии сельскохозяйственных наук, egkova-am@mail.ru; **И. А. Яппаров** – канд. с/х наук, зав. отд. разработки био- и нанотехнологий в земледелии и животноводстве того же ин-та, niaxrp2@mail.ru; **Е. С. Нefeld'ev** – д-р хим. наук, проф., зав. каф. физики КНИТУ, nefediev@kstu.ru; **А. П. Герасимов** – асп. каф. ПИМП КНИТУ, andris.gera@mail.ru.

© **V.O. Ezhkov** - Prof., Kazan National Research Technological University, egkov-vo@mail.ru; **N. Sh. Khisamutdinov** - Tatar scientific research institute of agrochemistry and pedology of Russian academy of agricultural sciences; **A. H. Yapparov** - Prof., Tatar scientific research institute of agrochemistry and pedology of Russian academy of agricultural sciences, niaxrp2@mail.ru; **A. M. Ezhkova** - Prof., Tatar scientific research institute of agrochemistry and pedology of Russian academy of agricultural sciences; **I. A. Yapparov** - Tatar scientific research institute of agrochemistry and pedology of Russian academy of agricultural sciences; **E. S. Nefed'ev** - Prof., Kazan National Research Technological University, nefediev@kstu.ru; **A.P. Gerasimov** - Kazan National Research Technological University.