

УДК 502.5:502.55

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.4-43>

¹Т.Н. Бокейханова, ²К.К. Хамитова, ³А.Т. Умбетбеков,
⁴Д.В. Исмаилов, ⁵Ж.Б. Мажит

^{1,2,3,4}Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
^{2,4}Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа
при КазНУ им. аль-Фараби, ⁵Алматинский технологический университет,
г. Алматы, Республика Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ПРОЦЕСС ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Аннотация. В данной статье изложены результаты изучения воздействия углеродных наноматериалов после сжигания графита в инертном газе таких, как исходная фуллереновая сажа и углеродные нанотрубки содержащиеся в отработанном депозитном материале на процесс прорастания семян позднеспелого гибрида кукурузы «ЗПСК 704». Исследуемые семена кукурузы отличаются высокой энергопрорастанием, хорошей чувствительностью к различным веществам, т.е. являются хорошим биондикатором.

Ключевые слова: углеродные наноматериалы, фуллереновая сажа, углеродные нанотрубки, биотестирование, почва, гибриды кукурузы, растения, энергопрорастания, биондикатор.

Кукуруза является одним из наиболее распространенных и высокоурожайных культур в мировом земледелии. Сегодня в мире безраздельно господствуют три ведущие культуры – пшеница, кукуруза и рис. О них говорят: кукуруза вскормила американцев, пшеница – европейцев, рис – азиатов. Мировое производство зерна этих культур составляет 83-85% от его общего количества. Соотношение между ними примерно равные – по 27-28%. На корм животным используется около 60%, на технические и продовольственные цели – примерно по 20%.

Кукуруза в Казахстане является самой высокоурожайной зерновой и основной кормовой культурой универсального использования. Зерно кукурузы, благодаря своей высокой энергоемкости, служит незаменимым компонентом комбикормов. Кроме того, это хороший и хозяйственно выгодный корм для всех видов скота и птицы. Как силосная культура, она не имеет себе равных, занимая важное место в зеленом конвейере. В последние годы в республике наметилась тенденция переработки кукурузы в пищевых целях, хотя основным направлением было и остается использование ее на корм. В настоящее время, когда площади посевов кукурузы в северных областях сократились, большое значение имеет ее возделывание на юге и приобретает приоритетное направление исследований.

Зерно кукурузы содержит 65-70% углеводов, 9-12% белка, 3-5% масла, около 2% золы. В кукурузном зерне немало биологически активных каротиноидов и разнообразных витаминов группы В. Содержание витамина Е в кукурузе находится на первом месте. Кукуруза лучше других растений и культур очищает атмосферу, щедро насыщает ее кислородом. Гектар

плантаций фильтрует около 50 тыс. м³ воздуха [1-3]. На сегодня одним из причин, препятствующих росту ее урожайности, является недостаточная изученность комплекса агротехнических приемов возделывания, использование новых способов обработки семян при посеве на почву. Поэтому проблема повышения уровня производительности и продуктивности кукурузы на зерно и силос остается одним из главных задач и актуальным направлением для сельскохозяйственной промышленности Казахстана.

В развитых странах углеродные наноматериалы широко распространены и применяются в коммерческих продуктах. Спрос на них обусловлен тем, что углеродные наноматериалы используются в обширном диапазоне технологий и продукции. К примеру, медицинские и биологические нанопипетки и нанокапсулы; электроды с высокой проводимостью и топливных элементов; материалы с теплопроводимостью и высокой пористостью; прозрачные покрытия с проводимостью; для очистки воды и адсорбентов; газовые датчики и сверхчувствительные сенсоры; светодиоды и дисплеи; нанопровода и транзисторы [4-5].

Для удовлетворения спроса на углеродные наноматериалы на рынке есть разнообразная номенклатура исходных УНМ таких, как графен и оксид графена, порошок фуллерена необходимой дисперсности и чистоты, углеродные нанотрубки [6-7].

Высокопрочные, легкие, устойчивые к давлению, износу и другими улучшенными эксплуатационными качествами материалы всегда необходимы для дальнейшего развития всех секторов экономики. Исследования мирового научного сообщества обосновали, что решить эти задачи вполне вероятно за счет углеродных наноматериалов таких, как фуллерены, углеродные волокна и нанотрубки, графена, а также других композитных материалов с высокой прочностью, проводимостью, удельной поверхностью и химической инертностью.

Фуллерены считаются одним из многообещающих углеродных материалов; это химические соединения, их молекулы состоят из углерода с количеством атомов от 32. К главным качествам можно причислить их стабильность, нерастворимость в воде и фотопроводимость. К ведущим производителям и потребителям относятся: Япония, США, Россия и Китай. Есть несколько патентов, в которых авторы предлагают в катализаторах для нефтесинтеза, в батареях для аккумуляторов, при производстве алмазов искусственного происхождения (при использовании фуллеренов выход алмазов равен 30%) использовать фуллерены. Из-за своих уникальных качеств: высокие показатели прочности, ударной вязкости, теплопроводности, фуллерены можно использовать в качестве составляющих в строительных материалах, для совершенствования эксплуатационных свойств [8-10].

На сегодняшний день ученые со всего мира активно исследуют влияние наноматериалов на живой организм, но количество работ имеющих отношения к растениям небольшой. Вследствие этого высока актуальность в

проведении научных исследований влияния и воздействия наноматериалов на активность динамики роста, развития растений и энергии прорастания зерна кукурузы.

Материалы и методика исследований

В качестве исследуемого углеродного наноматериала были выбраны углеродные наноматериалы после сжигания графита в инертном газе: исходная фуллереновая сажа; углеродные нанотрубки, содержащиеся в отработанном депозитном материале. В Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа КазНУ им. аль-Фараби (ННЛОТ) реализуется ряд научно-прикладных проектов, приуроченных кобщей тематике: разработке технологий синтеза углеродных наноструктурированных материалов (УНМ). Для изучения воздействия углеродных наноматериалов на зерна кукурузы, использовались раннеспелые гибриды кукурузы Молдавский-215 СВ, среднеспелые ЗПСК-539 и позднеспелые гибридов кукурузы ЗПСК-704.

Данные исследуемые образцы собраны в элитно-семеноводческом предприятии ТОО «Будан», расположенного в с. Балтабай Енбекшиказахского района Алматинской области. На рисунке 1 приведены снимки отбор проб семян зерна кукурузы для лабораторных исследований.



Рис. 1 – Сбор и отбор образцов семян кукурузы

Во время проведения эксперимента были изучены первичные показатели качества зерна кукурузы, стандартные нормы и требования, предъявляемые при заготовке и первичной обработке зерна кукурузы. В лабораторных условиях изучены и определены физические показатели початков гибридов кукурузы различных групп созревания, выращенных на юге Казахстана (табл. 1-2).

Кукуруза – раздельнополюе, но однодомное, перекрестноопыляющееся растение. У него бывает два соцветия: метелка на верхушке главного стебля и боковых его разветвлений, состоящая из мужских цветков и початков в пазухах листьев, состоящих из женских цветков.

Початки имеют различную величину и форму, чаще цилиндрическую или слабоконусовидную. Початки покрыты оберткой из нескольких слоев видоизмененных листьев кукурузы. Початок состоит из стержня, покрытого вертикальными рядами небольших ячеек. В них попарно располагаются колоски с женскими цветками, поэтому число рядов зерен в початке всегда четное. Женские колоски двухцветные, но развивается обычно только один плодущий цветок. Стержень початка заполнен мягкой сердцевиной, наружные клетки его одревесневшие.

В початке может находиться от 300 до 1000 зерен. При полной спелости початка в сыром виде на долю обертки приходится около 20%, стержня – около 20 и зерна – около 60%. При подсыхании доля обертки снижается до 10%.

Масса стержня в зависимости от сорта и условий выращивания составляет 15...25%, а зерна – 75...85% массы всего початка.

Согласно таблице 1, у раннеспелого гибрида Молдавская-215 СВ геометрические показатели початков наименьшие по сравнению со среднеспелым ЗП-539 и позднеспелыми ЗП-704. Длина початков у Молдавского-215 составила 160-180 мм, диаметр в средней части початка составил в среднем 35 мм, в нижней части – 40 мм, в верхней – 25 мм. Количество рядов зерен в початке составило 12-14, а зерен в одном ряду 35-38. Масса початков составила 150-190 грамм, процентное соотношение зерна и стержня 80,5:19,5.

С увеличением длины, диаметра початков увеличивается количество зерен в нем, масса и весовое соотношение зерна и стержня.

Особенно следует отметить значительные различия в физических свойствах при сравнении раннеспелого и позднеспелого гибридов: по длине початков на 65-70 мм, по толщине, т.е. по диаметру на 20-22 мм, что дало увеличение количества рядов на 6 и массы на 130-150 грамм с каждого початка у ЗП-704 (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-технологическая характеристика початков кукурузы 2019-2020 года урожая

Группа созревания, гибриды	Длина, мм	Средний диаметр, мм средняя часть Нижняя- верхняя	Количество рядов, шт.	Количество зерен в ряду, шт.	Масса початков, г	Среднее соотношение зерна и стержня, %
Раннеспелый Молдавский 215СВ	160-180	<u>35</u> 40-25	12-14	35-28	150-190	80,5:19,5
Среднеспелый ЗП-539	170-230	<u>48</u> 51-40	16-18	38-42	210-270	82,8:17,2
Позднеспелый ЗП-704	225-250	<u>58</u> 61-46	18-20	43-48	280-340	83,6:16,4

Результаты проведенных измерений линейных размеров зерновок кукурузы различных гибридов свидетельствуют, что наиболее крупные зерна

находятся в нижней части, мелкие в верхней части початка. Размеры зерен и их масса различаются у разных групп созревания. Согласно таблице 2, наиболее «длинными» являются зерна раннеспелого гибрида Молдавский 215СВ, величина которых на всех участках больше, чем у средне и позднеспелых гибридов. По ширине зерна гибриды Молдавский 215СВ и ЗП-539 почти одинаковы во всех частях початков. По толщине значительно отличается нижняя, более крупная часть початка позднеспелого гибрида ЗП-704. Зерна в нижней части гибрида ЗП-704 на 1,0-1,2 мм по толщине больше, чем у других гибридов.

По плотности, объемной массе зерен превосходит гибрид Молдавский 215СВ во всех частях початка. Однако по массе 1000 зерен початки этого гибрида можно характеризовать как более цилиндрической формы, т.к. у него масса зерен выше, в связи с тем, что они более «длиннее» и «шире» в верхней и средней части початка (таблица 2).

Таким образом, основные продуктивные гибриды кукурузы в Казахстане, пользующиеся большим спросом у работников АПК, имеют длину зерен от 7,8 до 13,6 мм, ширину от 6,2 до 9,9 мм, толщину от 4,1 до 7,2 мм.

При проведении экспериментов предложено применить физический способ получения наноматериалов и биологические методы, а именно метод биотестирования. К примеру, с помощью биотестирования можно квалифицировать влияние, наносимое разными веществами на живой организм. Вполне вероятно в качестве тест-систем использовать те растения, которые известны своей чувствительностью к разным веществам и энергии прорастания семян. К примеру, кукуруза, редис, пшеница, кресс-салат и др.

Таблица 2 – Физико-технологические показатели зерен в початках кукурузы различных групп созревания 2019-2020 гг. урожая

Гибрид	Части початков	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Масса 1000 зерен, г	Плотность зерна, г/см ³	Объемная масса, г/л
Молдавский 215СВ (раннеспелый)	Верхняя	10,5-12,0	6,2-7,7	4,1-5,2	240	1,32	780
	Средняя	11,0-12,9	7,8-8,8	4,4-5,6	310	1,29	792
	Нижняя	11,8-13,6	8,0-9,6	4,5-6,0	360	1,23	770
ЗПСК-539 (среднеспелый)	Верхняя	7,8-10,8	6,3-8,4	4,2-5,6	180	1,27	759
	Средняя	9,0-11,8	7,3-8,7	4,8-5,9	230	1,24	780
	Нижняя	10,2-12,3	8,2-9,7	4,9-6,4	290	1,23	740
ЗПСК-704 (позднеспелый)	Верхняя	9,4-11,0	6,4-6,6	4,4-5,2	220	1,29	745
	Средняя	9,5-12,8	6,8-9,0	4,7-6,5	280	1,27	778
	Нижняя	10,5-13,4	8,4-9,9	5,9-7,2	370	1,23	750

Для использования метода биотестирования была применена почва с приусадебного участка. Почва была очищена от корневых примесей и просушена при естественных условиях. Для гранулометрического анализа почва просеивалась через специальные лабораторные сита разного диаметра. Были определены следующие количество частиц почвы разного размера в процентном соотношении: >7 мм – 23%; 5-7 мм – 8%; 3-5 мм – 13%; 1-3 мм – 33%; < 1-23%. По результатам определения механического состава, почва

была определена как средний суглинок. Гигроскопическая влажность почвы была равна 14%.

Было подготовлено 5 образцов почвы:

Образец №1 – контрольная без примесей почва.

Образцы № 2, 3, 4 – почва с добавлением фуллереновой сажи в количестве 0,5 г; 1 г; 1,5 г. на 50 г почвы.

Образец № 5– почва с мелко раздробленным депозитом после сжигания стержней графита в соотношении 0,5 грамм на 50 г почвы.

В итоге с трехкратным повторением вышло 15 проб. Далее в каждую пробу были посажены семена позднеспелых гибридов кукурузы ЗПСК-704.

В лабораторном помещении температура была равна 18-22°C. В специальном рабочем журнале делались заметки по мере появления ростков и их прорастания. Длительность опытов составила 4 недели. На протяжении всего эксперимента исследуемая почва время от времени поливалась водопроводной водой.

Обсуждение полученных данных и заключение

Результаты замеров длины проростков зерна кукурузы приведены на рисунке 2 и в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментов после воздействие наноматериалов на процесс энергии прорастания зерна кукурузы

Срок наблюдения	Образец				
	Контрольная почва без примесей	Почва с добавлением фуллереновой сажи, см			Почва с мелко раздробленным депозитом (нанотрубки), см
		0,5 г	1,0 г	1,5 г	
	№1	№2	№3	№4	№5
2 недели	12	12	11	14	19
4 недели	15	14	15	15	22

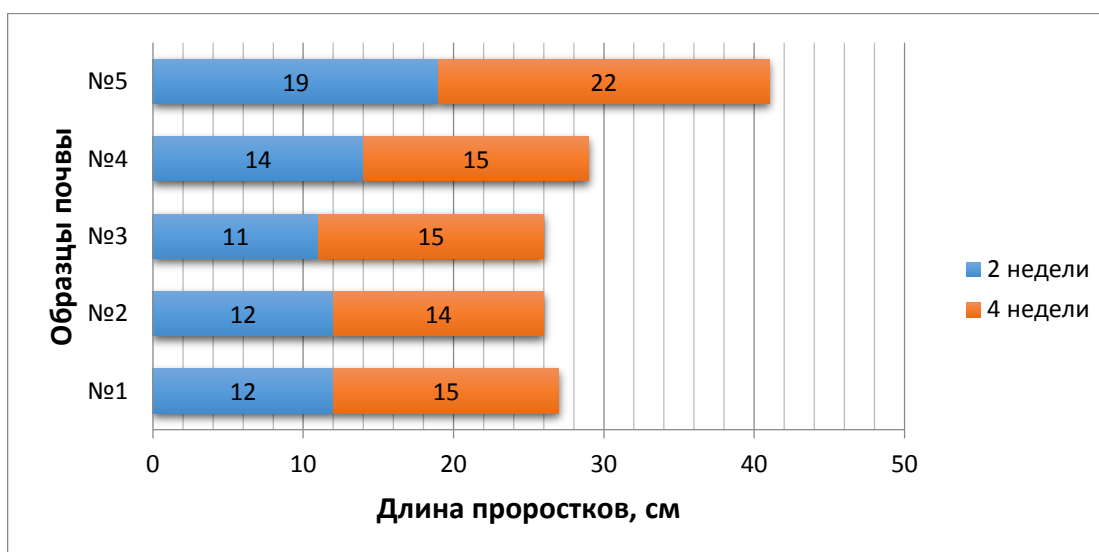


Рис. 2 – Результат эксперимента после воздействия наноматериалов на процесс энергии прорастания зерна кукурузы

По данным таблицы 3 видно, что на второй неделе были зафиксированы проростки, которые были больше 19 см. Образец №5 с добавлением депозита в почву – отличился с самыми высокими значениями длины проростков. Напротив же, у образца №2 с добавлением чистой фуллереновой сажи был отмечен худший показатель.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что углеродные наноматериалы, по своим молекулярным структурным свойствам обладает способностью оказывать воздействие на прирост растения в качестве улучшителя почвы. Как показывают результаты, на почвах с добавлением нанотрубок в течении 2-х недель наблюдается значительный прирост семян кукурузы, по сравнению контрольной почвой без примесей №1. Разница между образцами составляет в среднем 65%. Следовательно, можно сделать вывод, что почва с мелкораздробленным депозитным материалом (нанотрубки) стимулирует всхожесть и энергопрорастание семян зерна гибридов кукурузы. По другим образцам №2, №3, №4 на почвах с добавлением фуллереновой сажи прирост семян по сравнению с контрольным образцом не дал положительных результатов.

Результаты показали, что использование одного вида растения не показывает пока совершенную и беспристрастную картину. Намечается последующее развитие данной направленности в иных вариациях и критериях.

Литература:

1. Кашеваров Н.И., Ильин В.С., Кашеваров Н.Н., Ильин И.В. *Кукуруза в Сибири*. – Новосибирск, 2004. – 400 с.
2. Сыдык Д.А. *Технология возделывания кукурузы на орошаемых землях Казахстана*. – Алматы: Бастау, 2001. – 248 с.
3. *Каталог допущенных к использованию сортов и гибридов сельскохозяйственных культур селекций РГП НПЦ ЗР*. – Алматы, 2004. – 96 с.
4. *Наноглеродная основа высокотехнологичного будущего // Глобальные технологические тренды // Трендделтер*. – 2015. – № 14. – С. 1.
5. Skrzyprac, P., Kadyrov, S., Nurakhmetov, D., Wei, D. *Analysis of dynamic pull-in voltage of a graphene MEMS model// Nonlinear Analysis: Real World Applications*. – 2019. – 45. – P. 581-589. DOI: 10.1016/j.nonrwa.2018.07.025
6. Niyazbekova R., Shansharova L., Konkanov M., Nukeshev S. *Investigation of the properties of composite materials based on cements containing micro-and nanoparticles from red mud//International Journal of Civil Engineering and Technology*. – 2018. – Issue 8. – Volume 9. – P. 715-724.
7. *Маркетинговые исследования рынка фуллеренов*. – Researchchart. – 2009.
8. Стрельченко О.В., Саньков П.Н. *Использование нанотехнологий в строительстве: их виды, перспективы и безопасность применения// VIII Международная студенческая научная конференция. Студенческий научный форум – М., 2016*.
9. Khamitova K.K., Kayurov B.A., Ismailov D.V., Yegemova S.S., Gabdullin M.T., Abdullin Kh.A., Kerimbekov D.S. *The use of fullerenes as a biological active molecule//Int. J. Nanotech*. – 2019. – 16 (1-3). – P. 100-108.

10. *Gabdullin M.T., Ismailov D.V., Sultangazina M., Khamitova K., Ayaganov Zh. Synthesis of carbon nanostructures using arc discharge in the liquid phase//Key Engineering Materials. – 2018. – Vol. 769. – P. 84-89.*

Ғылыми зерттеудің мақсаты өсімдіктер тұқымдарының өскіндеріне көміртекті наноматериалдардың әсерінің сипатын анықтау болды. Жұмыста биологиялық әдістер, атап айтқанда, биотестілеу пайдаланылған. Тест-жүйелері ретінде қазақстандық өндірушінің өсірген жүгерісі пайдаланылды. Құрамында көміртекті наноматериалдары бар бірнеше топырақ үлгілері дайындалды. Зерттеу барысында біз тұқымды тікелей топырақ үлгілеріне енгізу арқылы өсуін қадағаладық. Зерттеу нәтижелері бойынша көміртекті наноматериалдардың өздерінің қасиеттеріне байланысты өсімдіктердің депозиттік материалда процесстен кейін нанотүтіктер түрінде өсуін ынталандыратыны туралы қорытынды жасауға болады. Бұл көміртекті наноматериалдарды қолданудың кең ауқымын түсіндіреді.

Түйін сөздер: көміртекті наноматериалдар, фуллеренді күйе, көміртекті нанотүтікшелер, биотестілеу, топырақ, жүгері тұқымдары, өсімдіктер, өсімдіктердің өсуі, биоиндикатор.

The purpose of the research was to identify the nature of the effect of carbon nanomaterials on seedlings of plants. The work used biological methods, in particular biotesting. The corn produced in Kazakhstan was used as testing material. For this several soil samples containing carbon nanomaterials were prepared. In the experiment, we have monitored the growth of the seeds planted directly to soil samples. According to the results of the study, it became evident that carbon nanomaterials in the form of nanotubes applied to the deposit material, due to their properties, stimulate the growth of plants during the process. This explains the wide range of applications of carbon nanomaterials.

Key words: carbon nanomaterials, fullerene soot, carbon nanotubes, biotesting, soil, corn seeds, growth, plant growth, bioindicator.