

УДК 631.3:633

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА СМАЧИВАЕМОСТИ СЕМЯН И ПРОРОСТКОВ ЛЬНА ОБЫКНОВЕННОГО НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЗОНИРОВАНИЯ

Дубцова Анна Александровна, аспирант кафедры «Физика и прикладная механика
Чурмасов Александр Васильевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика и прикладная механика»

ФГБОУ ВПО «Нижегородская ГСХА»

603107 г. Н. Новгород, пр. Гагарина 97; тел.: 8 (831)462-70-01 e-mail: ich1221@rambler.ru

Ключевые слова: озонирование, доза, биологический эффект, лён обыкновенный.

Приводятся данные о воздействии озона на смоченные водой семена и проростки льна обыкновенного. Выявлено, что фактор смачиваемости перед озонированием существенно влияет на параметры прорастания льна.

Введение

Озонирование семян с целью улучшения их посевных и ростовых качеств – новое направление в сельскохозяйственном производстве. Уже выявлена роль озона на всхожесть и интенсивность прорастания пшеницы, гороха, картофеля, облепихи, козлятника, льна при озонировании сухих семян и клубней [1,2,3]. В связи с тем, что озон хорошо растворим в водной фазе, возник научный интерес, породивший новое направление нашего исследования, связанное с изучением влияния воды в процессах озонирования семян льна – ценного и перспективного для сельскохозяйственного производства растения.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований выбран лён обыкновенный (*Linum usitatissimum*) сорта долгунец. Опыты проводили в экспериментальной лаборатории Нижегородской ГСХА «Биофизика» в период 2013 - 2014 г. Озон получали методом барьерного разряда из кислорода воздуха на малогабаритном генераторе озона [1]. Концентрацию озона в озono-воздушной смеси (ОВС) определяли оптическим методом с помощью спектрофо-

тометра. Перед помещением в камеру для озонирования семена: смачивали дистиллированной водой (эксперимент 2); предварительно выдерживали в дистиллированной воде в течение 1 дня (экс.3) и 2 дней (экс.4) (рис.1). В проведённых экспериментах концентрацию озона изменяли от 19 до 600 мг/м³, а время озонирования варьировало от 0,5 до 40 мин. Контрольные семена действию озона не подвергались. После озонирования увлажнённые семена помещали в термостат и проращивали по общепринятым методикам 4 суток [4]. Затем регистрировали показатели прорастания: длину и массу проростков. Биохимический анализ тканей проростков и семян проводили на базе лаборатории физиолого-биохимических исследований ФГБУ ЦАС «Нижегородский».

При обработке экспериментального материала определяли биологический эффект (БЭ) озонирования - процент отклонения регистрируемого показателя прорастания от контрольного значения по формуле:

$$БЭ = \left(\frac{O - K}{K} \right) \cdot 100\%, \text{ где } O - \text{среднее}$$

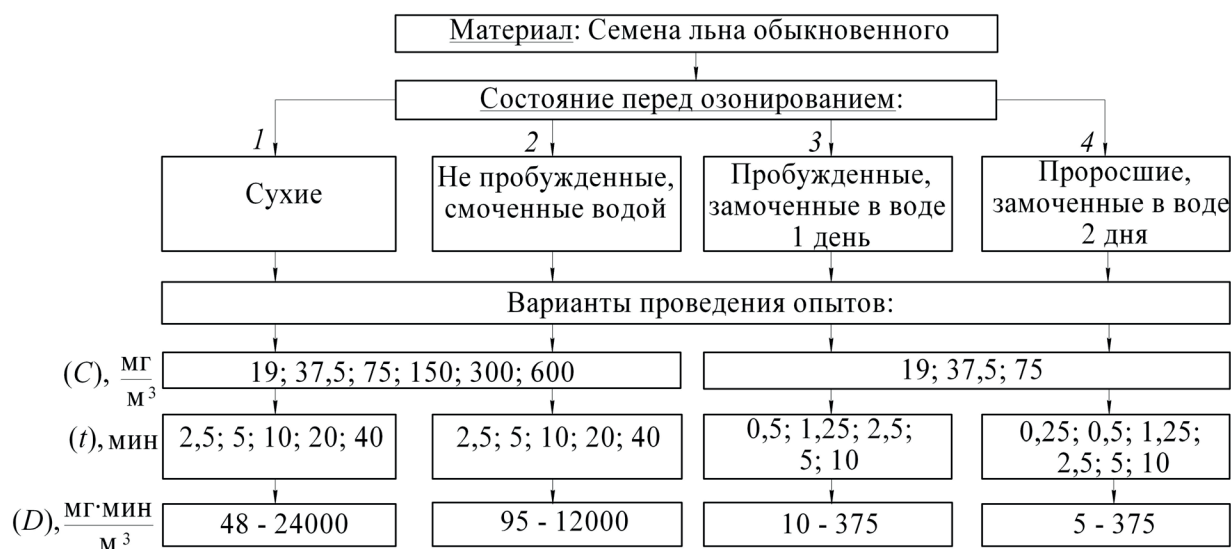


Рис. 1. – Общая схема проведения экспериментов по озонированию семян льна

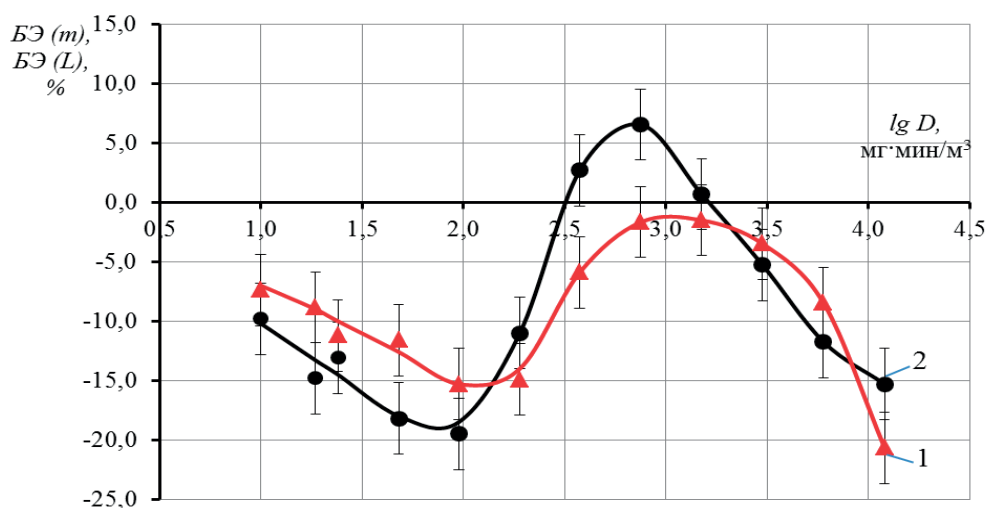


Рис. 2 – Зависимости БЭ(L) (1) и массы БЭ(m) (2) проростков от $\lg D$, выращенных из смоченных перед озонированием семян

значение показателя прорастания опытного образца; K – контрольного образца. Дозу (D) озонического воздействия вычисляли как произведение концентрации (C) озона в ОВС на продолжительность (t) озонирования: $D = C \cdot t$. Каждый опыт с фиксированными значениями воздействия проводили не менее чем в восьми повторностях с количеством исходных семян не менее 400. Общее количество проростков, поступивших в анализ, превышало 5000. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы Microsoft Excel 2010, Statistica 6.1. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента для уровня значимости $p \leq 0,5$.

Результаты исследований

В первых исследованиях использовали семена, которые непосредственно перед озонированием смачивали дистиллированной водой. Результаты опытов по влиянию озона на длины и массы проростков представлены на рисунке 2. На рисунке видно, что при обработке смоченных семян озоном происходит подавление ростовых процессов, выраженных в средней длине проростков (БЭ(L)) во всём диапазоне доз. Но в области доз $D = 750-1500 \text{ мг} \cdot \text{мин} / \text{м}^3$ ($\lg D = 2,88-3,17$) просматривается выраженный пик со средним значением биологического эффекта $(-1,5) - (-1,7) \%$, который достоверно не отличается от контрольных значений. Однако основания пика, соот-

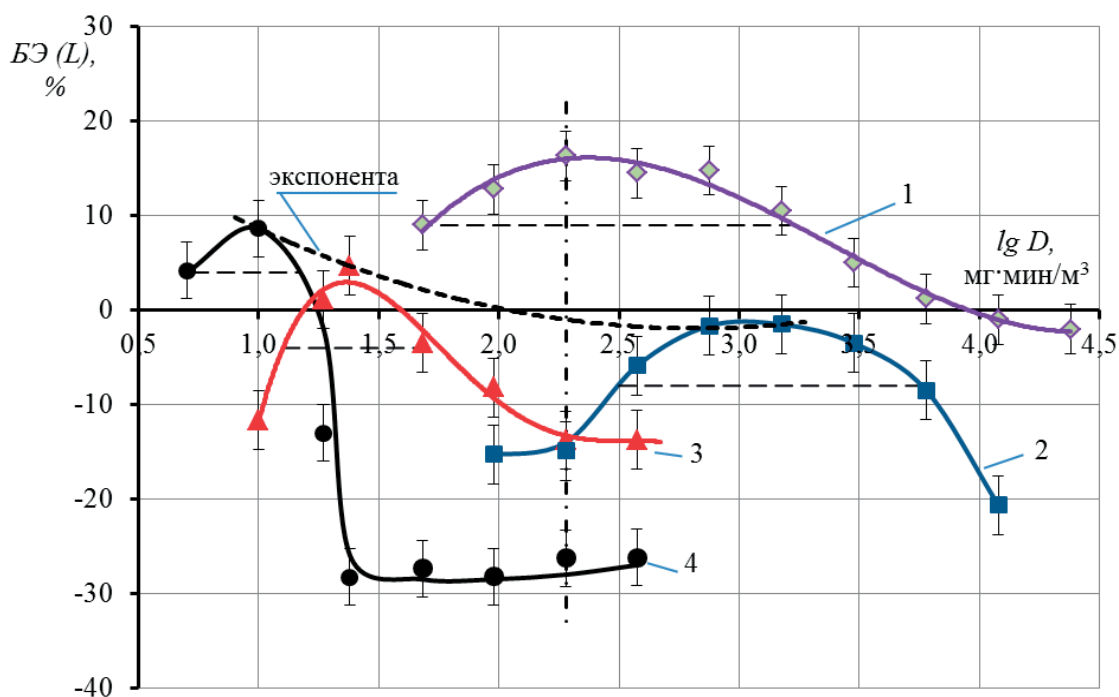


Рис. 3 – Зависимости БЭ(L) от $\lg D$ проростков льна, полученных при озонировании семян: сухих (1, [2]), смоченных непосредственно перед озонированием (2), замоченных на одни (3) и двое (4) суток перед озонированием. Пунктирные отрезки на каждой кривой указывают ширину пиков и экспоненциальную кривую, соединяющую вершины.

ветствующие БЭ(L) (-15) - (-20) %, как это видно на рисунке 2, при дозах 95 мг·мин/м³ ($\lg D = 1,98$) и 12000 мг·мин/м³ ($\lg D = 4,08$) уже являются достоверно отличимыми по отношению к контрольным значениям с $p > 0,5$.

Аналогичная зависимость наблюдается и в отношении биологического эффекта, связанного с массой проростков (БЭ(m)), с единственным исключением, что пиковая зона находится в области положительных значений. Наибольшее превышение массы проростка над контролем наблюдается при дозе озона $D = 750$ мг·мин/м³ ($\lg D = 2,88$) и составляет 6,6%. Воздействие другими дозами озонирования приводило к уменьшению массы проростков, причём наибольший подавляющий эффект (-19,5 %) наблюдается при дозе озона $D = 95$ мг·мин/м³ ($\lg D = 1,98$) и достоверно отличается от контрольных значений с $p > 0,95$. Таким образом, результаты этих опытов свидетельствуют о существовании схожих по локализации пиков зависимостей БЭ(L) и БЭ(m) от дозы озонического воздействия и расположенных в основном ниже оси $\lg D$ на рисунке 2.

Следует заметить, что в наших предыду-

щих опытах [2], связанных с озонированием не смоченных, а сухих семян льна, результат был иным: максимальное значение выявленного пика БЭ(L) соответствовало другой величине – 16% при иной также и дозе озонического воздействия – 190 мг·мин/м³ ($\lg D = 2,3$). Причём все его достоверные значения являлись уже положительными и были расположены выше оси $\lg D$. Следовательно, в настоящих опытах локализация пика зависимости БЭ(L) от $\lg D$ достоверно изменилась по отношению к результатам предыдущих опытов. Таким образом, фактор смачиваемости семян льна перед их озонированием существенно повлиял на получаемый в настоящих экспериментах результат.

С целью выявления причин изменения локализации пика зависимости БЭ(L) от дозы озонического воздействия проведены опыты с семенами льна, находившимися в смоченном состоянии до озонирования уже другое время: 1 сутки и 2 суток. Результаты этих опытов приведены на рисунке 3. Для сопоставления полученных результатов при их анализе на этом же рисунке приведены данные, взятые

из нашей предыдущей работы [2] (кривая 1), а также выше рассмотренные (кривая 2). На рисунке 3 видно, что для смоченных семян в течение 1 и 2 суток до озонирования также выявляются соответствующие пики (кривые 3 и 4). Причём максимальные значения этих пиков БЭ(L) равняются 4,7% (кривая 3) и 8,6% (кривая 4) и достоверно отличаются от контрольных значений. Основания же этих пиков расположены значительно ниже оси IgD , достигая значений БЭ(L), соответственно, -15% (кривая 3) и -28% (кривая 4), что является также достоверным по отношению к контролю с $p > 0,95$.

У полученных кривых наблюдается смещение пиков вдоль оси IgD к началу координат. Причём величина этого смещения зависела от продолжительности смачивания семян до озонирования: чем продолжительнее смачивание, тем ближе расположен пик к началу координат. Так, максимальное значение БЭ(L) для семян с продолжительностью смачивания 1 сутки соответствует дозе 24 мг·мин/м³ ($IgD=1,38$), а с продолжительностью смачивания 2 суток – 10 мг·мин/м³ ($IgD=1,0$). Таким образом, выявляется закономерность: чем дольше семя льна находилось в смоченном состоянии перед озонированием, тем меньше доза озонического воздействия необходима для получения стимулирующего эффекта (сравните: 10, 24 и 750 мг·мин/м³) и тем выше будет этот стимулирующий эффект (сравните: 8,6%, 4,7%, -1,6%). Причём проведённый анализ указывает на экспоненциальный характер зависимости величины стимулирующего эффекта от логарифма дозы озонического воздействия, что соответствует развитию многих биохимических процессов [5].

Следует отметить ещё одну закономерность, связанную с шириной выявленных в наших исследованиях вышеуказанных пиков (рис. 3), то есть интервалов ΔIgD , на высоте меньшей максимального значения каждого пика на величину БЭ(L) = 8%. Так, например, ширина пика, полученного в опытах с сухими семенами, составляет $\Delta IgD = 1,5$, с семенами, смоченными перед озонированием - $\Delta IgD = 1,2$, смоченными за 1 сутки до озонирования - $\Delta IgD = 0,7$ и смоченными за 2 суток до озонирования - $\Delta IgD = 0,5$. Причём эти различия

нельзя объяснить случайными вариациями значений IgD . Следовательно, чем больше продолжительность смачивания семян льна до момента озонирования, тем более узкий интервал озонического воздействия необходим для наблюдения эффекта стимуляции. Вероятно, эта закономерность отражает факт усложнения структуры прорастающего семени и появления возможных специализированных систем для адекватного реагирования на повреждающее окислительное воздействие среды обитания [6].

Очевидно, указанные морфометрические изменения экспериментальных растений должны быть отражены в соответствующих биохимических показателях. С целью выявления изменений биохимического состояния подопытных организмов проведён общий биохимический анализ проростков льна на содержание протеинов, жира, сахаров, крахмала, каротина, калия, кальция и фосфора. Из анализа были исключены проростки, выращенные из семян с продолжительным смачиванием (1 и 2 суток), так как за это время их первоначальное состояние могло измениться. В анализ включены только проростки, выращенные из озонированных сухих и смоченных непосредственно перед опытом семян, а также из контрольных семян. С целью выявления значимости фактора смачивания выбранная доза озонирования (190 мг·мин/м³) соответствовала максимальному стимулирующему эффекту в экспериментах с сухими семенами.

Проведённый биохимический анализ тканей выделенных групп проростков льна не позволил обнаружить изменений содержания жира, каротинов, калия, кальция и фосфора. Их значения достоверно не отличались друг от друга. Однако содержания сахаров, крахмала и протеинов проявили сложную динамику (рис.4). Количество сахаров монотонно возрастало при переходе от контрольных проростков к выращенным из сухих и, далее, смоченных перед озонированием семян (кривая 1). Все значения содержания сахаров достоверно отличались друг от друга с $p > 0,95$. Зарегистрированная динамика биохимических показателей свидетельствует о возрастании интенсивности обменных процессов у опытных групп проростков. Причём самые вы-

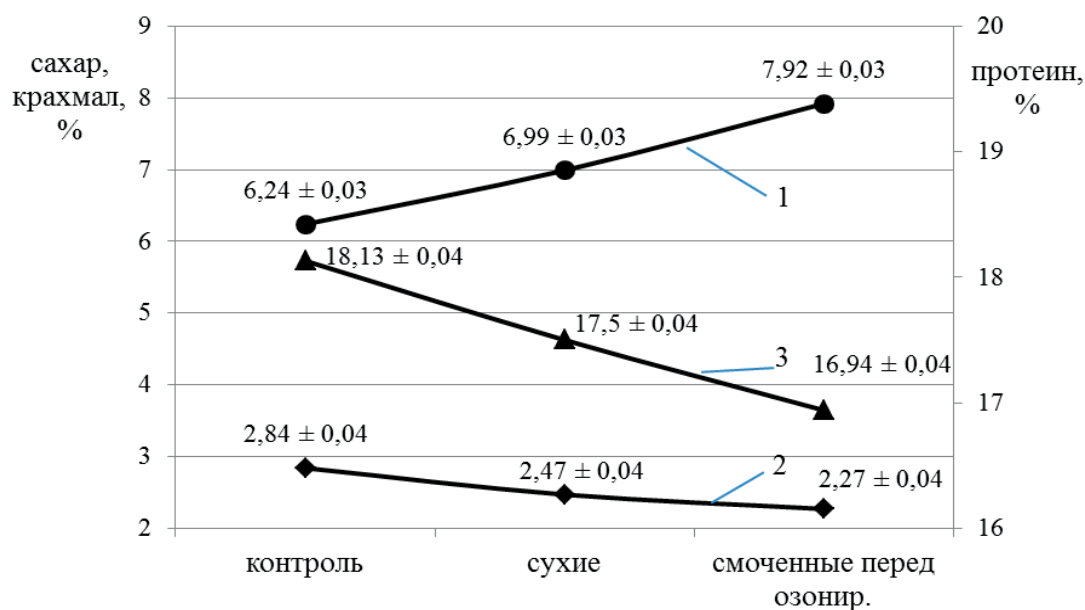


Рис. 4 – Динамика содержания сахара (1), крахмала (2), протеина (3) в контрольных проростках льна выращенных из озонированных сухих и влажных семян.

сокие показатели выявлены у проростков, выращенных из смоченных перед озонированием семян, несмотря на то, что выбранная доза озонирования соответствовала максимальной стимуляции прорастания сухих семян.

Выводы

- При озонировании смоченных семян ростовые процессы подавляются.

- При озонировании семян выявлена закономерность: чем дольше семя льна находилось в смоченном состоянии перед озонированием, тем меньше доза озонированного воздействия необходима для получения стимулирующего эффекта (10, 24 и 750 мг·мин/м³) и тем выше будет этот стимулирующий эффект (8,6%, 4,7%, -1,6%).

- Озонирование влажных семян льна повышает в его проростках содержание сахаров и одновременно уменьшает содержание крахмала и протеина.

Библиографический список

1. Влияние озона на прорастание семян гороха и облепихи / В.Г. Резчиков, А.В. Чурмасов, А.А. Гаврилова, Е.А. Соколова // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. - № 3. – С.14–17.

2. Дубцова, А.А. Результаты опытов по воздействию озона на показатели прорастания льна обыкновенного / А.А. Дубцова, А.В. Чурмасов // Вестник Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. – 2014. – № 4. – С.198-201.

3. Гаврилова, А.А. Эколого-физиологические особенности действия озона и информационных СВЧ и КВЧ электромагнитных излучений на модельные биосистемы: дис. ... канд. биологических наук : 03.03.01 / А.А. Гаврилова.- Нижний Новгород, 2012.- 173 с.

4. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартиформ, 2011.- 30 с.

5. Чурмасов, А.В. Математическая модель реакции растений на озонированное воздействие / А.В. Чурмасов, В.Г. Резчиков, А.А. Гаврилова // Достижения науки и техники АПК. - 2002. - № 11. – С. 12–15.

6. Щербатюк, Т.Г. Современное состояние озонотерапии в медицине. Перспективы применения в онкологии / Т.Г. Щербатюк // Современные технологии в медицине. -2010. - № 1. - С. 99-106.