

5. Числов, Н.М. Управление процессом прорастания семян огурца и томатов монохроматическим красным светом / Н.М. Числов, В.П. Кукушкин // Тез. Всес. науч. конф. – Киров, 1989. – С. 49-50.

6. Шахов, А.А. Фотостимулирующее и фотомутагенное действие лазерного света / А.А. Шахов [и др.] – М.: Колос, 1972. – С. 45-50.

7. Borthwick, H.A. Nat. Acad. Sci. USA. / H.A. Borthwick, S.B. Hendricks, M.W. – Parker et. al, 1952.- № 8. – P. 662-666.

8. Nakayima, M. Cytogenetic effects of argon laser radiation / M. Nakayima //1. American Med. Assoc, 1964. – №11. – Vol. 187 – P. 842-847.

WORKING OUT OF THE EXPRESS METHOD OF ESTIMATION OF INFLUENCE OF RADIATIONS OF PLASMA ON SEEDS BY MEANS OF GAUGES O₂ AND CO₂

A.R. Tsyganov, U.A. Gordeev, O.V. Poddubnaya, I.V. Kovaleva

Summary

The express method of an estimation of influence of radiations of plasma on seeds is based on measurement oxidation-reduction processes of breath of the seeds irradiated with plasma. The developed device by means of gauges with sufficient accuracy defines the maintenance of oxygen and carbonic gas in small volumes of air.

Поступила 10 августа 2009 г.

УДК 631.588.9

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЬНА

А.Р. Цыганов, Ю.А. Гордеев, О.В. Поддубная,
И.В. Ковалева, О.А. Поддубный

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Исконно русской сельскохозяйственной культурой считается лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). Основная ценность льна заключается в уникальных свойствах волокна, из которого изготавливают широкий ассортимент бытовых и технических тканей: от батиста и кружев до брезента. В России объем производства льноволокна в настоящее время не удовлетворяет потребности отечественной легкой промышленности, в среднем за 2005-2008 гг. он составил 50,9 тыс. т, при 152 тыс. т за 1981-1985 годы. Это связано с сокращением посевных площадей льна-долгунца (с 550 тыс. га в 1985 г. до 79,9 тыс. га в 2008 г.). Одновременно с уменьшением объема производства продолжает снижаться качество льноволокна: средний номер составляет 10,2 при 12,1 в 1933 году. Поэтому одной из нерешенных проблем в льноводстве является получение высоко-

качественной тресты и самого волокна [6]. Смоленская область издревле славилась своим льном, поэтому в последнее время в области начинает возрождаться интерес к этой технически ценной культуре. Климатические и почвенные условия благоприятны для возделывания культуры в нашей области, но ее возделывание при этом очень сложно, так как лен предъявляет повышенные требования к агротехнике [3].

Ведущая роль в возрождении отрасли наряду с экономическими и техническими факторами принадлежит селекции, способной сочетать в одном сорте высокую потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость. Потенциальная урожайность волокна новых сортов льна-долгунца 20-25 ц/га и более, семян – 8-13 ц/га. В арсенале у селекционеров имеются селекционные линии с содержанием волокна 40% и более. Все сорта льна-долгунца, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, устойчивы к ржавчине, 19 сортов устойчивы к фузариозному увяданию [6].

Обостряющаяся необходимость рационального использования природных ресурсов и возрастающая потребность в качественных продуктах питания ускоряют поиск новых технологических подходов к производству биопродукции. Создание таких технологий связывают с применением физических факторов, которые оказывают большое влияние на рост и развитие культурных растений. Перспективным направлением стимуляции увеличения продуктивности растений является предпосевная активизация семян оптическим излучением. В основе биостимулирующего действия излучения на семена лежит структурно-функциональная перестройка мембранных образований и внутриклеточных органелл. В результате изменяется уровень окисления липидов, рН, активность АТФ, что ведёт к усилению биоэнергетических и биосинтетических процессов. Под влиянием излучения в биологических системах становится иной функциональная активность клеток. Это обусловлено изменением колебательных и конформационных состояний макромолекул. Отсюда следует, что семена после обработки имеют большой биоэнергетический потенциал, в них происходят структурно-функциональные перестройки мембранных образований и макромолекул. В результате в растениях возникает широкий спектр физиологических изменений, вызванных фотоактивацией. Авторы фоторезонансной теории предполагают, что излучение индуцирует свободные радикалы, изменяет проницаемость биомембран, что приводит к стимуляции начальных ростовых процессов [1],[4],[7].

К настоящему времени разработано большое количество разнообразных облучательных установок и методов. Однако широкого распространения они не получили, хотя по сравнению с химическими способами предпосевной обработки, оптическая обработка более технологична, экологически безопасна и на порядок дешевле. Одной из причин недостаточного использования оптической активизации является то, что уже имеющиеся методы обработки семян излучением не дают стабильно высоких результатов. Это вызвано тем, что в действующих методиках предпосевной обработки не оптимизированы качественные и количественные характеристики излучения. В большинстве способов источник излучения используется без изменения его спектра и учёта оптических свойств семян [5].

Кроме стандартных разрядных ламп, употребляются плазмотроны и плазменные облучательные установки. Так, применение воздушно-плазменной установки, по информации её разработчиков, повышает урожайность на 15-20%, приводит к большему накоплению в листьях и плодах овощных и кормовых культур аскорбиновой кислоты, белков, сахаров, органических кислот и др. Другой

способ обработки семян – использование плазмы инертных газов, генерируемой электродуговыми плазмотронами. Применение излучения гелиевой плазмы увеличивает урожайность сельскохозяйственных растений в 1,2-1,7 раза в зависимости от способа обработки и культуры. Также использование гелиевой плазмы улучшает качество выращенной продукции, повышает устойчивость растений к болезням. Для семян древесных растений предпосевная обработка излучением гелиевой плазмы увеличивает показатели прорастания на 20-49% [7].

При использовании лазерного излучения семена сельскохозяйственных культур прорастают более активно под воздействием света с различными длинами волн. Применение гелий-неонового лазера ($\lambda=632,8$ нм) увеличивает урожайность пшеницы на 9,5%, льна – на 8,5%. Использование кадмий-гелиевого лазера ($\lambda=441,6$ нм) положительно сказывается на содержании пигментов в листьях растений, повышает активность каталазы и пероксидазы. Кроме того, снижается поражённость растений патогенной флорой [2],[8],[9].

МЕТОДИКА, ОБЪЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Семена льна слабо реагируют на их предпосевное облучение плазмой, вероятно, это связано с более плотной внешней оболочкой семян по сравнению с другими культурами, облучение семян которых перед посевом позволяет повышать урожаи в 1,5-2 раза. Ниже приведены данные многолетних исследований. Для проведения всех экспериментов брался наиболее распространенный сорт льна, возделываемый в Смоленской области, – «Союз»[1], [3].

Целью исследования является обоснование основных технико-технологических параметров предпосевной обработки семян гелиевой плазмой и оценка эффективности агротехнологического приема.

Объектом исследования являются семена льна, как биологические приёмники облучения гелиевой плазмой, обрабатываемые с целью повышения их продуктивности.

Предметом исследования являются режимы предпосевного облучения и результат их воздействия на семена, а также и интенсивность роста растений льна.

Агрохимические показатели почвы как для лабораторных, так и полевых опытов, были одинаковыми. Почва бралась с одного участка опытного поля (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимический анализ почвы

Глубина взятия образца, см	в среднем за 2000-2004 гг.			
	pH _{KCl}	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
0-20	6,6	1,9	124	95
20-40	6,4	1,7	109	61

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что реакция почвенного раствора нейтральная как в пахотном, так и подпахотном слое. По обеспеченности подвижными формами фосфора почва относится к 4 классу (повышенная обеспеченность), по содержанию калия почву можно отнести к 3 классу, т.е. обеспеченность средняя. Содержание гумуса за этот промежуток времени мало изме-

нилось. Можно отметить, что агрохимические показатели почвы опытного участка обладают благоприятными параметрами для роста и развития льна [3].

Полевые опыты закладывались на опытном поле Смоленской государственной сельскохозяйственной академии в 4-6 кратной повторности с учетной площадью от 4 до 16 м² на дерново-подзолистой средне-окультуренной почве. Семена, обработанные излучениями плазмы, высевались на фоне различных доз удобрений и навоза [3].

Обработка посадочного материала производилась на установках СУПР-М, СУПР-К. Параметры облучения во все годы экспериментов были различными и зависели от модификации установок и целей экспериментов. Параметры облучения отличались только расстоянием от сопла плазмотрона и экспозицией остальные оставались примерно следующими: сила тока – 60 или 120 А; напряжение – 20-22 В; рабочий газ гелий его расход в пределах 1-2 л/мин [2], [5].

Для того, чтобы повысить эффективность предпосевного облучения плазмой семян льна и повысить проницаемость оболочки семян, были проведены следующие эксперименты.

Эксперимент № 1. (2000 г.) лабораторный опыт.

Была проведена предпосевная обработка семян льна как плазмой, так и ионами меди. Расстояние от сопла плазмотрона СУПР-М – 40 см, экспозиция – 60 и 180 сек, 1 доза меди – 1 мл раствора ионов меди на 100 г семян, 2 дозы меди – 2 мл раствора ионов меди на 100 г семян (табл. 2).

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян гелиевой плазмой и ионами меди на интенсивность роста растений льна в динамике

Вариант	10.04.2000	13.04.2000	19.04.2000	24.04.2000
Контроль	3,9	6,3	6,6	7,8
Медь 1 доза	1,6	4,1	5,0	7,0
Медь 2 дозы	3,2	5,3	5,3	5,9
Плазма, 60 сек	2,7	5,5	5,8	7,7
Плазма, 180 сек	2,8	5,7	5,8	6,9
Медь 2 дозы + плазма 180 сек	1,4	3,7	5,3	7,3
Плазма 180 сек + медь 2 дозы	2,6	4,8	6,2	7,8

В данном случае нам не удалось в полной мере воздействовать на семена льна. Так, почти во всех вариантах опыта длина проростков льна была ниже контроля, и лишь облучение плазмой в течение 60 сек и совместное действие плазмы в течение 180 сек и 2 дозами меди были примерно равны контролю.

Эксперимент № 2. (2002 г.) полевой опыт.

Была проведена предпосевная обработка семян льна как плазмой, так и совместным действием плазмы плазмотрона СУПР-М и электрического поля. Сила тока – 110 А, напряжение – 22 В, расход газа – 0,9 л/мин. Данные таблицы 3 позволяют говорить о высокой эффективности плазменной обработки семян льна. Все опытные варианты способствовали увеличению высоты и густоты стояния растений льна.

Таблица 3

Высота и густота растений льна

Вариант опыта	Высота, см	Густота стояния растений, шт./м ²
Контроль – без обработки	57,97	36,6
Плазма 5 см 10 сек	57,80	150,9
Плазма 5 см 20 сек	62,23	480,8
Плазма 5 см 40 сек	58,17	98,6
Плазма 60 см 10 сек	57,95	126,2
Плазма 60 см 20 сек	60,37	430,7
Плазма 60 см 40 сек	65,30	186,5
Плазма + электрическое поле 60 см 10 сек	69,80	550,0
Плазма + электрическое поле 60 см 20 сек	63,70	136,7
Плазма + электрическое поле 60 см 40 сек	65,03	71,0

Особо следует отметить варианты с применением электрического поля, где высота растений и густота оказались максимальными. Так, если на контрольном фоне высота составляла 57,97 см, а густота – 36,6 шт./м², то в варианте с обработкой плазмой в течение 10 сек с расстояния 60 см с применением электрического поля – 69,8 см и 550 шт./м² соответственно.

Эксперимент № 3. (2003 г.) лабораторный опыт

Изучалось влияние предпосевной обработки семян льна гелиевой плазмой новой конструкцией плазмотрона СУПР-К на длину проростков льна, но параметры облучения оставались примерно теми же (табл. 4, кроме силы тока и нового параметра, такого, как импульсное (прерывистое) облучение.

Таблица 4

Влияние предпосевного облучения семян плазмой плазмотрона СУПР-К на длину проростков льна

Вариант	Длина проростков, см
Контроль	10,89
Плазма 40 см, 60 А, 40 сек (постоянно)	11,44
Плазма 40 см, 60 А, 10 сек (импульсно)	11,31
Плазма 40 см, 60 А, 0,01 (импульсно)	11,50
Плазма 40 см, 120 А, 40 сек (постоянно)	11,62
Плазма 40 см, 120 А, 10 сек (импульсно)	12,82
Плазма 40 см, 120 А, 0,01 (импульсно)	11,17
Плазма 80 см, 60 А, 40 сек (постоянно)	12,65
Плазма 80 см, 60 А, 10 сек (импульсно)	12,61
Плазма 80 см, 60 А, 0,01 (импульсно)	14,45
Плазма 80 см, 120 А, 40 сек (постоянно)	12,16
Плазма 80 см, 120 А, 10 сек (импульсно)	10,44
Плазма 80 см, 120 А, 0,01 (импульсно)	12,36

По результатам этого эксперимента, представленного в таблице 4, можно судить об эффективности предпосевного облучения плазмотроном новой конструкции и импульсного облучения, сила тока и расстояние не оказали существенного влияния на высоту проростков льна. А самым лучшим оказался вариант с импульсным облучением в течении 0,01 сек с расстояния 80 см и силой тока 60 А, где высота составила 14,45 см по сравнению с контролем – 10,89 см.

Эксперимент № 4. (2004 г.) лабораторный опыт

Предпосевное облучение семян льна плазмотроном СУПР-К с минимально возможным расстоянием. Параметры проведения опыта следующие: сила тока – 77 А, напряжение – 22 В, экспозиция- 0,01 сек импульсно. Результаты проведенного эксперимента (табл. 5) также показывают преимущество предпосевного облучения семян плазмой, но в определенных режимах. Так, облучение с дальних расстояний в 85-20 см не дало положительных результатов, высота проростков льна ниже контроля.

Таблица 5

Влияние предпосевной обработки семян льна потоком гелиевой плазмы с различного расстояния от сопла плазмотрона на длину проростков и всхожесть

Вариант	Облученность, мВт/м ²	Длина, см	Всхожесть, %
Контроль	-	10,77	85
Плазма, 10 см	164	12,54	83
Плазма, 15 см	73	11,58	85
Плазма, 20 см	67	10,49	80
Плазма, 70 см	21,5	10,20	85
Плазма, 85 см	16,5	10,73	83

Но чем ближе сопло плазмотрона к облучаемым семенам, тем выше эффективность предпосевного облучения. Так, длина проростков при облучении с расстояния в 15 см составила 11,58 см, с 10 см – 12, 54 см по сравнению с контролем, где длина проростков льна составила всего 10,77 см.

Эксперимент № 5. (2004 год) полевой опыт

В полевом опыте этого же года мы продолжили изучение влияния предпосевного облучения семян на рост и развитие льна. При этом изучались максимальные и минимальные расстояния до сопла плазмотрона новой конструкции, а также постоянное и импульсное облучение (табл. 6).

Результаты полевых исследований несколько отличаются от лабораторных. В данном случае не так явно прослеживается зависимость высоты (длины) растений (проростков) льна в зависимости от расстояния сопла плазмотрона до семян льна.

Данные табл. 6 позволяют говорить об эффективности плазменной обработки семян льна. По сравнению с контрольным, можно выделить два варианта: обработка плазмой на расстоянии 10 см и на расстоянии 20 см при экспозиции воздействия 1 сек импульсно. В этих вариантах высота растений льна в фазе ранней желтой спелости увеличилась на 11,5% и 12,8% соответственно.

Таблица 6

**Влияние предпосевной обработки семян излучениями
гелиевой плазмы на высоту растений льна(см)**

Варианты	Высота растений в фазу			
	ёлочки	бутонизации	цветения	ранней желтой спелости
Контроль – без обработки	6	62	70	78
Плазма 10 см, 40 сек постоянно *	8	66	77	84
Плазма 10 см, 1 сек импульсно	8	68	79	87
Плазма 20 см, 40 сек постоянно	7	67	77	87
Плазма 20 см, 1 сек импульсно	9	69	78	88
Плазма 70 см, 40 сек постоянно	8	66	75	86
Плазма 70 см, 1 сек импульсно	7	65	73	84
Плазма 90 см, 40 сек постоянно	7	66	75	84
Плазма 90 см, 1 сек импульсно	6	63	71	79

Все рассмотренные эксперименты касались важного, но не единственного изучаемого параметра растений льна, такого, как высота растений. По результатам полевых опытов, проведенных на опытном поле в 2002, 2004 годах, получены и другие данные (табл. 7, 8).

В результате анализа табл. 7 можно сделать следующие выводы. Густота стояния растений льна очень сильно зависит от вариантов опыта. Она намного выше, чем на контроле, и это прослеживается из года в год. Структурный анализ растений льна показал, что предпосевное облучение семян льна как постоянной, так и импульсной плазмой благотворно сказывается на структуре урожая льна. Урожай как семян льна, так и соломы, в вариантах опыта тоже выше контроля.

Таблица 7

**Густота стояния и структурный анализ растений льна
в зависимости от вариантов облучения плазмой, 2002, 2004 гг.**

Вариант	Густота стояния растений, шт./м ²	Кол-во коробочек на 1 растении, шт.	Кол-во семян с 1 растения, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса соломы с 1 растения, г
2002 г.					
Контроль	36,6	4,03	18,53	0,077	0,66
Плазма, 5 см, 10 сек (постоянно)	480,8	4,33	21,70	0,087	0,24
Плазма, 60 см, 20 сек (постоянно)	430,7	5,53	28,83	0,150	0,34
2004 г.					
Контроль	102,1	3,85	19,50	0,079	0,23
Плазма, 10 см, 0,01 сек (импульсно)	166,5	7,05	36,13	0,161	0,24
Плазма, 20 см, 0,01 сек (импульсно)	150,1	6,49	33,00	0,145	0,27

**Урожайность льна в зависимости от вариантов
облучения плазмой, 2002, 2004 гг.**

Вариант	Семена		Соломка	
	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю
2002 г.				
Контроль	0,28	-	2,42	-
Плазма, 5 см, 10 сек (постоянно)	3,75	+ 3,47	11,54	9,12
Плазма, 60 см, 20 сек (постоянно)	6,46	+ 6,18	14,64	12,22
2004 г.				
Контроль	8,06	-	23,47	-
Плазма, 10 см, 0,01 сек (импульсно)	26,82	+ 18,76	16,71	16,71
Плазма, 20 см, 0,01 сек (импульсно)	21,76	+ 13,70	17,25	17,25

ВЫВОДЫ

При проведении лабораторных и полевых опытов главные усилия были сосредоточены на совершенствовании технологических процессов применения плазмы в растениеводстве.

В результате комплексного изучения основных технологических параметров предпосевной обработки семян льна гелиевой плазмой получены эффективные режимы воздействия данного приема на интенсивность роста и развитие растений льна.

Хорошие результаты получены также при уточнении таких важных параметров плазменных технологий, как сила тока, возбуждающего плазменную дугу, и расстояние от сопла плазмотрона до семян.

Самым лучшим оказался вариант с импульсным облучением в течении 0,01 сек с расстояния 80 см и силой тока 60 А, где высота проростков льна составила 14,45 см по сравнению с контролем – 10,89 см.

Наиболее эффективное влияние предпосевого облучения семян гелиевой плазмой на высоту растений льна в фазу ранней желтой спелости показали варианты с расстоянием 20 см, временем облучения 0,01 сек (импульсно) – 88 см и вариант с параметрами 20 см, 40 сек (постоянно) – 87 см, по сравнению с контролем (без облучения) – 78 см.

По результатам полевых опытов, проведенных на опытном поле в 2002, 2004 годах, структурный анализ растений льна показал, что предпосевное облучение семян льна как постоянной, так и импульсной плазмой благотворно сказывается на структуре урожая льна.

Поэтому можно сделать вывод о явном преимуществе предпосевого облучения семян льна плазмой, что позволит без особых капитальных вложений возродить льноводство в Смоленской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев, А.М. Оптимизация минерального питания растений при неблагоприятных факторах среды / А.М. Гордеев. – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Гордеев, А.М. Влияние отдельных участков спектра оптического излучения на параметры прорастания семян / А.М. Гордеев [и др.] // Источники биоактивных излучений (минералы, электрическое поле, растения) Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. – М., 2006.
3. Гордеев, Ю.А. Стимулирование биологических процессов в семенах растений излучениями низкотемпературной плазмы: монография / Ю.А. Гордеев. – Смоленск: РГУТиС, 2007. – 196 с.
4. Готовский, Ю.В. Особенности биологического действия физических факторов малых и сверхмалых интенсивностей и доз / Ю.В. Готовский, Ю.Ф. Перов. – М.: Имедис, 2000. – 192 с.
5. Разработка технологий использования низкотемпературной плазмы для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и животных: отчет о НИР / А.А. Кульков [и др.]. – Смоленск, 2006. – 167 с.
6. Курчакова, Л.Н. Эколого-генетические аспекты устойчивости к септориозу(посмо) в селекции льна-долгунца: автореф. дис... д-ра. с.-х.: 06.01.05 / Л.Н. Курчакова; Науч.-исслед. инс.-т. с.-х.-ва Центр.р-нов Нечерноз. зоны. – Москва, 2009. – 44 с.
7. Рубин, А.Б. Биофизика / А.Б. Рубин. – М., 2000. – Т. 2: Биофизика клеточных процессов. – 468 с.
8. Шахов, А.А. Повышение урожайности концентрированным светом / А.А. Шахов. – М: Колос, 1972. – 400 с.
9. Masafumi, M. Effect of magnetic field on the growth of the primary rood of corn / M. Masafumi, T. Wataru, F. Tomoo // Men. Fac. Eng. Osaka City Univ, 1991. – P. 29-35.

**STUDYING OF EFFICIENCY OF THE PRESEEDING IRRADIATION
OF SEEDS HELIUM-PLASMA ON GROWTH
AND FLAX DEVELOPMENT**

A.R. Tsyganov, U.A. Gordeev, O.V. Poddubnaya, I.V. Kovaleva, O.A. Poddubny

Summary

In article the data by efficiency of a preseeding irradiation of seeds of flax гелиевой is cited by plasma. As a result of complex studying of the basic technological parameters of preseeding processing of seeds of flax helium-plasma receives effective modes of influence of the given reception on intensity of growth and development of plants of flax.

Поступила 10 августа 2009 г.