

**Национальная академия наук Беларуси
Центральный ботанический сад**

**Интродукция, сохранение и использование
биологического разнообразия мировой флоры**

Материалы Международной конференции,
посвященной 80-летию Центрального ботанического сада
Национальной академии наук Беларуси
(19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь)

**В двух частях
Часть 2**

**Assessment, Conservation and Sustainable Use
of Plant Biological Diversity**

Proceedings of the International Conference
dedicated to 80th anniversary of the Central Botanical Garden
of the National Academy of Sciences of Belarus
(June 19–22, 2012, Minsk, Belarus)

**In two parts
Part 2**

Минск
2012

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

И73

Редакционная коллегия:

*Д-р биол. наук В.В. Титок (ответственный редактор);
д-р биол. наук, академик НАН Беларуси В.Н. Решетников;
д-р биол. наук, ч.-кор. НАН Беларуси Ж.А. Рупасова;
д-р биол. наук, чл.-кор. НАН Беларуси Е.А. Сидорович;
канд. биол. наук Ю.Б. Аношенко; канд. биол. наук А.В. Башилов;
канд. биол. наук А.А. Веевник; канд. биол. наук И.К. Володько;
канд. биол. наук И.М. Гаранович; канд. биол. наук Л.В. Гончарова;
канд. биол. наук А.А. Кузовкова; канд. биол. наук Л.В. Кухарева;
канд. биол. наук Н.М. Лунина; канд. биол. наук Е.В. Спиридович;
канд. биол. наук В.И. Торчик; канд. биол. наук О.В. Чижик;
канд. биол. наук А.Г. Шутова; канд. биол. наук А.П. Яковлев.*

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

И 73 **Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры;** Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок /и др./, Минск, 2012. – 492 с.

В сборнике представлены материалы Международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры», посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

В 1-й части публикуются тезисы докладов секций «Теоретические основы и практические результаты интродукции растений» и «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства»

Во 2-й части представлены тезисы докладов секций «Экологическая физиология и биохимия интродуцированных растений», «Генетические и молекулярно-биологические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений» и «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира».

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

июня распространенность и развитие заболевания достигли 67,5 и 22,2%, соответственно. Во время цветения (II декада июля) распространенность серой гнили на растениях лилии достигла 100% с развитием болезни 33,8%; в фазу завязывания семян (I декада августа) развитие серой гнили на растениях лилии достигло 63,8%.

Наблюдения за динамикой развития серой гнили лилии показали, что погодные условия Беларуси благоприятны для их ежегодного поражения болезнью. Установлена сильная положительная корреляционная зависимость распространенности ($r = 0,86$) и развития ($r = 0,90$) серой гнили лилии от количества выпавших осадков. Распространению инфекции также способствуют резкие перепады дневных и ночных температур, из-за чего на поверхности растений образуется пленка воды, необходимая для прорастания спор патогена.

Список литературы:

1. Указатель возбудителей болезней цветочно-декоративных растений. Выпуск 7. – Ленинград 1980. – Всесоюзный научно-исследовательский институт защиты растений, с. 80 / под ред. М.К. Хохрякова.
2. Основные методы фитопатологических исследований. / А.Е. Чумаков [и др.]; под ред. А.Е. Чумакова. – М., Колос, 1974, с. 190.

Исследование электрофизико-химической стимуляции всхожести семян зеленных культур

Городецкая Е.А.¹, Корко В.С.², Лагутин А.Е.²

¹ *Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
e-mail: hgorodecka@gmail.com*

² *Белорусский государственный агротехнический университет, г. Минск, Беларусь*

Резюме. Приведены результаты исследования и моделирования процессов предпосевной обработки и проращивания семян зеленных культур с использованием электрофизических и электрохимических методов.

Summary. The results of the study and modeling of pre-treatment and germination greens with electrophysical and electrochemical methods.

Введение. В настоящее время наблюдается потребность в разработке экономически и технологически обоснованных методов повышения урожайности с.-х. культур, в первую очередь за счет более полного раскрытия и использования их генетического и физиологического потенциала. Центральным звеном в решении этой проблемы являются семеноводство и методы предпосевной подготовки. В общей структуре затрат на производство зерна в Республике Беларусь расходы на семена составляют в разные годы 10–14%, на удобрения – 17–24% [1]. У кондиционных семян зерновых и овощных культур полевая всхожесть обычно составляет 60–70% от лабораторной. Особенно необходимы такие средства воздействия, которые могут активизировать прорастание семян и усиливать жизнедеятельность зародыша на начальном этапе. Для улучшения качеств семян и продуктивности будущих растений используют химические и биологические стимуляторы, предпосевную обработку семян [2–5]. В то же время для семян зеленных культур в тепличном овощеводстве нет эффективных режимов электротехнологических воздействий.

Целью данной работы являлось обоснование, экспериментальная проверка определяющих факторов электротехнологических процессов и разработка математической модели электрофизико-химической стимуляции всхожести семян.

Основная часть. Ранее нами предложена технология обработки семян неоднородным переменным электрическим полем высокой напряженности, которое создается с помощью бифилярной обмотки на диэлектрической плоскости. При экспериментальной проверке режимов установлено [2], что в опытных партиях семян укропа по сравнению с необработанными семенами на 2–3 суток раньше начали появляться первые и более дружные ростки. Подтверждена зависимость всхожести и энергии прорастания от напряжения и экспозиции.

Для проращивания проводили следующую предпосевную обработку партий семян салата листового: 1 (контроль) – замачивание в обычной воде без обработки; 2 – обработка переменным электромагнитным полем при напряжении 3500В и замачивание в обычной воде; 3 – замачивание в электрохимически активированной воде (катодите с $pH=8$); 4 – комбиниро-

ванная обработка: вначале переменным электромагнитным полем при напряжении 3500В и затем замачивание в католите с $pH = 8$. Проращивание семян осуществляли в чашках Петри на субстрате из минеральной ваты при температуре $+21^{\circ}C$ в термостате.

Анализ результатов исследования (табл. 1) показывает, что в контрольной партии семян первые ростки начали появляться на 6-е сутки, более дружно – на 7–8-е сутки. Во всех опытных партиях наблюдается положительный эффект стимуляции всхожести семян. Первые ростки в 4-й партии появились уже на 4-е сутки, во 2-й и 3-й партиях – на 5-е сутки.

Кроме ускорения сроков прорастания, имеет место увеличение количества проросших семян на каждом из замеров. Общая всхожесть семян контрольной партии составила всего 71%, что, в общем, соответствует показателю их кондиции. В опытных партиях общая всхожесть в конце срока эксперимента заметно выше, значит, электрофизические и электрохимические факторы и в отдельности, и в большей степени в сочетании повышают кондиционность семян. Семена, которые находились в глубоком покое и не прорастали в обычных условиях, в результате стимуляции пусть и с некоторой задержкой, но дали всходы.

Вегетативный период салата листового составляет в среднем 30–35 суток, и урожайность его определяется выходом зеленой массы листьев. По своему биологическому развитию проросшие семена в каждой партии имеют определенные различия по длине корешков, проростков и по фазе развития листьев, причем в пользу стимулирующих видов обработки. Во всех опытных партиях происходит более интенсивный рост корешков и биологической массы листьев.

Таким образом, улучшение посевных качеств семенного материала под действием электротехнологических факторов выражается в более быстром и полном выходе семян из состояния покоя (на 1–2-е сутки), возрастании лабораторной всхожести (на 15–22%), увеличении энергии прорастания, размеров корешков и проростков. Очевидно, что под действием электрофизических и электрохимических факторов в семенах происходит ряд процессов, приводящих к повышению проницаемости семенных оболочек, ускоряется поступление воды и кислорода в семена. Кроме того, усиливается ферментативная активность, прежде всего гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов [4, 5]. Это обеспечивает более быстрое и полное поступление питательных веществ к зародышу, ускорение темпа клеточного деления и активизацию ростовых процессов в целом.

Для установления взаимного влияния определяющих факторов, получения математической модели процесса электрофизико-химической стимуляции семян применена методика многофакторного эксперимента, в соответствии с которой был реализован план центрального композиционного ротатбельного планирования второго порядка [6].

Принятые в исследовании уровни и интервалы варьирования определяющих факторов указаны в табл. 2.

Центральный композиционный ротатбельный план второго порядка для трех факторов состоит из плана полного факторного эксперимента типа 2^3 (опыты 1–8 в табл. 2), шести опытов в «звездных точках» (опыты 9–14) и шести опытов в центре плана (опыты 15–20).

Таблица 1. Количество проросших семян салата листового в зависимости от способов обработки и времени проращивания

Время проращивания, сутки	Партии образцов			
	1 (контроль)	2	3	4
4	0	0	0	2
5	0	4	2	4
6	4	16	10	14
7	14	27	14	32
8	34	38	38	41
9	40	55	48	59
10	55	68	68	71
11	71	72	71	79
12	71	79	79	86
13	71	86	87	94

Таблица 2. Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Размерность	Обозначение		Интервалы варьирования	Натуральные уровни факторов, соответствующие кодированным				
		натуральное	кодированное		+1,682	+1	0	-1	-1,682
Напряжение	В	U	X_1	1500	5523	4500	3000	1500	477
Экспозиция	с	τ	X_2	2	7,364	6	4	2	0,636
Уровень pH	-	pH	X_3	2	3,63	5	7	9	10,36

Уравнение регрессии по результатам опытов в общем случае имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 \quad (1),$$

где y – функция отклика (всхожесть семян); $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ – коэффициенты уравнения, определяющие степень влияния фактора или их сочетаний на величину функции отклика.

Коэффициенты уравнения (1) определяли по формулам [6]:

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[2\lambda^2 (k+2) \sum_{j=1}^N y_j - 2\lambda C \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j \right]; \quad b_i = \frac{C}{N} \sum_{j=1}^N X_{ij} y_j; \quad b_{ii} = \frac{C^2}{N\lambda} \sum_{j=1}^N X_{ij} X_{ij} y_j;$$

$$b_{ij} = \frac{A}{N} \left\{ \left[C^2 (k+2) \lambda - k \right] \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j + C^2 (1-\lambda) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j - 2\lambda C \sum_{j=1}^N y_j \right\},$$

где $A = \frac{1}{2\lambda[(k+2)\lambda - k]}$; $C = \frac{N}{\sum_{j=1}^N x_{ij}^2}$; $n_n = N - n_0$; N – число опытов в матрице;

k – число факторов; y_j – значение функции отклика в j -м опыте; X_{ij}, X_{ij} – кодированные значения i -го и l -го факторов в j -м эксперименте; n_0 – число опытов в центре плана; $n_n = N - n_0$.

После расчета коэффициентов уравнения, дисперсии воспроизводимости, доверительных интервалов, проверки адекватности модели по критерию Фишера в соответствии с методикой [6] уравнение регрессии (1) принимает вид

$$y = 83,41 + 0,3592 X_1 + 0,8819 X_2 + 0,875 X_1 X_2 + 0,375 X_1 X_3 - 0,5218 X_1^2 + 0,303 X_2^2 \quad (2)$$

Кодированные значения факторов связаны с натуральными следующими зависимостями:

$$X_1 = \frac{U - U_0}{\varepsilon_1} = \frac{U - 3000}{1500}; \quad X_2 = \frac{\tau - \tau_0}{\varepsilon_2} = \frac{\tau - 4}{2}; \quad X_3 = \frac{pH - pH_0}{\varepsilon_3} = \frac{pH - 7}{2},$$

где U, τ, pH – натуральные значения основных уровней факторов; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – интервалы варьирования факторов.

Переходя от кодированных X_1, X_2, X_3 к натуральным значениям U, τ, pH , получим зависимость всхожести семян от основных определяющих факторов:

$$y = 83,41 + 0,3592 \left(\frac{U - 3000}{1500} \right) + 0,8819 \left(\frac{\tau - 4}{2} \right) + 0,875 \left(\frac{U - 3000}{1500} \right) \left(\frac{\tau - 4}{2} \right) + 0,375 \left(\frac{U - 3000}{1500} \right) \left(\frac{pH - 7}{2} \right) - 0,5218 \left(\frac{U - 3000}{1500} \right)^2 + 0,303 \left(\frac{\tau - 4}{2} \right)^2 \quad (3)$$

После преобразования математическая модель процесса электрофизико-химической стимуляции всхожести семян салата листового имеет вид:

$$y = 86,18 - 41 \cdot 10^{-5} U - 1,04\tau - 0,375 pH + 29 \cdot 10^{-5} U\tau + 125 \cdot 10^{-6} UpH - 23 \cdot 10^{-8} U^2 + 0,076\tau^2. \quad (4)$$

По вышеприведенной методике многофакторного эксперимента получена также математическая модель процесса электрофизико-химической стимуляции всхожести семян укропа

$$\gamma_6 = 79,6 - 0,0086U - 1,11\tau - 0,275 pH + 0,0031U\tau + 225 \cdot 10^{-6} UpH - 0,27 \cdot 10^{-6} U^2 + 0,144\tau^2. \quad (5)$$

Полученные уравнения регрессии (4) и (5) адекватны, и их можно использовать в качестве интерполяционных формул для вычисления всхожести семян при различных значениях определяющих факторов в пределах, указанных в табл. 2.

Заключение. Анализ экспериментальных данных и полученных математических моделей позволяет сделать следующие выводы.

1. Семена овощных зеленных культур после определенного срока хранения в определенной степени теряют способность к пробуждению, выходу из состояния покоя и всхожести при обычных условиях окружающей среды, т.е. полевая всхожесть заметно ниже лабораторной даже у кондиционных партий. Это означает, что заложенный в них биологический и генетический потенциал более глубоко «законсервирован», менее доступен действию факторов среды, определяющих начальный период выхода из состояния покоя, биологической активности и прорастания.
2. Поскольку биологические процессы имеют физико-химическую природу, и их интенсификация определяется структурой и энергетическим состоянием живого организма, обменно-восстановительными реакциями, то электрофизико-химические технологии имеют дополнительные возможности углублять процессы, активно ими управлять для достижения необходимого технологического эффекта, в частности, стимулирования всхожести, активизации прорастания семян и развития растений.
3. Определяющими факторами всхожести семян при обработке переменным электромагнитным полем является напряженность и экспозиция, а при использовании электрохимически активированной воды – значение водородного показателя (величины pH).
4. Электрофизические факторы в большей степени проявляют стимулирующее действие при выводе семян из состояния покоя и начале прорастания, а электрохимическое воздействие также является стимулирующим при прорастании, но в большей степени – при выращивании проростков. При этом в результате каждого вида воздействия происходит общее увеличение всхожести и кондиционности семян по сравнению с контролем.
5. Интегральный технологический эффект электрофизико-химической стимуляции семян проявляется в более раннем появлении проростков, увеличении интенсивности их роста (возрастании энергии прорастания), более быстром росте биомассы.
6. Наибольшей эффективностью обладает технология комбинированного сочетания определяющих факторов, поэтому предлагается следующий алгоритм стимуляции: обработка сухих семян переменным электромагнитным полем высокой напряженности и последующее прорастание в субстрате с электрохимически активированной водой.

Список литературы:

1. Агропромышленный комплекс [Текст]. Т 1. Изд. пятое. - Минск, 2004, с.32.
2. Корко В.С. Стимулирование всхожести семян зеленных культур электромагнитным полем [текст]. / Материалы Международной научно-практической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие развития АПК». / В.С. Корко, Н.И. Ермалицкий – Минск: БГАТУ, 2009, с. 162–165.
3. Корко В.С. Предпосевная доработка семян злаковых культур электрофизическими методами [текст]. / В.С. Корко, А.Е. Лагутин, Е.А. Городецкая // Агропанорама – 2009 – № 6, с. 16.
4. Ирха А.П. Повышение эффективности использования электрофизических способов предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур: автореф. ...дисс. канд. техн. наук [текст]. / А.П. Ирха. – Краснодар, 1998, с. 23.
5. Кожокару А.Ф. Механизм действия электрохимически активированной воды и водных растворов на скорость прорастания семян [текст]. / А.Ф. Кожокару А.И. Мирошников // II Междунар. конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»: Сб. тезисов. – 2000, с. 57.
6. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов [текст]. / А.А. Спиридонов, Н.Г. Васильев. – Свердловск.: УПИ им. Кирова, 1975, с. 140.