УДК 631.559.2:621.385.6

К вопросу о совершенствовании технических средств для предпосевной СВЧ обработки семенного зерна

Киприянов Ф.А., Савиных П.А.

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия

Аннотация

Предпосевная обработка семенного материала является одним из важнейших этапов для формирования устойчивого урожая зерновых культур. Низкие посевные качества семян, зараженность патогенными спорами оказывают негативное влияние на урожайность. Химическая обработка, заключающаяся в предпосевном протравливании, несомненно, оказывает положительное влияние в большинстве случаев. Но при этом негативно воздействует на окружающую среду и полезные микроорганизмы почвы. Электрофизические способы предпосевной обработки экологически безопасны и могут применяться как комплексные меры по защите и стимуляции растений. Несмотря на большое количество работ, посвященных электрофизическим способам предпосевной обработки, получаемые результаты не однозначны, а применяемые технические средства требуют совершенствования. В статье приведены положительные результаты влияния вибрации на равномерность облучения электромагнитным полем сверхвысокой частоты. Результаты указывают на то, что виброожиженный слой, формируемый в камере облучения, способствует более равномерному прогреву зернового материала по сравнению с нагревом статически расположенного зерна. В статье также приведены результаты влияния электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на посевные качества и зараженность патогенами ярового овса. Так, при обработке зерна обеспечивается уничтожение спор некоторых заболеваний при незначительном снижении всхожести и энергии прорастания. Полученные результаты говорят о том, применение электрофизических способов воздействия должно решать компромиссную задачу, с соблюдением уровня температурного воздействия с целью сохранения жизнедеятельности зародыша.

Ключевые слова: ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА, ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ, СВЧ, ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА, ВСХОЖЕСТЬ, ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ, ВИБРАЦИЯ, РАВНОМЕРНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Введение

Экологическая составляющая технологических процессов все больше играет значительную роль в производстве конечной продукции. Такая тенденция, сформировавшаяся в последнее десятилетие, коснулась и сельскохозяйственного производства. Так, в ведущих европейских странах популярно органическое сельское хозяйство, позволяющее получать продукцию животноводства и растениеводства без применения химических добавок. Однако, такая концепция, в частности в растениеводстве, требует принципиально нового подхода к защите от болезней и вредителей, и к стимулированию посевных качеств.

Одними из наиболее перспективных способов, направленных на решение проблемы защиты семян и стимулирование роста, являются электрофизические способы воздействия. Достаточно широко и полно проведены исследования ЭМП СВЧ на посевные качества семенного материала, как российскими, так и зарубежными учеными, отмечающими некоторый положительный эффект на всхожесть и энергию роста семян сельскохозяйственных культур.

Отмечается эффективность применения предпосевной СВЧ обработки семян пшеницы и ее положительное воздействие на посевные и урожайные качества [1, 2]. Указывается при этом, что наибольший эффект достигается при обработке семян, изначально имеющих низкую способность к проращиванию, рекомендуя удельную мощность воздействия СВЧ в пределах 0,83-0,89 кВт/кг, при варьировании температуры нагрева от 38°C до 60°C.

Результаты исследований показывают также, что предпосевная стимуляция семян ЭМП СВЧ увеличивает всхожесть до 7% при увеличении энергии проращивания до 6% и увеличение урожайности до 20-25% [3-5].

Довольно широко отмечается положительное воздействие СВЧ обработки при дезинфекции семян. Воздействие с мощностью нагрева 1400 Вт, частотой 2450 МГц в течение 120 секунд позволяет уничтожить грибковые и бактериальные патогены в семенах маниока) [6]. Положительный эффект обеззараживания СВЧ достигается и для одних из наиболее распространённых зерновых культур России - пшеницы и ячменя. Так, при некотором снижении всхожести, но сохранении на уровне более 85%, зараженность «*Fusarium graminearum*» семян пшеницы может быть снижена до 4-7%. При этом, как

отмечают авторы исследования, расширение диапазона рабочих условий повысит эффективность процесса [7]. Скорость нагрева 0,4 °C/с и время воздействия обработки 30 с показали самый сильный эффект дезактивации при сохранении жизнеспособности зерна ячменя, при снижении микробной нагрузки до 80% [8-10].

Однако, несмотря на довольно большое количество исследований в этой области, результаты стимулирующего и защитного воздействия ЭМП СВЧ не так однозначны. В первую очередь это касается повышения всхожести и энергии роста семян, подвергшихся воздействию СВЧ излучения. Зачастую при снижении количества патогенов и возбудителей болезней увеличение показателей всхожести и энергии роста не превышают 5%, а порой наблюдается снижение всхожести и энергии роста. Вместе с тем, несмотря на неоднозначность результатов, интерес, проявляемый учеными к данной области, позволяет надеяться, что устойчивый положительный эффект будет достигнут.

Рассмотрим направления совершенствования технических средств предпосевной СВЧ обработки на примере установки [11] в конструкции которой заложена основа для дальнейшего повышения эффективности данного процесса.

Целью исследования является изучение влияния вибрации на однородность нагрева виброожиженного слоя семян для выявления направлений совершенствования технических средств предпосевной СВЧ обработки семенного материала.

Материалы и методы

Исследования проводились на установке для предпосевной СВЧ обработки [11], равномерность нагрева оценивалась по однородности теплового снимка, полученного с помощью тепловизора Testo с программным обеспечением IRTSoft для анализа термографических снимков, при различной продолжительности нагрева без вибрации днища и с вибрацией. Амплитуда колебаний измерялась виброметром PCE VT 204, контроль СВЧ излучения осуществлялся с помощью СЕМ DT-2G. Воздействию СВЧ поля подвергался яровой голозерный овес (сорт Вятский 2й репродукции, урожая 2020 года), показатели всхожести определялись по ГОСТ 12038-84, фитосанитарное обследование - по ГОСТ 12044-93. Оценка равномерности температурных значений проводилась по коэффициенту вариации.

Результаты исследования

Задачей, на решение которой было направлено изобретение (рис. 1), являлось повышение равномерности обработки семенного материала. Указанный результат достигался за счет создания виброожиженного слоя семян в зоне действия магнетрона.

Рис. 1. Схема установки для СВЧ обработки семенного материала

Примечания: 1 – бункер, 2 – дозатор, 3 – магнетроны СВЧ камеры, 4 – желоб, 5 – пружинная подвеска, α - угол наклона желоба, 6 – механизм изменения угла направления колебаний β - угол направления колебаний 7- эксцентрики, 8 – электродвигатель, 9 – механизм изменения угла наклона желоба, 10 – поворотная рама, 11 - остова

Принято считать, что основное воздействие, оказываемое ЭМП СВЧ на помещенные внутри его тела является тепловым (формирующееся за счет проникновения через тела волн и по аналогии с электрическим током, чем большим сопротивлением обладает тело, тем интенсивнее оно разогревается). Так, тела с высоким содержанием воды, имеющей высокую проводимость, подвергаются нагреву дольше. Поскольку нагрев семян в ЭМП СВЧ происходит кратковременно, то нетепловое воздействие ЭМП СВЧ не успевает

оказать воздействия, к тому же остается до конца не изученным.

Поэтому для оценки равномерности воздействия СВЧ излучения на слой семян, помещенных внутрь применялась термография, позволяющая по тепловым пятнам оценивать равномерность нагрева.

При проведении эксперимента равный объем семян помещался в СВЧ камеру, где подвергался СВЧ воздействию при стационарном положении днища транспортера (статическая СВЧ камера) и при его вибрации (динамическая СВЧ камера). Вибрация днища СВЧ камеры осуществлялась за счет электродвигателя 8, с расположенными на концах его вала эксцентриками 7 (рис. 1). Работа двигателя на номинальной частоте в 50Гц обеспечивала частоту вибрации $n=2950 \text{ мин}^{-1}$, при амплитуде колебаний в центре днища 0,05мм.

При анализе термографических снимков, полученных в обоих типах СВЧ камеры (рис. 2), можно отметить одну общую закономерность, а именно, несколько большая температурная напряженность наблюдается в зоне, расположенной под магнетроном. Но в случаях, когда облучение проводилось в динамической СВЧ камере, разница не превышает нескольких градусов.

При визуальной оценке термографических снимков, выполненных без вибрации днища и с вибрацией, неравномерность теплового поля существенно отличается. Так на снимках без вибрации (рис. 2а, 2в) присутствует значительное количество локальных температурных участков с температурой, превышающей среднюю, в отличие от снимков, полученных при облучении в динамической СВЧ камере (рис. 2б, 2г).

Шкала температурных интервалов также показала больший разброс температурных значений на снимках, полученных в статической СВЧ камере по сравнению с облучением в динамической СВЧ камере.

С целью подтверждения визуального отличия неравномерности нагрева в различного типа камерах была проведена статистическая обработка температурных профилей полученных термоснимков. Для этого через участок термоснимка, имеющий температурный пик, проводилась конода (линия АВ, рис. 2 а), что позволяло в программном обеспечении IIRSoft получить температурные профили (рис. 3).

а)

б)

Рис. 2. Влияние условий облучения на равномерность СВЧ облучения

Примечания: а) – 40 секунд, статическая СВЧ камера; б) – 40 секунд, динамическая СВЧ камера; в) – 60 секунд, статическая СВЧ камера; г) – 60 секунд, динамическая СВЧ камера

Рис. 3. Температурные профили

Примечания: а) – 40 секунд, статическая СВЧ камера; б) – 40 секунд, динамическая СВЧ камера; в) – 60 секунд, статическая СВЧ камера; г) – 60 секунд, динамическая СВЧ камера

Оценка равномерности полученных температурных значений по статистическим критериям, таким как дисперсия и коэффициент вариации (табл. 1) показал, что нагрев, осуществляемый в динамической СВЧ камере, формирующей псевдоожиженный слой более равномерный, чем когда семена находятся в статическом положении относительно СВЧ излучателя и поверхности, на которой расположены.

Таблица 1. Результаты математической оценки равномерности температурных профилей

Показатель	40с. статика	40с. динамика	60с. статика	60с. динамика
Коэффициент вариации C_v , %	57	12	27	5
Дисперсия σ^2	99	22	189	6

Необходимо отметить, что согласно коэффициенту вариации, который при обработке в течение 40 секунд практически вдвое превышает пороговое значение, а при облучении в течение 60 секунд близок к пороговому значению, неравномерность нагрева при обработке в статической камере имеет существенные значения. При обработке в

динамической СВЧ камере коэффициент вариации незначителен, что говорит о несутественном разбросе значений температуры.

С целью исследования теплового воздействия ЭМП СВЧ на посевные качества семян: всхожесть и энергию прорастания, а также определения предельно допустимой временной границы воздействия и выявления направления совершенствования процессов СВЧ обработки на установке для предпосевной СВЧ обработки [11] проведены эксперименты.

Продолжительность облучения семян в ЭМП СВЧ составляла 40, 50 и 60 секунд, обработка осуществлялась с вибрацией желоба транспортера для обеспечения псевдооживленного слоя. В результате было установлено, что энергия прорастания семян снижается от 4 до 11%, при снижении всхожести от 2 до 7% в зависимости от продолжительности воздействия (рис. 4).

Однако, СВЧ воздействие позволяет снизить зараженность гельминтоспориозом, споры которого могут выдерживать температуру до 40°C и альтернариозом. Первый из них был выявлен только в контрольном образце, а зараженность альтернариозом присутствовала только в образце, подвергнутому облучению в течение 50 секунд, в количестве в 5 раз меньшем, чем в контрольном образце. Средние значения температуры при СВЧ обработке находились в интервале от 34 до 44°C, при достижении максимальных значений в интервале от 49 до 55°C.

Рис. 4. Влияние продолжительности воздействия ЭМП СВЧ на посевные качества семян

Обсуждение результатов

Применение вибрации желоба транспортера при обработке семян ЭМП СВЧ дало несомненно положительный эффект с точки зрения обеспечения равномерности облучения и может быть взято как одно из направлений совершенствования технических средств, в основе которых лежит не только СВЧ воздействие, но и любой другой способ лучевого электрофизического, особенно прямолинейного воздействия, например, ультрафиолетового облучения.

Снижение посевных качеств семян при СВЧ обработке в первую очередь связано с превышением температурного порога выше 40-42°C, что вызывает денатурацию белка и снижение биологической активности зародыша. Решением проблемы может быть изотермическое воздействие ЭМП СВЧ при температуре, не превышающей пороговое значение, вызывающее гибель зародыша, что также будет способствовать за счет увеличения времени обработки раскрытию нетеплового воздействия СВЧ на семена. Также с целью снижения тепловой нагрузки на семена целесообразным может быть СВЧ обработка предварительно увлажненных семян, что снизит вероятность перегрева и создаст дополнительный стимулирующий эффект.

Заключение

Обработка семенного материала электрофизическими способами, такими как СВЧ облучение, ультрафиолетовое облучение и т.д. будет наиболее эффективна при формировании псевдоожиженного слоя обрабатываемых семян. При этом в тех случаях, когда преобладает выраженное тепловое воздействие, наиболее целесообразно обеспечивать изотермическую выдержку при температурах, не вызывающих гибель зародыша. При СВЧ обработке необходимо решать компромиссную задачу по снижению количества патогенов и возможному снижению посевных свойств семян, а не ориентироваться на достижение только одного показателя.

Список использованных источников

1. Vendin S.V., Saenko Y.V., Kitaeva O.V., Solovev S.V., Kazakov K.V., Ulyantsev Y.N. Results of experimental studies on using MWF electromagnetic field energy for pre-sowing treatment of grain crops // International Journal of Advanced Science and Technology. - 2020. -

№ 29(3). Р. 3747-3763.

2. Kipriyanov F.A., Savinykh P.A., Isupov A.Yu., Plotnikova Yu.A., Medvedeva N.A., Belozeroва S.V. Prospects for the use of microwave energy in grain crop seeding // Journal of Water and Land Development. - 2021. - Т. 49. - № 4-6. - С. 74-78.

3. Вербицкая Н.В., Соболева О.М., Кондратенко Е.П. Особенности воздействия электромагнитного поля на посевные качества семян пшеницы // Сборник научных трудов ВНИИОК. - 2014. - №7.

4. Червяков А.В., Курзенков С.В., Циркунов А.С. Изучение влияния СВЧ-обработки на посевные качества семян зерновых культур // Вестник Барановичского государственного университета. - Серия: Технические науки. - 2013. - Т. 1. - № 1. - С. 194-200.

5. Хасанов Э.Р. Предпосевная обработка семян токами СВЧ с последующей инкрустацией // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2013. - Т. 45. - № 5. - С. 83-86.

6. Lozano J.C., Laberry R., Bermudez A. Microwave treatment to eradicate Seed-borne pathogens in cassava true seed // Journal of Phytopathology. - 1986. - 117 (1). - P. 1-8. Doi: [10.1111/j.1439-0434.1986.tb04353.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1986.tb04353.x)

7. Bhaskara Reddy M.V., Raghavan G.S.V., Kushalappa A.C., Paulitz T.C. Effect of microwave treatment on quality of wheat seeds infected with fusarium graminearum // Journal of Agricultural and Engineering Research. - 1998. - 71 (2). - P. 113-117. Doi: [10.1006/jaer.1998.0305](https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0305)

8. Kretova Y., Tsiurlnichenko L., Naumenko N., Popova N., Kalinina I. The application of micro-wave treatment to reduce barley contamination // Agronomy Research. - 2018. - 16 (5). - P. 2079-2087. Doi: [10.15159/AR.18.198](https://doi.org/10.15159/AR.18.198)

9. Kakati B., Bujarbarua S., Bora D. An eco-friendly, pollution-free process for seed germination and plant yield // Paper presented at the AIP Conference Proceedings. - 2019. - 2091. Doi: [10.1063/1.5096512](https://doi.org/10.1063/1.5096512)

10. Rifna E.J., Ratish Ramanan K., Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination // Trends in Food Science and Technology. - 2019. - № 86. - P. 95-108. Doi: [10.1016/j.tifs.2019.02.029](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.029)

11. Патент РФ №2754444С1 Устройство для предпосевной обработки семян. По заявке №2012111630/13. Оpubл. 20.11.2013. [Электрон. ресурс] Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2498551C1_20131120

Цитирование:

Киприянов Ф.А., Савиных П.А. К вопросу о совершенствовании технических средств для предпосевной СВЧ обработки семенного зерна [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. - 2022. - №1. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st_111.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202121111>.