

УДК 631.81:633.2

Н.Ш. Хисамутдинов, кандидат сельскохозяйственных наук

И.А. Яппаров, кандидат сельскохозяйственных наук
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ТАТАРСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ И
ПОЧВОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

Н.А. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук
НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР “ИНСТИТУТ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
НААН УКРАИНЫ”

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНОЙ ВОДНО- ФОСФОРИТНОЙ СУСПЕНЗИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ

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. [2], уменьшилось в Российской Федерации более чем в 10 раз. Научно обоснованная потребность земледелия России в фосфорных удобрениях составляет 9-10 млн т P_2O_5 в год.

Учитывая сложившееся 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 [1].

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

© Н.Ш. Хисамутдинов, И.А. Яппаров, Н.А. Ткаченко, 2013

В связи с этим актуальной задачей является разработка и получение высокоэффективных наноструктурных веществ из минерального фосфоритного сырья Республики Татарстан, способных оказывать комплексный эффект в отношении роста и развития растений, состояния почвенного микробиоценоза и плодородия почв.

А.Х. Яппаровым и др. были впервые получены наноструктурные вещества из агроминералов в нанодиапазоне 60-80 нм, которые признаны пригодными для применения в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Наноструктурная водно-фосфоритная суспензия (НВФС) получена из фосфорита Сюндюковского месторождения Республики Татарстан путем ультразвукового диспергирования [3, 4].

Целью исследований являлось изучение влияния наноструктурной водно-фосфоритной суспензии (НВФС) на урожайность и качество зеленой массы кукурузы при внесении в почву и обработке семян перед посевом, а также обоснование перспективности ее использования в качестве удобрения для сельского хозяйства.

Условия, материалы и методы исследований. В период 2010-2013 гг. в условиях вегетационных опытов на серой лесной среднесуглинистой почве Республики Татарстан исследовали фосфоритную муку обычного помола и НВФС. Почва имела следующие характеристики: содержание гумуса – 3,3 %; P_2O_5 – 132,0 мг/кг; K_2O – 116,0 мг/кг; сумма поглощенных оснований – 21,3 мг-экв./100 г почвы; гидролитическая кислотность – 3,2 мг-экв./100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ – 5,9. Опытная культура – кукуруза, гибрид Молдавская 215.

Исследования проводили по схеме: 1) контроль без удобрений; 2) $N_{60}K_{60}$ – фон; 3) фон + фосфоритная мука обычного помола в дозе 1,0 т/га в почву; 4) фон + НВФС в дозе 1,0; 0,8; 0,5; 0,3 и 0,1 т/га в почву; 5) фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 1,25; 0,75 и 0,25 кг/т.

Дозы наноструктурной водно-фосфоритной суспензии рассчитывали на вес воздушно-сухой почвы. В качестве минеральных удобрений (фон) использовали аммиачную селитру и хлористый калий.

Результаты исследований. Анализ урожайных данных кукурузы показал (табл. 1), что вес зеленой массы по вариантам опыта находился в пределах 323,8-720,7 г/сосуд. Минимальные показатели (323,8 г/сосуд) отмечены на контроле без удобрений, а

максимальные (720,7 г/сосуд) – в варианте при внесении в почву 1,0 т/га НВФС. При этом прибавка урожая зерна составила 123,0 % к контролю, 45,0 % к фону и 15,0 % к фосмуке обычного помола. При внесении в почву различных доз НВФС (от 0,1 т/га до 1,0 т/га) зеленая масса кукурузы была выше на 92,0-123,0 % по сравнению с контролем, на 25,0-45,0 % по сравнению с фонами на 8,0-15,0 % по сравнению с фосмукой обычного помола.

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 фосмуке обычного помола
Без удобрений контроль	323,8	0	-54	-94
N ₆₀ K ₆₀ (фон)	498,5	+54	0	-26
Фон + фосмука 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 1,25 кг/т	702,8	+117	+41	+12
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,75 кг/т	677,9	+109	+36	+8
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,25 кг/т	643,1	+99	+29	+2
НСР ₀₅	3,65			

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.

Таким образом, применение НВФС во всех дозах давало достоверные прибавки урожая зеленой массы кукурузы.

Важной характеристикой урожая является качество полученной продукции. В связи с этим изучен химический состав зеленой массы кукурузы в различных фазах вегетации.

В фазе выметывания метелки содержание азота в зеленой массе кукурузы было в среднем по всем вариантам 5,70 % : на контроле – 3,02 %, на фоне – 3,97 %, в варианте с внесением фосмуки обычного помола – 6,16 %, среднее в вариантах с внесением НВФС в почву – 5,82 % (наибольшее – 7,19 % в варианте НВФС в дозе 1,0 т/га в почву), среднее в вариантах с предпосевной обработкой семян – 6,77 % (наибольшее – 7,64 % в варианте с обработкой семян НВФС в дозе 1,25 кг/т) (табл. 2). Содержание фосфора и калия в зеленой массе кукурузы при внесении фосмуки обычного помола составило 0,69 и 2,67 %, в вариантах с внесением НВФС в почву – 0,79 и 3,14 %, а в вариантах с обработкой семян НВФС – 0,81 и 3,52 % соответственно.

Таблица 2. Влияние различных доз и способов применения НВФС на химический состав зеленой массы кукурузы в фазе выметывания метелки

Варианты	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
Без удобрений контроль	3,02	0,53	2,01
N ₆₀ K ₆₀ – фон	3,97	0,61	2,18
Фон + фосмука обычного помола по 1,0 т/га в почву	6,16	0,69	2,67
Фон + НВФС по 1,0 т/га в почву	7,19	0,81	3,44
Фон + НВФС по 0,8 т/га в почву	6,06	0,83	3,35
Фон + НВФС по 0,5 т/га в почву	5,65	0,79	3,13
Фон + НВФС по 0,3 т/га в почву	5,52	0,78	2,96
Фон + НВФС по 0,1 т/га в почву	4,71	0,74	2,80
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 1,25 кг/т	7,64	0,86	3,62
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,75 кг/т	6,56	0,82	3,51
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,25 кг/т	6,12	0,76	3,44

Увеличение содержания азота, фосфора и калия в фазе выметывания метелки в варианте с предпосевной обработкой семян НВФС в дозе 1,25 кг/т составило 4,62 %, 0,33 % и 1,61 % по сравнению с контролем, 3,67 %, 0,25 % и 1,44 % по сравнению с фоном, 1,48 %, 0,17 % и 0,95 % по сравнению с фосмукой обычного помола соответственно.

В фазе молочно-восковой спелости кукурузы содержание азота при внесении фосмуки обычного помола составило 6,74 %, в варианте с внесением НВФС в почву по 1,0 т/га – 7,41 %, при предпосевной обработке семян НВФС в дозе 1,25 кг/т семян – 7,78 % (табл. 3). Содержание фосфора в фазе молочно-восковой спелости

Таблица 3. Влияние различных доз и способов применения НВФС на химический состав зеленой массы кукурузы в фазе молочно-восковой спелости

Варианты	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
Без удобрений контроль	4,77	0,61	2,26
N ₆₀ K ₆₀ – фон	5,12	0,67	3,21
Фон + фосмука обычного помола по 1,0 т/га в почву	6,74	0,72	3,32
Фон + НВФС по 1,0 т/га в почву	7,41	0,99	3,95
Фон + НВФС по 0,8 т/га в почву	7,27	0,91	3,55
Фон + НВФС по 0,5 т/га в почву	6,49	0,87	3,52
Фон + НВФС по 0,3 т/га в почву	6,00	0,82	3,23
Фон + НВФС по 0,1 т/га в почву	4,99	0,82	3,20
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 1,25 кг/т	7,78	0,95	4,75
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,75 кг/т	7,05	0,88	4,09
Фон + предпосевная обработка семян НВФС в дозе 0,25 кг/т	6,95	0,82	3,94

незначительно увеличилось по сравнению с фазой выметывания метелки. Количество подвижного фосфора в контроле составило 0,61 %, в фоне – 0,67 %, в варианте с внесением фосмуки обычного помола – 0,72 %, в вариантах с внесением НВФС в почву и с предпосевной обработкой семян НВФС – 0,82-0,99 % . В среднем по всем вариантам содержание фосфора было 0,82 % . Содержание калия в зеленой массе кукурузы в этот период составило: на контроле – 2,26 %, на фоне – 3,21 %, на варианте с внесением фосмуки обычного

Таблица 4. 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
Без удобрений контроль	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 помола 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 1,25 кг/т	13,3	13,3	4,8	22,1	3,69	0,41
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

помола – 3,32 %, на вариантах с внесением НВФС в почву – 3,20-3,95 %, а на вариантах с предпосевной обработкой семян НВФС – 3,94-4,75 %.

Увеличение содержания азота, фосфора, калия в фазе молочно-восковой спелости на варианте с предпосевной обработкой семян НВФС в дозе 1,25 кг/т составило 3,01 %, 0,34 % и 2,49 % по сравнению с контролем, 2,66 %, 0,28 % и 1,54 % по сравнению с фоном, 1,04 %, 0,23 % и 1,43 % по сравнению с фосмукой обычного помола соответственно.

Применение НВФС при внесении в почву и при обработке семян способствовало повышению кормовой и витаминной ценности получаемой зеленой массы кукурузы (табл. 4).

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 содержание 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 помола соответственно.

Также 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.

Выводы: 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 содержание 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.

1. 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.

2. Уточкин, В.Г. Проблема фосфора в земледелии России и пути ее решения на современном этапе. / В.Г. Уточкин, И.Н. Чумаченко, Б.А. Сушеница // Удобрение и химическая мелиорация в агроэкосистемах. – Изд-во МГУ. – Москва, 1998. – С. 28-31.
3. 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.
4. 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. – Т. 212. – С. 380-384.

Застосування наноструктурної водно-фосфоритної суспензії сприяло підвищенню врожаю зеленої маси кукурудзи на 25,0-45,0 % порівняно з фоном. Найбільший вміст сирого протеїну 13,6 і 13,3 %, цукру – 13,5 і 13,3 %, клітковини 22,3 і 22,1 % відзначено у варіантах із внесенням у ґрунт НВФС в дозі 1,0 т/га і передпосівної обробкою насіння 1,25 кг/т.

Ключові слова: наноструктурна водно-фосфоритна суспензія, способи застосування, фосфоритне борошно, внесення в ґрунт, обробка насіння, врожайність, якість.

Применение наноструктурной водно-фосфоритной суспензии способствовало повышению урожая зеленой массы кукурузы на 25,0-45,0 % по сравнению с фоном. Наибольшее содержание сырого протеина 13,6 и 13,3 %, сахара – 13,5 и 13,3 %, клетчатки 22,3 и 22,1 % отмечено в вариантах с внесением в почву НВФС в дозе 1,0 т/га и предпосевной обработкой семян 1,25 кг/т.

Ключевые слова: наноструктурная водно-фосфоритная суспензия, способы применения, фосфоритная мука, внесение в почву, обработка семян, урожайность, качество.

Application of nanostructured water phosphate suspension helped to improve yield of corn green mass on 25,0-45,0% compared to the background. The highest crude protein content – 13,6 and 13,3%, sugar – 13,5 and 13,3%, cellulose – 22,3 and 22,1% observed in variants with the introduction of NWPS in soil at 1,0 t/ha and preplant seed treatment at 1,25 kg/t.

Key words nanostructured water phosphate suspension, application methods, ground phosphate rock, adding to soil, seed treatment, yield, quality.