

Биотехнология в пищевых, химических производствах и сельском хозяйстве

УДК 631.588.9

Доктор биологических наук Ю.А. Гордеев

(Смоленский государственный университет) кафедра биологии, химии и методики ее преподавания. тел. (4812) 38-01-57

Плазменные нанотехнологии – основа инновационного потенциала земледелия XXI века

В статье показаны результаты экспериментов по предпосевному облучению семян ионизирующим излучением, проводившихся на базе лаборатории биофизики ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА». Доказана эффективность и перспективность внедрения в производство инновационных плазменных агронанотехнологий.

Results of experiments on a preseeding irradiation of seeds by the ionizing radiation spent on the basis of laboratory of biophysics « Smolensk state agricultural academy» are shown. Efficiency and perspectivity of introduction in manufacture of innovative plasma agronanotechnologies is proved.

Ключевые слова: нанотехнологии, семена, плазма, урожай.

Глобальное изменение климата, недостаток природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и многие другие негативные явления наступившего тысячелетия обуславливают необходимость формирования научных основ инновационного потенциала России. Но к глубокому сожалению земледелие остается одной из отраслей с наиболее низкой наукоемкостью, что определяет отставание агропромышленного комплекса в целом.

В начале XXI века - века VI технологического уклада и современных технологий, большие надежды связаны с активно развивающимися био- и нанотехнологиями. Однако это направление при всей своей кажущейся привлекательности опасно непредсказуемыми последствиями [1].

На сегодняшний день известно множество различных способов предпосевной обработки семян для повышения их жизнеспособности. К ним можно отнести предпосевную обработку семян электромагнитными полями, разными видами излучений и другими внешними физическими факторами. Однако ни один из вышеперечисленных методов не дает стабильной прибавки и повышения качества урожая сельскохозяйственных культур, при этом оказывая вредное влияние на обслуживающих аппаратуру людей. Вследствие чего эти технологии не нашли широкого применения в производстве [2].

В настоящее время все большую актуальность приобретает проблема влияния на сложные биологические структуры слабых и сверхслабых физических факторов, действующих на наноуровне. Поэтому в последние годы начали появляться нанотехнологии на основе использования генераторов плазмы. В самом начале плазма использовалась для резки и сварки металлов, затем появились плазменные установки и заводы для сжигания ТБО, проводятся эксперименты с плазмой и на космической орбите, стали привычными хирургические операции плазменными скальпелями, начались эксперименты по облучению потоком плазмы воды.

Одним из перспективных направлений является плазменная предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур, которая начала применяться совсем недавно. Данная технология основана на познании глубинных биофизических и биохимических процессов, она позволяет использовать генетически детерминированные возможности растений противостоять неблагоприятным факторам среды и повышать свою продуктивность [3].

Ведущие ученые Смоленской государственной сельскохозяйственной академии под руководством профессора Анатолия Михайловича Гордеева с 1994 по 2008 годы проводили исследования по применению плазмы в растениеводстве, птицеводстве и ветеринарии. Для

этих целей в 1999 году на базе академии была создана межфакультетская учебно-научная лаборатория биофизики, которая просуществовала 10 лет. Научные достижения в области плазменных методов предпосевного облучения семян, полученные за годы работы лаборатории, впечатляют своим научным потенциалом и могут стать основой инновационного земледелия XXI века [4].

Целью работы являлась разработка биофизически обоснованных агронанотехнологий предпосевного облучения семян сельскохозяйственных культур излучениями низкотемпературной плазмы с целью стимулирования биологических процессов и повышения продуктивности.

Известно, что растительный организм представляет собой сложную многоуровневую систему со своими гомеостатическими механизмами, обеспечивающими устойчивость и функционирование организма в постоянно меняющихся условиях. Как и всякой саморазвивающейся системе, ей присущи *точки бифуркации*, воздействуя на которые в нужное время, можно значительно повысить эффективность ее функционирования, причем толчком к действию может служить слабый или сверхслабый внешний импульс, действующий как раз на наноуровне.

Особенность *агронанотехнологий* заключается в том, что рассматриваемые процессы и совершаемые действия происходят в *нанометровом* диапазоне пространственных размеров. “Сырьем” являются отдельные атомы, молекулы, молекулярные системы, а не привычные в традиционной технологии микронные или макроскопические объемы материала, содержащие, по крайней мере, миллиарды атомов и молекул. В отличие от традиционных технологий, для агронанотехнологий характерен “индивидуальный” подход, при котором внешнее управление достигает отдельных атомов и молекул, что позволяет создавать биологические объекты с принципиально новыми физико-химическими и биологическими свойствами.

Семена – это живые системы, в которых хранится вся информация о растении, а также аккумулирован запас энергии, необходимый для их нормального развития и сохранения жизнеспособности. Но, к сожалению, возможности семян используются только на 30-40 %.

Плазма – частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы.

Плазмотрон (генератор плазмы) – техническое устройство, в котором при протекании электрического тока через разрядный промежуток образуется плазма. При этом происходит частичная ионизация инертного газа и образуется плазма. В зависимости от задач на семена и другие биологические объекты можно воздействовать как непосредственно плазменным факелом, так и с некоторого расстояния, используя комплекс физических факторов, входящих в ее состав: тепло, световая энергия различных длин волн от инфракрасного до ультрафиолетового спектров, ионизированные частицы, озон, электромагнитное поле и т.д.. Каждый из этих факторов, как в отдельности, так и в комплексе обладает высокой биологической активностью.

Плазменные технологии в растениеводстве – технологии плазменной обработки семян перед их посевом, которые дают возможность активизировать все жизненные процессы и более полно использовать потенциал семян сельскохозяйственных культур [3].

В основном все вегетационные опыты проводились в лаборатории биофизики «Смоленской ГСХА», полевые – на опытных участках учхоза «Смоленский», производственные – на полях хозяйств Смоленской области.

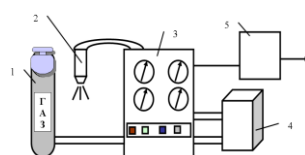
Опыты сопровождалось: анализами почвенных и растительных образцов; фенологическими наблюдениями за развитием культур, контролем за сорной растительностью, вредителями и болезнями; биоэнергетической оценкой изучаемых приемов и т.д.

Статистическая обработка экспериментальных данных была проведена параметрическими и непараметрическими методами с использованием дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов.

Результаты ранних исследований получали, используя промышленные плазмтроны, изготовленные для проведения сварочных работ и резки металла: Мультиплаз-2500М, Плазар-АПО22, работающие на парах воды. Они, естественно, не отвечали потребностям сельскохозяйственной биологии. Поэтому были созданы сельскохозяйственные плазмтроны, работающие на инертном газе гелии: лабораторные СУПР-М и СУПР-К; стационарный комплекс АБФ-1 и мобильный комплекс «АгроПлазма-М», обеспечивающие предпосевную обработку семян плазмой с производительностью до 2 тонн в час (рисунок 1).



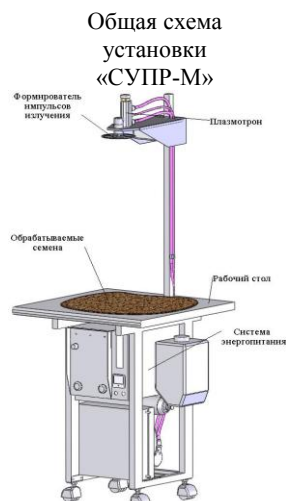
Лабораторный плазмотрон «СУПР-М»



- 1 – баллон с газом (гелий);
- 2 – излучатель плазмы;
- 3 – блок управления;
- 4 – система охлаждения;
- 5 – дуговой выпрямитель.



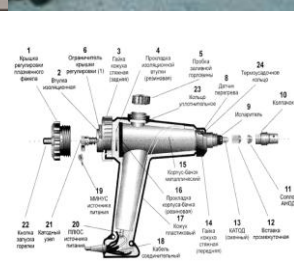
Лабораторный плазмотрон «СУПР-К»



Общая схема установки «СУПР-К»



Переносной плазмотрон «Мультиплаз 2500» работающий на парах воды



Переносной плазмотрон «Плазар-АПО22» работающий на парах воды

При проведении лабораторных и полевых опытов главные усилия были сосредоточены на совершенствовании технологических процессов применения плазмы в растениеводстве. Для этих целей было разработано, изготовлено и установлено на плазменных генераторах специальное устройство – обтюратор и изучена эффективность сверхкоротких импульсов. Так же были изучены важнейшие параметры плазменных установок - сила тока, возбуждающего плазменную дугу, участки спектра плазмы, расстояние от сопла плазмоторона до семян, длительность хранения семян после облучения до посева и другое.

На практике была доказана возможность внедрения плазменных технологий в современное сельскохозяйственное производство (таблица 1, рисунок 2).

Т а б л и ц а 1

Эффективность предпосевной обработки семян с/х культур излучениями плазмы

Культура, вид продукции, год	Варианты	Урожайность, ц/га
1	2	3
1994-1998 годы ячмень (зерно)	контроль плазма	20,2 39,2
1997-1999 годы амарант: зел. масса	контроль плазма	131,2 196,3
1997-1998 годы картофель	контроль плазма	212,8 254,4
1998-2000 годы клевер (сух. вещ.)	контроль плазма	117,2 134,0
2000 год ячмень (зерно)	контроль плазма	12,2 17,8
2000 год оз. пшеница (зерно)	контроль плазма	22,1 27,6
2001 год яр. пшеница (зерно)	контроль плазма	18,2 28,4
2001 год картофель	контроль плазма	98,2 149,7
2002 год соя (сорт Щара)	контроль плазма	10,4 14,6
2002 год лен (семена)	контроль плазма	0,28 5,1
2002 год яр. пшеница	контроль плазма	23,3 39,2
2002 год оз. рожь	контроль плазма	27,1 39,5
2002 год картофель на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$	контроль плазма	106,3 186,6
2003 год оз. рожь	контроль плазма	25,5 46,0
2003 год овес	контроль плазма	34,0 42,4

Рисунок 1. Модификации плазмоторонов сельскохозяйственного назначения

Продолжение таблицы 1

1	2	3
2003 год	контроль	10,0
ячмень	плазма	12,3
2004 год	контроль	51,7
яр. пшеница	плазма	55,1
2004 год	контроль	13,47
лен (соломка)	плазма	16,98
2005 год	контроль	4,7 кг/м ³
огурцы защ. грунта	плазма	7,7 кг/м ³
2005 год	контроль	4,4 кг/м ³
томаты защ. грунта	плазма	7,7 кг/м ³
2003-2005 годы	контроль	617
клевер луговой	плазма	652
2004-2006 годы	контроль	239
козлятник восточ.	плазма	332



Амарант: слева – плазма, справа - контроль



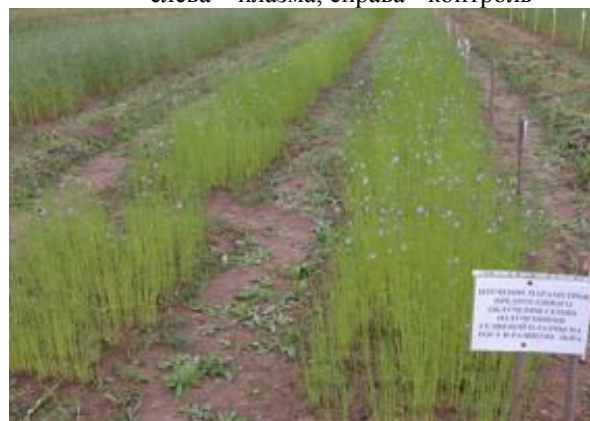
Яровая пшеница:
слева – плазма, справа - контроль



Огурцы:
слева – плазма, справа - контроль



Кориандр:
слева – плазма, справа - контроль



Лен: слева – контроль, справа - плазма



Озимая пшеница
слева – плазма, справа - контроль



Кукуруза:
слева – плазма, справа - контроль
Рисунок 2. Примеры эффективности облучения
плазмой различных культур

Например, урожайность зерна ячменя на варианте с обработанными плазмой семенами составила 38,5 ц/га, а на контрольном, где семена не обрабатывали плазмой, но агротехнический фон такой же - 23,4 ц/га или на 64,5 % меньше. При этом значительно уменьшалась засоренность посевов сорной растительностью. Такую же прибавку этой культуры в изучаемых природно-хозяйственных условиях дает внесение в почву 8 ц/га минеральных удобрений.

Урожайность зеленой массы амаранта на контрольном варианте составила 301,5 ц/га, на варианте с обработкой семян плазмой (на том же агрофоне) - 461,2 ц/га или на 53 % больше.

Одновременно в урожае ячменя и амаранта при обработке их семян гелиевой плазмой произошли существенные качественные изменения - увеличилось содержание белка и калия, что свидетельствует о повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Опыт с картофелем так же показал положительные результаты. Урожайность клубней на контрольном варианте 212,8 ц/га, на варианте с предпосевной обработкой клубней плазмой - 254,4 ц/га, что на 20 % больше. Поражение фитофторозом в первом случае составило 70 %, во втором - 2 %, что позволяет резко сократить применение пестицидов.

Что касается возделывания в полевых условиях многолетних трав, специфика которых состоит в том, что урожай они начинают формировать на второй год жизни, то прибавка урожая сена клевера, например, в среднем за 3 года составляла 5-7 % при существенном повышении содержания в нем белка.

Весьма перспективно, как показали исследования, применение плазменных технологий в овощеводстве. В производственных условиях СПК «Козинский тепличный комбинат» при испытании в закрытом грунте получена прибавка урожая огурца и томата 24-27 %. Хорошо отзываются на данный прием и зеленные культуры - укроп, петрушка, кориандр, листовая салат.

Эффективность использования низкотемпературной плазмы доказана не только в лабораторных, но и в производственных условиях. Широкая производственная проверка новой технологии была проведена в хозяйствах Смоленской и Ростовской областей и на полях Краснодарского края.

В заключении можно сделать следующие выводы:

1. Результаты многолетних экспериментов подтверждают высокую эффективность импульсного предпосевного облучения семян сельскохозяйственных культур потоком ионизирующего излучения низкотемпературной гелиевой плазмы.

2. Излучения плазмы активно действуют на первичные процессы прорастания семян: повышается активность каталазы и других ферментов, возрастает энергия прорастания; активнее развивается корневая система, особенно на первых этапах онтогенеза.

3. Предпосевная обработка семян излучениями гелиевой плазмы повышает урожайность ячменя, яровой пшеницы и озимой ржи различных сортов - в 1,3-1,6; овса, картофеля, гречихи, сои, зеленой массы и семян клевера - в 1,2-1,5; льна - в 1,5-1,7; зеленных и овощных культур - в 1,4-1,8 раза.

3. Применение данной технологии повышает устойчивость сельскохозяйственных культур против болезней и неблагоприятных факторов окружающей среды, способствует угнетению сорняков, улучшает качество товарной продукции, снижает количество нитратов в урожае овощных культур.

4. Разработанные приемы и технологии значительно превосходят эффективность известных физических способов стимулирования развития культурных растений, отличаются экономичностью и имеют важную экологическую значимость за счет существенного снижения доз агрохимикатов.

5. Усовершенствована конструкция плазмотронов, разработаны и изготовлены экспериментальные лабораторные установки СУПР-М и СУПР-К, создан мобильный комплекс АгроПлаза-М.

В перспективе в мире рост производства продуктов питания и другой сельскохозяйственной продукции будет определяться, прежде всего, уровнем разработки и применения новейших нанотехнологий.

В связи со всем вышеизложенным следует сказать, что в дальнейшем потребуются сосредоточение усилий лучших научных коллективов на изучении теории ответа биологических систем на воздействие внешних физических факторов, механизма их стимулирования, разработке эффективных биофизически обоснованных агроанотехнологий в земледелии.

Именно поэтому, исходя из приведенных результатов исследований и накопленного экспериментального материала по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур излучениями низкотемпературной гелиевой плазмы, можно предложить эти инновационные методы для широкого внедрения в производство при возделывании сельскохозяйственных культур по инновационным технологиям. Это позволит получить более высокий и качественный урожай при минимальных затратах на предпосевное облучение посевного материала, что крайне важно в нынешних эко-

номических условиях. Так, для предпосевной обработки семян можно применять недорогие устройства. Один стационарный генератор плазмы может окупиться прибавкой урожая зерна ячменя, например, при посеве на площади 30-40 гектаров за один год.

Применение предпосевого облучения семян улучшит и экологическую обстановку за счет снижения химической нагрузки на полях, так как этот метод позволяет получать урожай высокого качества при применении минимальных доз минеральных удобрений, гербицидов и пестицидов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лепски, В.Е., Малинецкий Г.Г. и др. Методологические аспекты инновационного развития России // Экономические стратегии. 2010. № 7-8.
- 2 Гордеев А.М. Биофизические основы эколого-адаптивного земледелия (Введение в агробиофизику): монография. Смоленск: «Смядынь», 1999. 316 с.
- 3 Гордеев Ю.А. Стимулирование биологических процессов в семенах растений излучениями низкотемпературной плазмы]: монография. Смоленск: «Универсум», 2008. 196 с.
- 4 Гордеев Ю.А. Научные аспекты плазменных технологий в АПК // Сб. мат. межд. науч. конф. «Активизация роли молодых ученых – путь к формированию инновационного потенциала АПК», посвященной 70-летию профессора, заслуженного деятеля науки РФ Гордеева А.М. Смоленск: Изд-во ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2009. С. 11-19.

REFERENCES

- 1 Lepskii V.E., Malinetskii G.G. et al. Methodological aspects of innovative development of Russia // Economic strategies. 2010. № 7-8.
- 2 Gordeev A.M. Biophysical fundamentals of environmental-adaptive farming (Introduction into aerobiology). Smolensk: "Smyadyn", 1999. 316 p.
- 3 Gordeev Yu.A. Stimulating of biological processes in seeds of plants radiations by low-temperature plasma. Smolensk: "Universe", 2008. 196 p.
- 4 Gordeev Yu.A. Scientific aspects of plasma technologies in agriculture // Proceedings of conference "Promoting the role of young scientists is the way to the formation of innovative potential of the agricultural sector", dedicated to the 70-th anniversary of Professor, honored worker of science of the Russian Federation A.M. Gordeev. - Smolensk: Publishing house of "Smolensk state Academy", 2009. P. 11-19.