

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ И ИХ НАНОАНАЛОГОВ
НА ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ОВСА****Суханова И.М., Газизов Р.Р., Ильясов М.М., Биккинина Л.М.-Х.**

Реферат. В статье представлены результаты двухлетних исследований по применению наноструктурных суспензий сапропеля и биогумуса на серой лесной среднесуглинистой почве в условиях вегетационного опыта при выращивании овса сорта Конкур. Обеспечение растений элементами питания мы видим в использовании веществ, созданных самой природой, химический состав которых позволяет применять их в качестве удобрений. В земледелии и растениеводстве изучены различные дозы внесения сапропеля и биогумуса в почву, но данные по применению наноструктурных их составляющих отсутствуют. Впервые в Республике Татарстан (РТ) проводятся исследования по разработке способов использования наноматериалов сапропеля и биогумуса в растениеводстве при выращивании сельскохозяйственных культур. Выявлен характер и степень влияния макро- и наноструктурных суспензий на основные элементы структуры урожая при их использовании для предпосевной обработки семян и некорневой обработке растений, как в отдельном, так и в комплексном применении. Предпосевная обработка суспензиями биогумуса и нанобиогумуса увеличила высоту и выход биомассы растений относительно других вариантов на 3,8...26,1% и 8...58,2% соответственно по показателям структуры. Комплексное использование обработок наносуспензиями сапропеля и биогумуса положительно отразилось на количественных показателях: массе 1000 зерен, корней и зерна. Наноструктурные суспензии обладая биологически активными свойствами, размерами частиц 20-30 нм, проникающими беспрепятственно, без повреждения структуры и без последствий для растительного организма, стимулируя биохимические процессы и обладая пролонгированным действием на биологические объекты, обеспечили лучшие по сравнению с обработкой макросуспензией показатели структуры урожая.

Ключевые слова: сапропель, биогумус, наносуспензии, обработка семян и растений, структура урожая.

Введение. Рост цен на производство удобрений приводят к необходимости использования местных природных нерудных минералов (агроминералов). Их применение для улучшения свойств почвы, в растениеводстве в качестве мелиорантов, удобрений и стимуляторов роста обусловлено наличием биогенных макро- и микроэлементов, высокими ионообменными, сорбционными и каталитическими свойствами [1, 2].

В качестве органического и органоминерального удобрения можно использовать биогумус и сапропель - вещества, созданные самой природой и экологически безопасные по своему составу, который позволяет использовать их в качестве экологически чистых удобрений для выращивания сельскохозяйственных культур [3].

Современный этап развития сельскохозяйственного производства характеризуется совершенствующимися технологиями возделывания культур, при этом особое внимание следует уделять рациональному использованию наноматериалов в земледелии и растениеводстве. Нанобиотехнология может внести существенный вклад в улучшение питания, сопротивляемости культур неблагоприятным погодным условиям, стрессовым ситуациям, а также борьбу с болезнями и вредителями [4, 5]. Очень важно изучение влияния различных

видов наноматериалов на рост, развитие растений и их метаболические функции, поскольку они являются важнейшим звеном пищевой цепи [6]. Известно, что наноматериалы оказывают комплексное воздействие в отношении роста и развития растений [7-9]. Подавляющее число работ по исследованию влияния наноматериалов на количественные и качественные показатели растений посвящено нанопорошкам металлов и оксидов металлов в качестве средств предпосевной обработки семян [10-17].

Актуальной задачей является получение и разработка технологий применения высокоэффективных наноструктурных веществ из органоминерального сырья, активно воздействующих на рост и развитие растений и урожайность сельскохозяйственных культур.

Условия, материалы и методы исследований. Исследования выполнены в условиях вегетационного опыта в 2017-2018 гг. на серой лесной среднесуглинистой почве при выращивании овса сорта Конкур по методике Б.А. Доспехова (1985). Характеристика исходной почвы: гумус -2,6%, рН_{KCl} -5,9, Н_г - 1,5 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований -19,3 мг-экв./100 г почвы, N_{шел.} - 100,2 мг/кг, P₂O₅ - 122 мг/кг, K₂O - 115 мг/кг.

Использовался сапропель месторождения озера Белое РТ и биогумус производства

«Грин-ПИКЪ» (г. Ковров, Владимирской области) в виде водных и наноструктурных суспензий. Состав сапропеля, % (на сухое вещество): органическое вещество – 31,3; pH – 7,8; CaO – 18,9; SiO₂ – 11,7; Al₂O₃ – 5,1; N_{общ.} – 1,23; P₂O₅ – 0,45; K₂O – 0,82; SO₃ – 1,27; Fe₂O₃ – 2,42; влажность – 59; микроэлементы – Mn, Cu, Zn и др., не превышающие ПДК. Состав биогумуса, %: органическое вещество – 30,0; pH – 7,5; N_{общ.} – 1,85; P₂O₅ – 1,78; K₂O – 2,33; CaO – 1,03; влажность – 35,0; содержит комплекс микроэлементов, наличие солей тяжелых металлов незначительное.

Для получения наноструктурных агроминералов из сапропеля и биогумуса был использован метод ультразвукового воздействия [7].

В качестве минеральных удобрений (фон) использовалось сложное удобрение – азофоска. Размер вегетационного сосуда Вагнера составлял 0,018 м². Количество растений в сосуде 10 штук. Схема опыта представлена в табл. 1, повторность – трехкратная.

Анализ и обсуждение результатов исследований. Вегетационный период 2017 и 2018 гг. характеризовался оптимальными погодными условиями для роста и развития овса. Фенологические наблюдения показали, что ранние всходы овса появились в вариантах с предпосевной обработкой семян наносуспензией биогумуса и аналогичной суспензией с сочетанием дражирования с сапропелем. Рас-

тения с обработкой семян наносуспензиями в своем развитии визуально отличались от других вариантов: дружные всходы, ускоренное прохождение этапов онтогенеза, раннее созревание и лучшие морфометрические параметры, что, вероятно, связано с лучшей проницаемостью наночастиц в клетки растений и активизацией клеточного метаболизма. Диффузная пропитка семенного материала наноструктурными суспензиями способствовала насыщению тканей элементами питания, оказывая ревитализирующее действие.

Длина растений овса в среднем находилась в пределах от 56,7 до 71,5 см (табл. 2). Разница длины стебля между контрольным и фоновым вариантом составила 7,7 см. Наибольшая длина растений отмечена в варианте с предпосевной обработкой семян суспензиями биогумуса и нанобиогумуса 70,6 -71,5 см соответственно.

Сочетание предпосевной и некорневой обработок и использование дражирующих составов не привело к существенной разнице в размерах соломины овса, в большей степени она прослеживалась в вариантах с предпосевной обработкой семян. Не в каждом варианте отмечена взаимосвязь высоты растений с другими показателями структуры урожая. Биомасса растений включала толщину стебля, кустистость, размеры листовой поверхности, иногда показатель длины растений был выше при низком общем весе. Использование нано-

Таблица 1 – Схема опыта

1	Контроль без удобрений
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон
3	Фон + предпосевная обработка семян суспензией сапропеля в дозе 1,5 кг/т
4	Фон + предпосевная обработка семян суспензией биогумуса в дозе 1,5 кг/т
5	Фон + предпосевная обработка семян суспензиями сапропеля в дозе 0,75 кг/т + биогумус 0,75 кг/т
6	Фон + предпосевная обработка семян суспензией наносапропеля в дозе 1,5 кг/т
7	Фон + предпосевная обработка семян суспензией нанобиогумуса в дозе 1,5 кг/т
8	Фон + предпосевная обработка семян суспензиями наносапропеля в дозе 0,75 кг/т + нанобиогумус 0,75 кг/т
9	Фон + предпосевная обработка семян суспензией наносапропеля в дозе 0,75 кг/т + биогумус* 0,75 кг/т
10	Фон + предпосевная обработка семян суспензией нанобиогумуса в дозе 0,75 кг/т + сапропель* 0,75 кг/т
11	Фон + предпосевная обработка семян суспензией наносапропеля в дозе 1,5 кг/т+ некорневая подкормка 0,5% суспензией наносапропеля
12	Фон + предпосевная обработка семян суспензией нанобиогумуса в дозе 1,5 кг/т+ некорневая подкормка 0,5% суспензией нанобиогумуса
13	Фон + предпосевная обработка семян суспензиями биогумуса в дозе 0,75 кг/т + сапропель 0,75 кг/т + некорневая подкормка суспензиями биогумуса (0,25%) + сапропель (0,25%)
14	Фон + предпосевная обработка семян суспензиями нанобиогумуса в дозе 0,75 кг/т + наносапропель 0,75 кг/т + некорневая подкормка суспензиями нанобиогумуса (0,25%) + наносапропель (0,25%)

* вещество в сухом виде (для дражирования)

Таблица 2 – Структура урожая овса

Варианты	Длина растений, см	Масса 1000 зерен, г	Вес растений	Вес корней	Вес зерна
			сухая биомасса, г/сосуд		
1	56,7	33,6	6,67	0,69	5,39
2	64,4	38,8	8,16	0,79	6,40
3	64,9	39,8	8,24	1,09	6,80
4	70,6	41,2	10,07	1,10	7,00
5	65,8	42,0	8,27	1,06	6,82
6	70,0	43,6	9,77	1,13	7,72
7	71,5	43,0	10,55	1,05	7,68
8	67,7	43,1	8,78	0,91	7,13
9	68,9	43,1	8,86	1,17	8,00
10	67,4	42,2	8,39	0,94	7,70
11	65,8	43,6	7,48	1,04	7,75
12	67,1	43,3	8,91	1,11	7,85
13	66,9	42,8	8,41	0,92	7,40
14	67,8	43,8	9,38	1,22	8,15
НСР ₀₅	5,54	1,1	3,06	1,77	2,14

структурной суспензии биогумуса как для обработки семян, так и в комплексе обработок (7 и 12 варианты) увеличило высоту стебля на 2,8 и 3,9 см относительно варианта с предпосевной обработкой макросуспензией. Следует отметить, что вес вегетативной массы с использованием обычной суспензии биогумуса для обработки семян уступал только обработке семян биогумусом в наноструктурной форме, нарастание биомассы растений составило до 10,6 г/сосуд. Использование суспензий биогумуса может быть эффективным для кормопроизводства и учитывая его безопасность, послужить хорошим экологическим кормом для животных. Вес растений в вариантах с применением наноструктурных суспензий биогумуса, сапропеля и их комплекса для обработки семян выше, чем от макроаналогов на 4,4; 18,6 и 6,2% (6-8 варианты). Сочетание обработок наноструктурными биогумусом и сапропелем (14 вариант) привели к росту массы растений овса на 11,5%.

Обеспечение растений овса влагой и питательными веществами оказало влияние при формировании массы 1000 семян. Минимальное количество зерен в метелке составляло 21-23 шт, максимальное 28-30 шт. В вариантах с суспензиями биогумуса количество зерен в колосе было несколько выше, но по массе уступало вариантам с использованием сапропеля. Значения массы 1000 зерен в вариантах с использованием наносапропеля для обработки семян и сочетания обработок равноценны и составляют 43,6 г (6 и 11 варианты). По предпосевной обработке почвы также доминирует наносуспензия сапропеля, прибавка относительно суспензии обычного сапропеля составила 9,5% (6 вариант), с нанобиогумусом прибавка 4,4% (7 вариант), в комбинации суспензий - 2,6% (8 вариант).

зий - 2,6% (8 вариант).

Поступление элементов питания при посеве овса и дополнительное их внесение во время опрыскивания способствовало развитию культуры на протяжении всего вегетационного периода. Самое крупное и выполненное зерно отмечено в вариантах с комплексным использованием обработок наносуспензиями сапропеля и биогумуса. От совместных обработок наносуспензиями (14 вариант) незначительно повысилась масса 1000 зерен (до 2%) в сравнение с предпосевной обработкой (8 вариант). Существенная разница прослеживалась между контрольным и фоновым вариантами в сравнении с комплексом нанопроцессов – 30,4 и 12,9% соответственно.

Вес зерна с сосуда в среднем составил 5,39 - 8,15 г. Разница между удобренным фоном и контролем в опыте – 18,7%. Использование органо-минеральных суспензий в различных формах обеспечили прибавку от 6,3 до 27,3% относительно фонового варианта.

На продуктивность культуры и вес зерна (г/сосуд) повлияли обработки наноструктурной суспензией сапропеля и дражирование с биогумусом, а также комплексное использование наноструктурных суспензий – 8,15 г/. В данном варианте прослеживалась корреляция массы 1000 зерен, массы зерна и корней (в г) с сосуда.

Корневая система у овса мочковатая и довольно хорошо развита, её отличает сравнительно высокая способность использовать элементы минерального питания из почвенных запасов. На корнях имеется большое количество корневых волосков, благодаря которым поверхность корневой системы увеличена. Сухая биомасса корней максимальна в вариантах с предпосевной обработкой суспензий

наносапропеля, наносапропеля с дражирующей смесью биогумуса (6 и 9 варианты) 1,13 - 1,17 г/сосуд и с комплексной обработкой наносуспензиями (14 вариант) 1,22 г/сосуд. Показатель на 3,7 и 7,3% превысил массу корней в варианте с предпосевной обработкой макросуспензией и значительно выше фоново-

го варианта.

Заключение. Исследованиями установлено, что по представленным показателям структуры овса все варианты с обработками семян и растений эффективнее, но лидирующее место по сравнению с макросоставами занимают наноструктурные суспензии.

Литература

1. Абузяров Р.Х., Ахметов Ф.Г., Аблямитов П.А. [и др.] Агроминеральные ресурсы Татарстана и перспективы их использования /под ред. Якимова А.В. – Казань: Фэн, 2002. – С.3, 175.
2. Ишкаев, Т.Х. Технологические приемы эффективного использования местных агроминералов в земледелии Республики Татарстан / Т.Х. Ишкаев, А.Х. Яппаров, Ш.А. Алиев. – Казань: Центр инновационных технологий, 2010. – 112 с.
3. Суханова, И.М. Оценка действия биогумуса и сапропеля и их наноструктурных аналогов на урожайность и качество гречихи / И.М. Суханова, А.А. Лукманов, А.Х. Яппаров, Р.П. Газизов // Агрехимический вестник, – 2018. – №6– С.49-52.
4. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С. [и др.] Мировые тенденции нанотехнологических исследований в сфере сельского хозяйства. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012.- 160 с.
5. Федоренко В.Ф., Ерохин М.Н. [и др.] Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: научное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011.- 312 с.
6. Коледа, К.В. Растениеводство / К.В. Коледа, А.А. Дудук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 480 с.
7. Нанотехнологии в сельском хозяйстве: научное обоснование получения и технологии использования наноструктурных и нанокompозитных материалов / Под общ. ред. Яппарова А.Х. – Казань: Центр инновац. технологий. – 2013. – 252 с.
8. Полищук, С.Д. Применение нанопорошков в качестве удобрений для масличных культур / С.Д. Полищук, А.А. Назарова, М.В. Куцкир и др. // Нанотехника. – 2013. – №3(35). – С. 67-74.
9. Смирнова, Е.А. Углеродные нанотрубки проникают в ткани и клетки и оказывают стимулирующее воздействие на проростки эспарцета *Onobrychis Arenaria (Kit.) Ser.* / Е.А. Смирнова [и др.] // Acta Naturae. – 2011. – Т.3. – №1. – С. 106-113.
10. Тарасова, Е.Ю. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве / Е.Ю. Тарасова, В.П. Коростелева, В.Я. Пономарев // Вестн. Казан. технолог. ун-та. – 2012. – Т.15. – №21. – С. 121-122.
11. Усанова, З.И. Применение наноматериала на основе серебра и биологического препарата альбит для повышения продуктивности кукурузы / З.И. Усанова, И.В. Шальнов // Вестн. Саратов. госунар. аграр. ун-та им. Н.И. Вавилова. – 2012. – №8. – С. 31-33.
12. Чурилов, Г.И. Эколого-биологические эффекты нанокристаллических металлов: Дис... докт. биол. наук / Г.И. Чурилов. – Балашиха, 2010. – 332 с.
13. Feizi, H. Phytotoxicity and stimulatory impacts of nanosized and bulk titanium dioxide on fennel (*Foeniculum vulgare Mill*) / H. Feizi, M. Kamali, L. Jafari et al. // Chemosphere. – 2013. – V. 91. – P. 506-511.
14. Khot, L.R. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review / L.R. Khot, S. Sankaran, J.M. Maja // Crop Prot. – 2012. – V. 35. – P. 64-70.
15. Kumar, V. Gold nanoparticle exposure induces growth and yield enhancement in *Arabidopsis thaliana* / V. Kumar, P. Guleria // Sci Total Environ. – 2013. – V. 461-462. – P. 462-468.
16. Larue, C. Accumulation, translocation and impact of TiO₂ nanoparticles in wheat (*Triticum aestivum* spp.): Influence of diameter and crystal phase / C. Larue, J. Laurette, N. Herlin-Boime // Sci Total Environ. – 2012. – V. 431. – P. 197-208.
17. Nair, R. Nanoparticulate material delivery to plants / R. Nair, S.H. Varghese, B.G. Nair et al. // Plant Sci. – 2010. – V. 179. – P. 154-163.

Сведения об авторах:

Суханова Ирина Михайловна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ученый секретарь, e-mail:1086ab@rambler.ru
 Газизов Расим Рашидович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заместитель руководителя, e-mail:niiaxp2@mail.ru
 Ильясов Марс Магсумович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, e-mail:niiaxp2@mail.ru
 Биккинина Лилия Мухаммед-Харисовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией, e-mail:niiaxp2@mail.ru
 Татарский НИИХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия.

INFLUENCE OF ORGANOMINERAL SUSPENSIONS AND ITS NANO-ANALOGUES ON THE STRUCTURAL ELEMENTS OF OAT CROP

Sukhanova I.M., Gazizov R.R., Ilyasov M.M., Bikkinina L.M.-Kh.

Abstract. The article presents the results of two summer studies on the use of nanostructured suspensions of sapropel and vermicompost on gray forest medium loamy soil under the conditions of a growing experiment when growing oats of Konkur variety. We see the supply of plants with nutrients in the use of substances created by nature itself, whose chemical composition allows them to be used as fertilizers. In agriculture and crop production, various doses of sapropel and vermicompost in the soil have been studied, but there are no data on the use of their nanostructured components. For the first time in the Republic of Tatarstan, research is underway to develop ways to use sapropel and vermicompost nanomaterials in crop production when growing crops. The nature and degree of influence of macro- and nanostructured sus-

pensions on the main elements of the crop structure during their use for pre-sowing seed treatment and foliar treatment of plants, both in a separate and in a complex application, is revealed. Presowing treatment with suspensions of vermicompost and nanobiohumus increased the height and yield of plant biomass relative to other options by 3.8 ... 26.1% and 8 ... 58.2%, respectively, in terms of structure. The complex use of treatments with nanosuspensions of sapropel and vermicompost positively affected quantitative indicators: mass of 1000 grains, roots and grains. Nanostructured suspensions possessing biologically active properties, particle sizes of 20-30 nm, penetrating unhindered, without damaging the structure and without consequences for the plant organism, stimulating biochemical processes and having a prolonged effect on biological objects, provided better crop structure indicators compared to macro-suspension treatment.

Key words: sapropel, biohumus, nanosuspensions, seed and plant treatment, crop structure.

References

1. Abuzyarov R.Kh., Akhmetov F.G., Ablyamitov P.A. and others. *Agromineralnye resursy Tatarstana i perspektivy ikh ispolzovaniya*. [Agromineral resources of Tatarstan and prospects for their use. Edited by Yakimov A.V.]. Kazan: Fen, 2002. – P. 3, 175
2. Ishkaev T.Kh. *Tekhnologicheskie priemy effektivnogo ispolzovaniya mestnykh agromineralov v zemledelii Respubliki Tatarstan*. [Technological methods for the effective use of local agrominerals in agriculture of the Republic of Tatarstan]. / T.Kh. Ishkaev, A.Kh. Yapparov, Sh.A. Aliev. – Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy, 2010. – P. 112.
3. Sukhanova I.M. Evaluation of the effect of biohumus and sapropel and its nanostructured analogues on the productivity and quality of buckwheat. [Otsenka deystviya biogumusa i sapropelya i ikh nanostrukturnykh analogov na urozhaynost i kachestvo grechikhi]. / I.M. Sukhanova, A.A. Lukmanov, A.Kh. Yapparov, R.R. Gazizov // *Agrokhimicheskiy vestnik. - Agrochemical Herald*. №6. - 2018. – P. 49-52.
4. Fedorenko V.F., Buklagin D.S. and others. *Mirovye tendentsii nanotekhnologicheskikh issledovaniy v sfere selskogo khozyaystva*. [Global trends in nanotechnology research in agriculture]. – M.: FGBNU “Rosinformagrotekh”, 2012.- P. 160.
5. Fedorenko V.F., Erokhin M.N. and others. *Nanotekhnologii i nanomaterialy v agropromyshlennom komplekse: nauchnoe izdanie*. [Nanotechnology and nanomaterials in the agricultural sector: scientific publication]. – M.: FGBNU “Rosinformagrotekh”, 2011. – P. 312.
6. Koleda K.V. *Rastenievodstvo*. [Plant growing]. / K.V. Koleda, A.A. Duduk. – Minsk: IVTS Minfina, 2008. – P. 480.
7. *Nanotekhnologii v selskom khozyaystve: nauchnoe obosnovanie polucheniya i tekhnologii ispolzovaniya nanostrukturnykh i nanokompozitnykh materialov*. [Nanotechnology in agriculture: the scientific rationale for the production and use of nanostructured and nanocomposite materials]. / Edited by Yapparova A.Kh. – Kazan: Tsentr innovats. tekhnologiy. – 2013. – P. 252.
8. Polischuk S.D. The use of nanopowders as fertilizers for oilseeds. [Primenenie nanoporoshkov v kachestve udobreniy dlya maslichnykh kultur]. / S.D. Polischuk, A.A. Nazarova, M.V. Kutskir and others. // *Nanotekhnika. – Nanotechnology*. – 2013. – №3(35). – P. 67-74.
9. Smirnova E.A. Carbon nanotubes penetrate tissues and cells and have a stimulating effect on seedlings of sainfoin *Onobrychis Arenaria* (Kit.). [Uglerodnye nanotrubki pronikayut v tkani i kletki i okazyvayut stimuliruyushchee vozdeystvie na proroshti espartseta *Onobrychis Arenaria* (Kit.)]. Ser./ Ye.A. Smirnova and others. // *Acta Naturae*. – 2011. – Vol. 3. – №1. – P. 106-113.
10. Tarasova E.Yu. The use of nanotechnology in agriculture. [Primenenie nanotekhnologiy v selskom khozyaystve]. / E.Yu. Tarasova, V.P. Korosteleva, V.Ya. Ponomarev / *Vestn. Kazan. tekhnolog. un-ta. – The Herald of Kazan Technological University*. – 2012. – Vol. 15. – №21. – P. 121-122.
11. Usanova Z.I. The use of nanomaterial based on silver and the biological preparation albite to increase the productivity of corn. [Primenenie nanomateriala na osnove srebra i biologicheskogo preparata albit dlya povysheniya produktivnosti kukuruzy]. / Z.I. Usanova, I.V. Shalnov // *Vestn. Saratov. gosudar. agrar. un-ta im. N.I. Vavilova. – The Herald of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. – 2012. – №8. – P. 31-33.
12. Churilov G.I. *Ekologo-biologicheskie efekty nanokristallicheskiykh metallov: Dis... dokt. biol. nauk*. (Ecological and biological effects of nanocrystalline metals: Dissertation for a degree of Doctor of Biological sciences). / G.I. Churilov. – Balashikha, 2010. – P. 332.
13. Feizi H. Phytotoxicity and stimulatory impacts of nanosized and bulk titanium dioxide on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) / H. Feizi, M. Kamali, L. Jafari et al. // *Chemosphere*. – 2013. – V. 91. – P. 506-511.
14. Khot, L.R. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review / L.R. Khot, S. Sankaran, J.M. Maja // *Crop Prot.* – 2012. – V. 35. – P. 64-70.
15. Kumar V. Gold nanoparticle exposure induces growth and yield enhancement in *Arabidopsis thaliana* / V. Kumar, P. Guleria // *Sci Total Environ*. – 2013. – V. 461-462. – P. 462-468.
16. Larue, C. Accumulation, translocation and impact of TiO₂ nanoparticles in wheat (*Triticum aestivum* spp.): Influence of diameter and crystal phase / C. Larue, J. Laurette, N. Herlin-Boime // *Sci Total Environ*. – 2012. – V. 431. – P. 197-208.
17. Nair, R. Nanoparticulate material delivery to plants / R. Nair, S.H. Varghese, B.G. Nair et al. // *Plant Sci*. – 2010. – V. 179. – P. 154-163.

Authors:

Sukhanova Irina Mikhailovna - Ph.D. of Biological sciences, leading researcher, scientific secretary, e-mail: 1086ab@rambler.ru

Gazizov Rasim Rashidovich - Ph.D. of Agricultural sciences, leading researcher, deputy head, e-mail: niiaxp2@mail.ru

Ilyasov Mars Magsumovich – Ph.D. of Agricultural sciences, senior researcher, e-mail: niiaxp2@mail.ru

Bikkinina Liliya Muhammed-Kharisovna – Ph.D. of Agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory, e-mail: niiaxp2@mail.ru

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural subdivision of FRC “KazSC RAS”, Kazan, Russia.