

Исследование влияния предпосевной обработки семян древесных пород водой, активированной плазмой

О.И. Гаврилова, К.В. Гостев, В.А. Гостев, М.В. Журавлева, М.А. Румянцева
ФБГОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ)

Аннотация: Проведена обработка посевного материала древесных пород активированной плазмой водой и исследование ее результатов для повышения процента всхожести семян и ускоренного прорастания. Результатом работы является проведенный анализ результатов посева семян ели европейской (*Picea abies* L.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и клена ясенелистного (*Acer negundo* L.). При времени воздействия 2 минуты всхожесть семян сосны возросла на 22% относительно контроля, ели на 11. Для семян березы период прорастания сократился на 1 день для и 3 дня для клена при общем увеличении всхожести на 18 и 16%. После фитопатологического анализа семян был выявлен некоторый бактерицидный эффект, связанный с уменьшением числа зараженных грибами рода *Alternaria*, *Penicillium* и др.

Ключевые слова: вода, низкотемпературная плазма, семена, прорастание, сосна обыкновенная, ель европейская, береза повислая, клен ясенелистный

Важным условием хорошей приживаемости посадочного материала на лесокультурной площади является его высокое качество [1]. При посевах семян в лесных питомниках актуальной проблемой остается выведение семян из состояния покоя [2-4]. Для культур севера России неотъемлемой фазой жизненного цикла является глубокий покой, без которого невозможно прорастание семян. Покой семян обеспечивает сохранение их способности к прорастанию. В связи с периодичностью плодоношения древесных пород семенные годы наступают один раз в несколько лет, и семена хранятся в специализированных семеновохранилищах. За время хранения семян нарушается ход их естественной подготовки к прорастанию, снижается качество, ухудшается всхожесть. Предпосевная обработка семян необходима, так как она улучшает всхожесть семян и сопротивляемость всходов инфекционным заболеваниям [4].

Всхожесть семян зависит от температурных и влажностных условий и

наличия кислорода. Световой режим, динамика температуры дня и ночи и наличие не менее важных питательных веществ – основные факторы, которые следует выделить. Эти факторы оказывают влияние на темпы роста сеянца на начальных этапах развития. При оптимальном режиме проращивания, который наблюдается в условиях теплиц при выращивании контейнеризированных сеянцев, сроки появления всходов в большой степени зависят от способа подготовки семян к посеву [1, 4, 5].

В Республике Карелия имеется склад для хранения семян емкостью 10 т, в котором постоянно поддерживается температура -6°C . При этом длительность хранения семян с сохранением их качества повышается. Однако и при таком режиме хранения необходимо выводить семена из состояния покоя [4].

Существует довольно большое разнообразие способов подготовки семян к посеву. Самым простым и наиболее распространенным способом, который еще и воздействует щадяще на семена, является намачивание семян в воде. Главные факторы, которые влияют на всхожесть семян, это вода, воздух и тепло. Семена впитывают воду, за счет этого набухают, оболочка разрывается и частицы почвы, окружающие семя, отодвигаются. Вода и воздух увеличивают содержание ферментов в семени. Под воздействием этих двух факторов, воды и воздуха, нерастворимые питательные элементы, которые находятся в семени, переходят в статус легкоусвояемых. [3, 4, 11]

Электрохимическая активация – это технология получения метастабильных веществ анодным или катодным электрохимическим воздействием для последующего использования этих веществ в различных технологических процессах в период сохранения ими повышенной физико-химической и каталитической активности [7, 8].

В Петрозаводском государственном университете в рамках комплексных исследований в области интенсификации лесопользования [5],

ведется поиск путей использования приложений низкотемпературной плазмы для интенсификации биологических процессов, протекающих в семенах древесных пород на начальном этапе развития [4, 5, 6]. На базе физико-технического факультета ПетрГУ было создано мобильное устройство импульсного генератора переохлажденной плазмы на воде [9, 8, 12, 13]. Внешний вид устройства и его структурная схема представлены на рисунке 1.

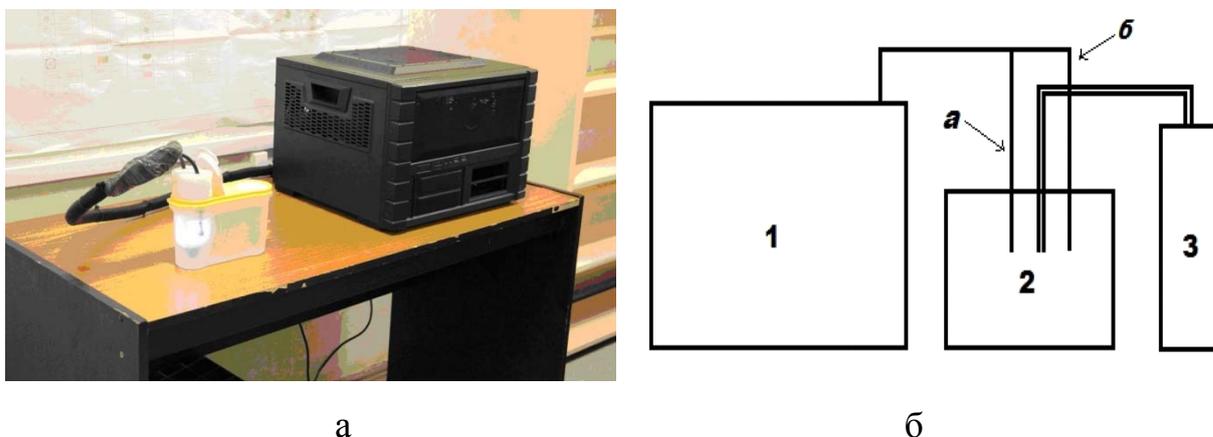


Рис. 1 – Внешний вид генератора в работе (а); схема установки мобильного устройства импульсного генератора переохлажденной плазмы на воде (б): 1 – блок питания; 2 – ёмкость с водой; 3 – компрессор; а – анод; б – катод.

Технические характеристики мобильного устройства импульсного генератора переохлажденной плазмы на воде:

- Рабочее вещество – вода;
- Объем воды – 1 л;
- Средняя температура: 40-60 °С;
- Напряжение горения разряда 5 кВ;
- Импульсный ток: ~ 40А;
- Энергия одного импульса: ~ 1Дж;
- Скважность 0,1-0,01;
- Частота импульсов 1-10 Гц;

- Потребляемая мощность от сети 50 Вт.

Плазмообразующим веществом является дистиллированная вода. При прохождении воды через разрядный промежуток происходит ее активация с изменением уровня кислотности рН. Время воздействия низкотемпературной плазмы на воду может варьировать. В экспериментах время активации воды в разряде переохлажденной плазмы составляло 2 и 4 минуты. Непосредственно после активации были проведены замеры уровня кислотности. Измерения уровня рН показали, что в исследуемом образце до обработки среда характеризуется как кислая (рН=6,6; близка к нейтральной), после обработки уровень рН увеличивается до рН=8,23 и постепенно в течение времени уменьшается и даже восстанавливается до начального. Впоследствии увеличение уровня рН существенно повышается, на 1-2 единицы. При обработке воды в течение 2 минут уровень кислотности стабилизируется в течение нескольких суток, при обработке в течение 4 минут

Проведенные в 2014 году опыты показали, что обработка семян активированной плазмой водой (АПВ) сосны обыкновенной повышает техническую всхожесть при обработке воды в течение 2 минут на 22%. Время среднего семенного покоя уменьшилось на 1 день.

Для проведения эксперимента по воздействию активированной плазмой воды на прорастание семян древесных пород было выбрано время активации – 1, 2 и 4 минуты. С использованием аппарата Огиевского были заложены на проращивание семена ели обыкновенной, сосны обыкновенной, березы повислой и клена ясенелистного. Все условия использования аппарата были соблюдены: температурный режим, влажная среда, доступ воздуха. Появление плесени при проведении эксперимента не наблюдалось.

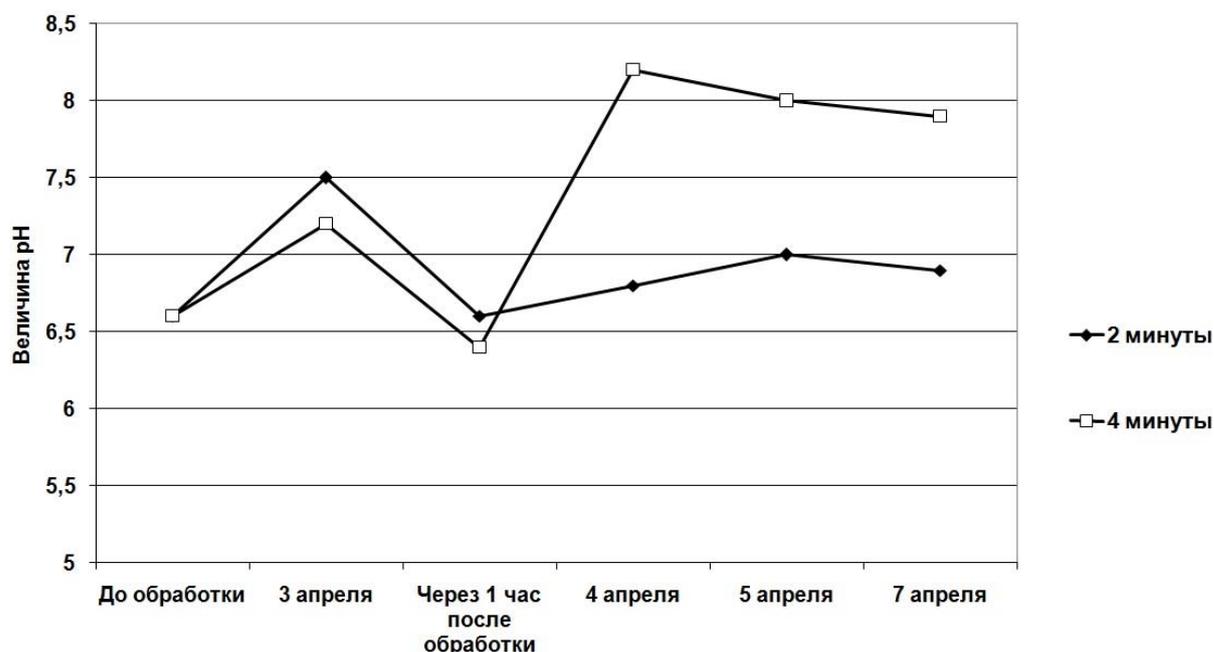


Рис. 2 – Изменение уровня pH после обработки воды плазмой 03.04.14

Одновременно с работами в лаборатории Петрозаводского государственного университета семена на проращивание были заложены в Отделе «Карельской лесосеменной станции» по адресу: Петрозаводск, Южная промзона. Для проращивания там использовался стол для проращивания шведского производства, отличающийся от аппарата Огиевского наличием подсветки и автоматизированного регулирования температуры воды.

Кроме того, семена, обработанные АПВ, были заложены на фитопатологический анализ. Семена по трем направлениям (сухие семена; семена, намоченные в воде; семена, намоченные в активированной плазмой воде) на фитопатологический анализ были заложены 21.04.14 г. По каждому направлению было заложено по четыре серии, включающие 50 шт. семян

Исследовали всхожесть семян, подвергшихся намачиванию в воде в течение 24 часов, которая обрабатывалась в течение разного времени:

1 вариант – время обработки воды плазмой 1 минута, после чего семена намачивали в течение 24 часов;

2 вариант – время обработки – 2 минуты, намачивание – 24 часа;

3 вариант – время обработки – 4 минуты, намачивание – 24 часа;

4 вариант – контроль, семена намачивали в дистиллированной воде в течение 24 часов, после чего обрабатывали в 0,5%-ном растворе марганцево-кислого калия ($KMnO_4$) и промывали.

Семена, обработанные АПВ, не обрабатывали $KMnO_4$.

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1.

В результате у *семян сосны обыкновенной*, обработанных активированной плазмой водой в течение 1 минуты, на 3 день насчитывалось 50 проростков из 400, у обработанных АПВ в течение 2 минут 32, у семян, обработанных АПВ в течение 4 минут - 29. Для контрольного варианта семян, обработанных по традиционной технологии, насчитывалось 26 проростков.

На пятый день у семян контрольного варианта насчитывалось 149 проростков, обработанных АПВ в течение одной минуты – 184, в течение 2 минут – 224, у обработанных в течение четырех минут насчитывалось 185 проросших семян.

На седьмой день из контрольного варианта обработки проросло 66 штук семян, из обработанных АПВ в течение одной минуты – 57, в течение 2 минут – 64, а у обработанных АПВ в течение 4 минут – 63.

На десятый день проращивания у семян, обработанных АПВ в течение 1 минуты проросло 6 штук семян, их обработанных 2 минуты – 4, 4 минуты – 9 семян, а у партии взятой для контроля (без обработки АПВ) проросло 1 семя.

На пятнадцатый день из обработанных АПВ в течение одной минуты проросло 2 штуки семян, из обработанных АПВ 2 минуты – 3, из обработанных в течение 4 минут – 4, а у семян, взятых для контроля, не было проростков.

Таким образом, при обработке семян АПВ в течение одной минуты проросло всего 299 семян из 400, при обработке семян АПВ в течение 2 минут проросло 328, в течение 4 минут – 288, а из семян, взятых для контроля, 242.

Таблица № 1

Всхожесть семян древесных пород при разном времени воздействия плазмой на воду при 24-часовом намачивании

№ повторности	Дни учета/дата				
	3/11.07	5/13.07	7/15.07	10/18.07	15/23.07
Число проросших семян/число оставшихся семян					
Сосна обыкновенная, время воздействия 1 минута					
1	17/83	40/43	11/32	0/32	0/32
2	11/89	47/42	15/27	0/27	0/27
3	10/90	44/46	19/27	4/23	2/21
4	12/88	53/35	12/23	2/21	0/21
Сосна обыкновенная, время воздействия 2 минуты					
1	7/93	60/33	16/17	1/16	0/16
2	5/95	52/43	21/22	0/22	0/22
3	11/88	54/34	11/23	1/22	0/22
4	9/91	58/33	16/17	2/15	3/12
Сосна обыкновенная, время воздействия 4 минуты					
1	8/92	50/42	19/23	1/22	0/22
2	7/93	40/53	19/34	2/32	3/29
3	6/94	45/49	11/38	2/36	1/35
4	8/92	50/42	14/28	2/26	0/26
Сосна обыкновенная, обработка дистиллированной водой					
1	3/97	31/66	19/47	1/46	0/46
2	8/92	41/51	12/39	0/39	0/39
3	10/90	43/47	17/30	0/30	0/30
4	5/95	34/61	18/43	0/43	0/43
Ель европейская, время воздействия 1 мин					
1	0/100	3/97	2/95	5/90	43/47
2	0/100	0/100	6/94	10/84	30/54
3	0/100	0/100	10/90	8/82	37/45
4	0/100	0/100	4/96	14/82	32/50
Ель европейская, время воздействия 2 мин					
1	0/100	3/97	2/95	5/90	43/47

2	0/100	0/100	6/94	10/84	30/54
3	0/100	0/100	10/90	8/82	37/45
4	0/100	0/100	4/96	14/82	32/50
Ель европейская, время воздействия 4 мин					
1	0/100	0/100	14/86	20/66	37/29
2	0/100	0/100	15/85	3/82	33/49
3	0/100	0/100	5/95	17/78	35/43
4	0/100	0/100	8/92	26/66	46/20
Ель европейская, обработка дистиллированной водой					
1	0/100	0/100	16/84	19/65	25/40
2	0/100	0/100	10/90	4/86	28/58
3	0/100	0/100	26/74	18/56	30/26
4	0/100	3/97	14/83	27/56	42/14
Береза повислая, обработка дистиллированной водой					
1	16/34	6/28	3/25	0/25	
Береза повислая, время воздействия 2 мин.					
1	25/25	7/18	7/18	3/15	1/14
2	16/34	12/22	12/22	2/20	0/20
3	25/25	9/16	9/16	1/15	0/15
Клен ясенелистный, обработка дистиллированной водой					
1	0/50	0/50	2/48	12/36	22/14
Клен ясенелистный, время воздействия 2 мин.					
1	0/50	2/48	4/42	17/25	16/9
2	0/50	1/49	3/46	18/25	17/10
3	0/50	3/47	5/42	17/24	17/7

Таким образом, процент проросших семян, обработанных активированной плазмой водой, превышал процент при намачивании в необработанной плазмой воде (рисунки 3, 4). Средний семенной покой сократился на 2 дня.

Семена *ели европейской* 1 класса качества из Прионежского района также были разделены на 4 варианта. Каждая секция включала в себя по 400 штук семян. Общее количество используемых семян – 1600 штук.

Первые проростки появились на 5-й день. У семян, обработанных АПВ в течение одной минуты, проросло 1 семя, у семян, обработанных АПВ в течение 2 минут – 3, в течение 4 минут – проросших семян нет, а у семян, взятых для контроля и обработанных в H₂O, проросли 3 семени.

На седьмой день из семян, обработанных АПВ в течение одной минуты, проросли 19 штук, из обработанных АПВ в течение двух минут – 22, из обработанных в течение четырех минут – 42, а из семян, взятых для контроля, проросло 66 штук.

На десятый день проращивания из обработанных АПВ в течение одной минуты проросло 65 семян, у партии обработанных в течение двух минут проросло – 37, из обработанных 4 минуты 66, а из контрольного варианта – 68.

На пятнадцатый день из обработанных АПВ в течение одной минуты семян проросло 146, в течение 2 минут – 142 семени, из обработанных АПВ в течение 4 минут 151, их контрольного варианта 125 семян.

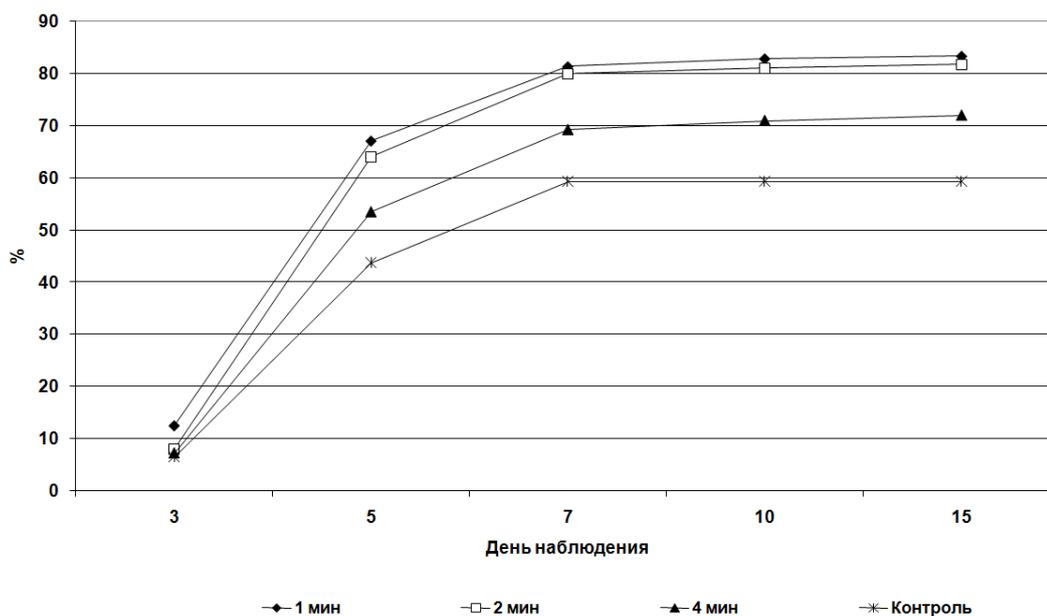


Рис. 3 – Всхожесть семян сосны обыкновенной, намоченных в воде, обработанной плазмой в течение 1, 2 и 4 минут

При обработке семян АПВ в течение одной минуты всего проросло 231 семян из 400, при обработке семян АПВ в течение 2 минут проросло 294 из 400, в течение 4 минут 259 из 400, а семян взятых для контроля 228 из 400.

Обработка семян АПВ менее эффективна для семян ели европейской, нежели для сосны. Техническая всхожесть оказалась выше на 2-10%. Однако

следует отметить более раннее прорастание семян, обработанных в воде, активированной плазмой. Это имеет существенное значение при ускоренном выращивании посадочного материала в контролируемых условиях.

Проращивание семян березы повислой (*Bétula péndula*) активированной плазмой водой проводился в такой же период времени, семена намачивали только водой, обработанной в течение 2 минут. Было взято 200 семян, по 50 штук в каждой секции. Одни (контроль) – намачивание 2 часа в H₂O; вторая, третья и четвертая секции – намачивание 2 часа в растворе АПВ, обработанной в течение 2 минут. На третий день пророщенных из семян контрольного варианта проросло 16 штук, после обработки АПВ 25, 16 и 25.

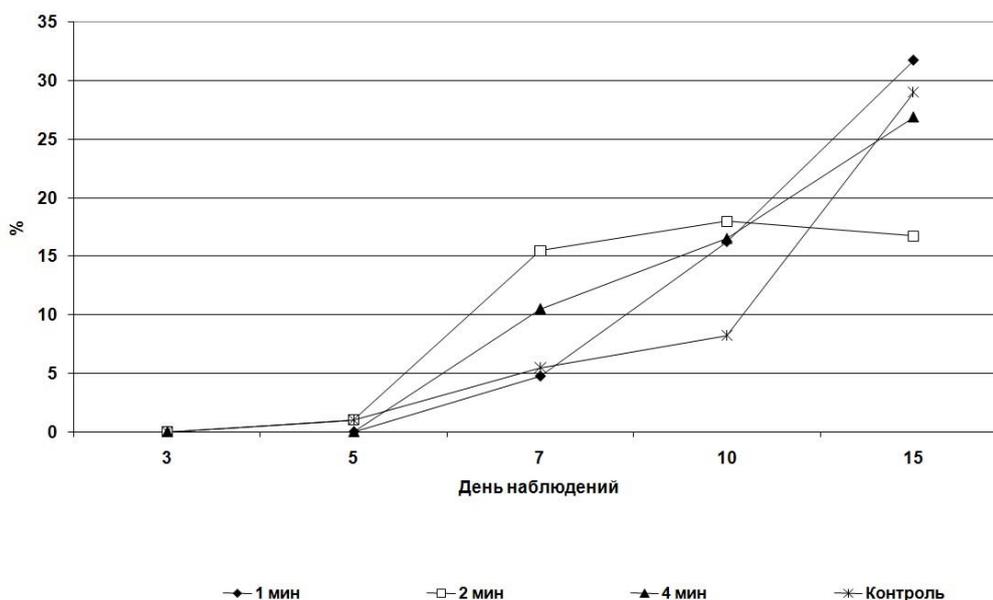


Рис. 4 – Процент проросших семян ели европейской, намоченных в воде, обработанной плазмой в течение 1, 2 и 4 минут

На пятый день у контрольного варианта оказалось 6 проростков, у обработанных АПВ 7, 12 и 9. На десятый день из контрольного варианта проросло 3 семени, из обработанных АПВ 3, 2 и 1. На четырнадцатый день проросло только одно семя после обработки АПВ (рисунок 5).

Таким образом, для семян березы повислой всхожесть составила 50%, после обработки АПВ в среднем 68% (72, 70 и 60). Длительность среднего семенного покоя не изменилась.

Семена *клена ясенелистного*, намачиваемые в течение 72 часов в соответствии с ГОСТом, прорастали медленнее, и после обработки АПВ 2 минуты на 15 день всхожесть составила 52%, у намачиваемых в дистиллированной воде 36% (рисунок 5). Для семян сосны и ели после взрезывания определили процент пустых, ненормально проросших, загнивших и запаренных.

При взрезывании не проросших семян сосны выяснилось, что достаточно большое количество было поражено гнилью, а особенно это выражено у тех семян, которые были намочены в дистиллированной воде. Такие же закономерности наблюдали при взрезывании семян ели.

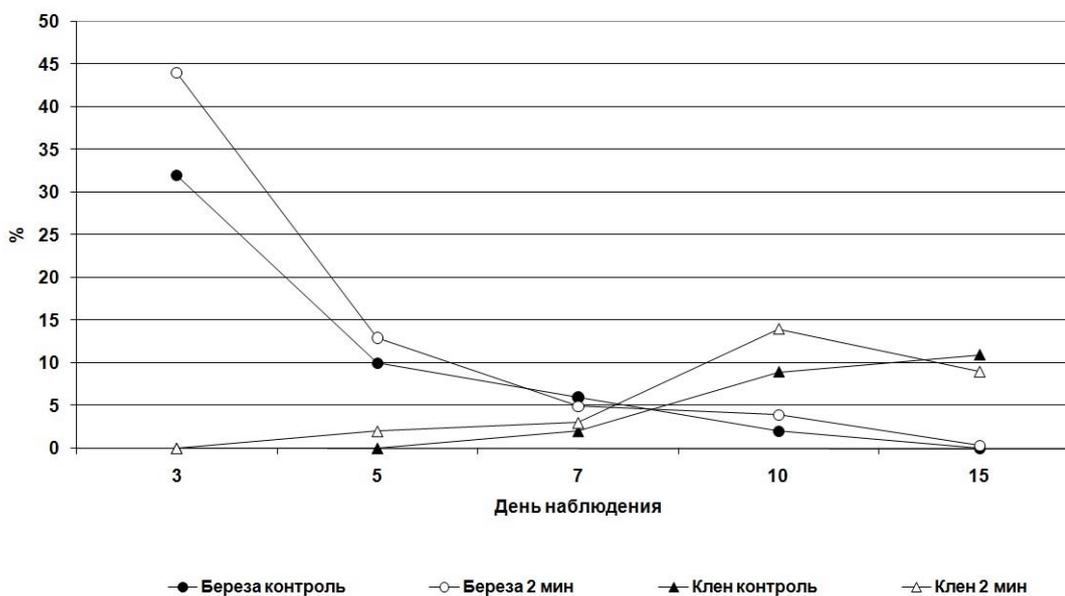


Рис. 5 – Процент проросших семян березы повислой и клена ясенелистного, по дням проращивания.

При выявлении категорий непроросших семян оказалось, что число загнивших после намачивания воде существенно выше, чем у сухих семян, что естественно. Тем не менее, число загнивших после обработки в воде

было выше, чем у намоченных в АПВ, что подтверждает некоторый бактерицидный эффект обработки воды плазмой. Число ненормально проросших и пустых не имело определенных закономерностей (таблица 2).

Таблица № 2

Категории непроросших семян сосны обыкновенной и ели европейской

Категории семян	Ель европейская			Сосна обыкновенная		
	сухие	намоченные 18 час. в воде	намоченные 18 час. в АПВ	сухие	намоченные 18 час. в воде	намоченные 18 час. в АПВ
Пустые	5	9	13	0	5	6
Ненормально проросшие	3	8	7	8	5	6
Загнившие	17	32	21	13	14	7
Запаренные	17	36	25	6	4	2

По результатам проведения анализа на зараженность фитовредителями семян ели европейской выяснилось, что общая зараженность одинакова по всем трем видам семян – сильная (т.е. зараженных семян более 50%). А что касается семян, намоченных в воде, то все 200 штук заложенных на анализ были заражены грибами рода *Penicillium*. Их степень общей зараженности можно считать очень сильной (рисунок 6). У семян сухих и тех, которые были обработаны активированной плазмой водой, присутствовала зараженность грибами одного и того же рода (пенициллум, аспиргиллус, кладоспориум, гормесциум, мухор, ризопус, спицириа). У вторых семян помимо перечисленных обнаружилось наличие грибов рода *Alternaria*. Семена, намоченные в воде, были заражены грибами рода *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhisopus*, *Spicaria*.

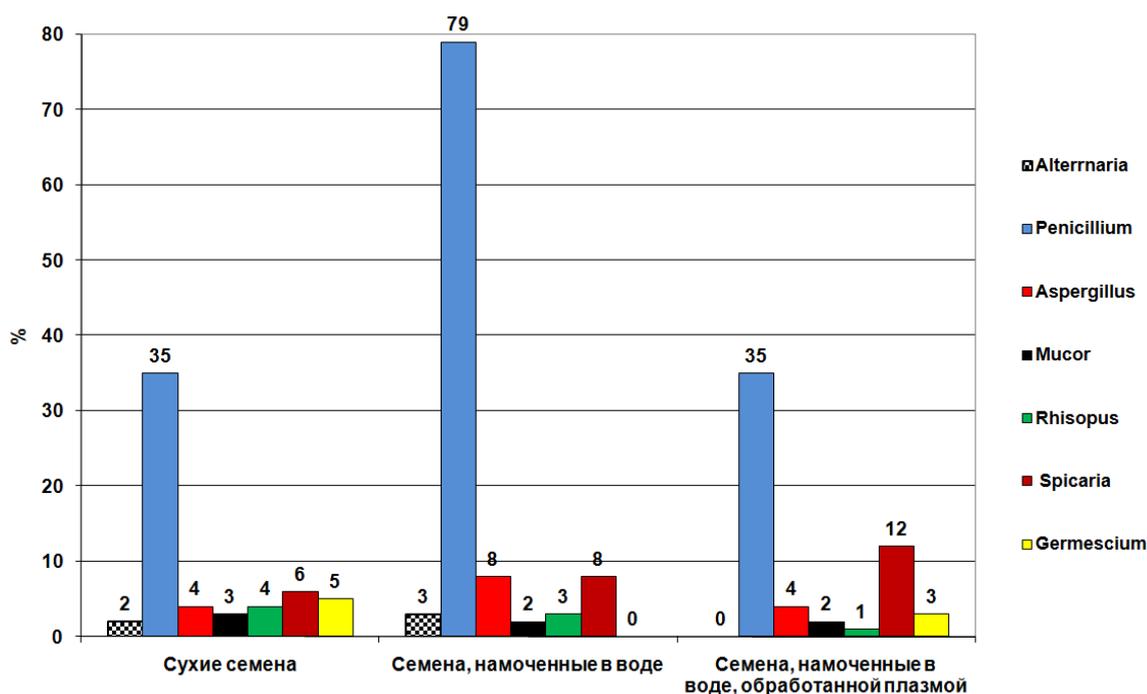


Рис. 6. – Результаты анализа семян ели европейской на зараженность грибами

Выводы и рекомендации

На основании проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1. Обработанная плазмой вода меняет свои свойства с изменением уровня рН. Активированная плазмой вода сразу после обработки имеет щелочную среду, рН возрастает до 8 единиц, затем в течение 2 часов резко опускается до 5. После 2-3 часов после обработки величина рН находится в пределах 7. Время обработки воды имеет существенное значение. При длительности обработки 2 минуты уровень кислотности возвращается к нейтральному через 2 суток, при длительности обработки 4 минуты – через 5 суток.

2. Активированная плазмой вода имеет явный эффект стимулирования прорастания семян в более ранние сроки.



3. Вода, обработанная в генераторе, имеет некоторый бактерицидный эффект, проявляющийся в уменьшении количества грибов, проявившихся при проращивании.

4. Эффект стимулирования прорастания может применяться в условиях теплиц, когда каждый день задержки появления всходов сказывается на качестве посадочного материала.

5. Особенно активно вода, активированная плазмой, проявила себя в 100%-ной концентрации на семенах клена ясенелистного, на семена сосны стимулирующий эффект в большей степени проявился при 50%-ной концентрации.

6. Работы над изучением влияния активированной воды имеет смысл продолжить. Следует проверить эффект плазменной воды для обработки семян других древесных пород и изучить воздействие на них активированной плазмой воды в различных вариациях (изменять время воздействия на воду, концентрацию активированной воды и пр.).

Литература

1. Брынцев В.А., Коженкова А.А. Лесное семеноводство. – М.: Наука, – 2001. – 245 с.
2. Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнологические аспекты. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2000. – 500 с.
3. Гостев К.В., Гаврилова О.И., Гостев В.А. Применение холодного плазменного спрея для предпосевной подготовки семян сосны обыкновенной // Вестник МГУЛ «Лесной вестник» – Т.100. – 2014. – вып.1 – стр.90-96.
4. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М.: ГК по лесу РФ, 2000. – 206 с.



5. Хлюстов В.К. Лесные культуры от семян до древостоев /Хлюстов В.К., Гаврилова О.И. Монография. – Palmarium Academic Publishing, – 2015. –205 с.
 6. Шегельман И.Р., Щукин П.В. К обоснованию методологии формирования инновационных процессов заготовки и воспроизводства лесных ресурсов // Перспективы науки. – 2012. – № 9(36). – С. 101-103.
 7. Прилуцкий В.И., Бахир В.М. Электрохимически активированная вода. Аномальные свойства, механизм биологического действия. Москва. 1995. 151с.
 8. Гостев К.В. Особенности и режимы работы генератора холодного плазменного спрея для активации процессов жизненного роста семян хвойных пород // Глобальный научный потенциал. – 2013. – № 2(23). – С. 58–60.
 9. RU 131931 C1 H05H 1/00. Импульсный генератор переохлажденной плазмы / Гостев К.В., Тихомиров А.А., Тихонов Е.А. – № 2013110894/07, Заявл. 13.03.2013 // Полезные модели.
 10. Шегельман И.Р., Кузнецов А.В., Скрыпник В.И., Баклагин В.Н. Методика оптимизации транспортно-технологического освоения лесосырьевой базы с минимизацией затрат на заготовку и вывозку древесины // Инженерный вестник Дона, 2012, №4-2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284.
 11. Долговых О.Г., Огнев В.Н. Экологически безопасная предпосевная обработка семян яровой пшеницы// Инженерный вестник Дона, 2014, № 4 URL: ivdon.ru /ru/magazine/archive/n4y2014/2565.
 12. Dobrynin D., Ignakhin V., Gostev V. Cold Plasma as A Powerful Agent for Biological And Medical Applications. // Proceedings of First International Conference on Plasma Medicine. October 15th – 18th, 2007, P. 60
-

13. Gostev V., Ignakhin V., Popova E., Ostashkov O. “Cold Plasma in Biological Investigations”// NATO: advanced study institute. Plasma Assisted Decontamination of Biological and Chemical Agents. 16-26 September 2007, Çeşme, Turkey. pp.54 – 56

References

1. Bryntsev V.A., Kozhenkova A.A. Lesnoe semenovodstvo [Forest seed]. M.: Nauka, 2001. 245 p.
2. Romanov E.M. Vyrashchivanie seyantsev drevesnykh rasteniy: bioekologicheskie i agrotekhnologicheskie aspekty. [Growing seedlings of woody plants: bio-ecological and agro-technical aspects of scientific publication]. Yoshkar-Ola: Izd-vo, 2000. 500 p.
3. Gostev K.V., Gavrilova O.I., Gostev V.A. Vestnik MGUL «Lesnoy vestnik». T. 100. 2014. vyp. 1. pp.90-96.
4. Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiyskoy Federatsii [Advice on forest seed in the Russian Federation]. M.: GK po lesu RF, 2000. 206 p.
5. Khlyustov V.K. Lesnye kul'tury ot semyan do drevostoev [Plantations from seed to tree stands]. Palmarium Academic Publishing. 2015. 205 p.
6. Shegel'man I.R., Shchukin P.V. Perspektivy nauki. 2012.
7. Prilutskiy V.I. Elektrokhimicheski aktivirovannaya voda. Anomal'nye svoystva, mekhanizm biologicheskogo deystviya [The electrochemically activated water. The anomalous properties, mechanism of biological action]. Prilutskiy V.I., Bakhir V.M. Moskva.: 1995. 151 p.
8. Gostev K.V. Global'nyy nauchnyy potentsial. 2013. № 2 (23). pp. 58–60.
9. RU 131931 S1 H05H 1/00. Impul'snyy generator pereokhlazhdennoy plazmy [The pulse generator plasma supercooled] Gostev K.V., Tikhomirov A.A., Tikhonov E.A. № 2013110894/07, Zayavl. 13.03.2013. Poleznye modeli



10. Shegel'man I.R., Kuznecov A.V., Skrypnik V.I., Baklagin V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus) 2012. № 4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284.
11. Dolgovyh O.G., Ognev V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2565.
12. Dobrynin D., Ignakhin V., Gostev V. Proceedings of First International Conference on Plasma Medicine. October 15th – 18th, 2007, P. 60
13. Gostev V., Ignakhin V., Popova E., Ostashkov O. NATO: advanced study institute. Plasma Assisted Decontamination of Biological and Chemical Agents. 16-26 September 2007, Çeşme, Turkey. pp.54 – 56