

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

Построенная модель влияния электромагнитного поля сверхвысокой частоты на зерно пшеницы свидетельствует, что для улучшения посевных характеристик семян с влажностью 14 % экспозиция обработки СВЧ-полем не должна превышать 6–7 секунд, с влажностью 18 % – 6–12 секунд.

Ключевые слова: электромагнитная обработка, СВЧ-поле, предпосевная обработка, яровая мягкая пшеница, энергия прорастания, всхожесть, модель.

*E.P. Kondratenko, O.M. Soboleva,
I.V. Egorova, N.V. Verbitskaya*

THE SIMULATION OF THE WHEAT SEED SOWING QUALITY CHARACTERISTICS UNDER THE INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC PROCESSING

The constructed model of the ultrahigh frequency electromagnetic field influence on the wheat grain testifies that for the sowing characteristic improvement of the seed with the humidity of 14% the exposition of processing by a microwave field shouldn't exceed 6-7 seconds, with the humidity of 18% – 6-12 seconds.

Key words: electromagnetic processing, microwave field, pre-seeding processing, spring soft wheat, germination energy, germination capacity, model.

Введение. Изучением воздействия ЭМП СВЧ (электромагнитного поля сверхвысокой частоты) на семена различных культур занимались многие ученые [5, 7, 8]. Получены различные данные, чаще – обнадеживающие, но иногда полностью противоположные [6]. Одной из проблем данного научного направления является то, что экспериментаторы ограничены в выборе используемых режимов – мощности, частоты, продолжительности и других параметров. Одним из путей решения данного вопроса является метод математического моделирования, способный довольно точно спрогнозировать ответ растений на электромагнитное воздействие.

Цель исследований. Построить модель изменения посевных характеристик зерна яровой мягкой пшеницы под влиянием ЭМП СВЧ.

Задачи исследований: изучить характер воздействия ЭМП СВЧ одинаковой частоты и мощности, но разной продолжительности (экспозиции) на зерно пшеницы различной влажности; на основе полученных данных построить модель изменения энергии прорастания и всхожести семян под влиянием ЭМП СВЧ.

Объектом исследований служили 6 районированных сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости, выращиваемых на сортоиспытательном участке Акмолинской области Республики Казахстан. К раннеспелой группе относится сорт Целина 50, к среднеспелой – сорта Астана, Акмола 2, Целинная 3 С, к среднепоздней группе – сорта Карабалыкская 90, Целинная Юбилейная. Лабораторные испытания проводились в 2010–2012 гг.

Методы исследований. Предпосевная обработка семян проводилась электромагнитными волнами на установке Panasonic NN-SM330WZPE мощностью 1,2 кВт. Предварительно осуществлялся поиск наиболее приемлемых режимов воздействия на зерно, исследования проводились со временем обработки от 0 до 60 с, после выбраковки было решено оставить следующие варианты экспозиций: в течение 5, 10, 15 с. Для решения задач исследования использовали сухое (14 %) и увлажненное (18 %) зерно; изучались качественные характеристики (энергия прорастания и всхожесть) посевного материала.

Для построения модели часто применяются экспериментально-статистические методы, которые помогают в изучении влияния различных факторов на рассматриваемый процесс [1]. Выбор плана эксперимента определяется постановкой задачи исследования и особенностями исследуемого объекта.

Математические методы планирования эксперимента позволяют получить модель исследуемого процесса в реализованном диапазоне изменения многих факторов, влияющих на процесс, наиболее экономичным и эффективным способом. Они позволяют варьировать одновременно все факторы и получать количественные оценки основных эффектов и эффектов взаимодействия. Применение методов планирования эксперимента значительно повышает эффективность исследования. Среди них одним из важнейших методов является полный факторный эксперимент 2^n , $n \in N = 1, 2, 3, \dots$ [3–4].

Результаты исследований. Результаты изучения энергии прорастания и всхожести семян пшеницы представлены в таблицах 1–2. Показано, что исследуемые семена пшеницы обладают довольно высокими уровнями энергии прорастания и всхожести – в пределах от 88,5 до 96 % и, таким образом, соответствуют требованиям ГОСТ Р 52325-2005 для репродукционных семян, предназначенных для производства товарной продукции [2]. Что касается всхожести предварительно увлажненных семян, то почти все они (за исключением пшеницы сорта Карабалыкская 90) соответствуют элитным.

Данные сравнения для контрольных, необлученных образцов зерна показывают, что изучаемые сорта имеют примерно одинаковую энергию прорастания – разница между отдельными сортами не превышает 4 % для сухого зерна (14 %) и 5,75 % – для увлажненного (18 %). Для всхожести эти расхождения еще ниже: 3,25 и 5 % соответственно. При этом налицо улучшение посевных характеристик при предварительном намачивании зерна.

Таблица 1

Изменение энергии прорастания семян пшеницы в зависимости от продолжительности обработки СВЧ-полем, %

Сорт	Энергия прорастания, %			
	Экспозиция, с			
	0	5	10	15
Влажность семян 14 %				
Акмола 2	90,75	93,75	51,75	39,75
Карабалыкская 90	91,50	96,50	87,75	38,75
Целинная Юбилейная	92,50	95,50	64,75	64,25
Целина 50	88,50	96,75	58,50	27,00
Целинная ЗС	88,75	93,50	50,00	15,00
Астана	91,00	93,25	51,00	40,00
Влажность семян 18 %				
Акмола 2	92,00	96,75	59,25	23,50
Карабалыкская 90	90,25	94,75	65,75	27,00
Целинная Юбилейная	93,00	97,75	72,00	68,50
Целина 50	96,00	99,00	95,50	54,00
Целинная ЗС	92,75	96,75	70,00	23,25
Астана	91,25	97,00	58,75	23,00

При использовании сухого необлученного зерна максимальной энергией прорастания и всхожестью обладал сорт Целинная Юбилейная, влажного – Целина 50. Под влиянием СВЧ-обработки семена пшеницы демонстрируют сортовые различия. Так, например, при 5 с облучения максимальная энергия прорастания зарегистрирована у сортов Целина 50 (оба варианта влажности) и Карабалыкская 90 (сухое зерно), при 10 с – Карабалыкская 90 (сухое зерно) и Целина 50 (влажное зерно), при 15 с – Целинная Юбилейная (оба варианта влажности).

Воздействие ЭМП при минимальной продолжительности обработки 5 с приводит к незначительному увеличению энергии прорастания у всех сортов – в среднем на 4,4–4,5 %, независимо от вида используемого зерна (сухое или увлажненное), а всхожесть и того меньше – 4–4,3 %. Однако при более детальном подходе можно заметить небольшие сортовые особенности. Так, например, зерно сорта Целина 50 с влажно-

стью 14 % отвечает на воздействие СВЧ-поля наиболее активно – разница в энергии прорастания между контрольным и облученным вариантом составляет 8,25 %, разница по всхожести – 7,5 %.

Увеличение времени обработки до 10 с негативно сказывается на посевных качествах исследуемого зерна – в среднем у всех сортов отмечается снижение энергии прорастания до уровня 60,6 и 70,2 % соответственно (сухое и влажное зерно), в то время как для контрольных вариантов эти значения равны 90,5 и 92,5 %. Аналогично происходит и снижение всхожести обработанных семян: в среднем по всем сортам данный показатель составил 65,1 и 73,3 % (зерно влажностью 14 и 18 % соответственно).

Таблица 2

Изменение всхожести семян пшеницы от продолжительности обработки СВЧ-полем, %

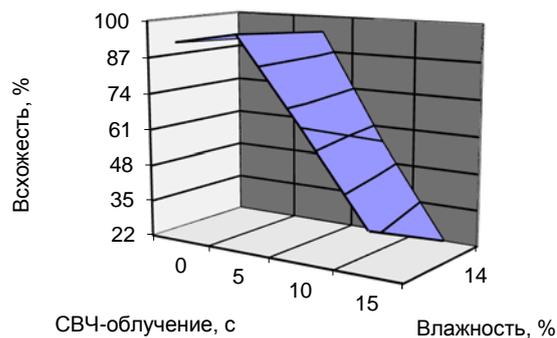
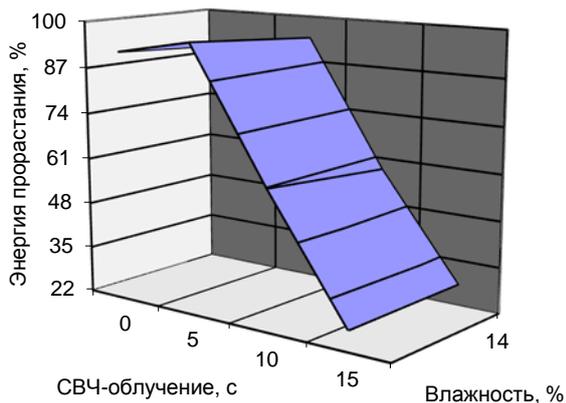
Сорт пшеницы	Всхожесть, %			
	Экспозиция, с			
	0	5	10	15
Влажность 14%				
Акмола 2	91,75	94,25	52,75	42,25
Карабалыкская 90	92,5	96,75	93,25	44,25
Целинная Юбилейная	93	96,25	73,5	74,25
Целина 50	89,5	97	59,75	29
Целинная 3 С	89,75	93,5	59,5	16,5
Астана	91,5	94,25	52	40,75
Влажность 18%				
Акмола 2	92,75	97,25	63	24,75
Карабалыкская 90	91	96	67,25	28,75
Целинная Юбилейная	94	98,25	77	73
Целина 50	96	99,5	96,5	62,5
Целинная 3 С	94	97,5	74,25	25,75
Астана	92	97,25	61,5	23,75

Зерно с влажностью 18 % обладает повышенной сопротивляемостью к длительному воздействию ЭМП: уменьшение энергии прорастания в среднем по всем сортам произошло только на 22,3 % (всхожести – на 20 %), в то время как у сухого зерна этот показатель снизился на 29,9 % (всхожести – на 26,2 %).

Дальнейшее увеличение продолжительности СВЧ-обработки еще более негативно сказывается на жизнеспособности зародыша и, соответственно, на энергии прорастания семян и их всхожести. В среднем по всем сортам разница энергии прорастания между вариантами при 15 с и контрольными вариантами составила 53 % (влажность 14 %) и 56 % (влажность 18 %), разница всхожести – 50,1 и 53,6 % соответственно.

В целом можно сказать, что данная тенденция характерна для большинства изучаемых сортов пшеницы. Однако из общего ряда выбиваются два сорта: так, у семян сорта Целинная 3С снижение показателей происходит очень резко: например, уровень энергии прорастания при 15 с обработки составляет всего 16,9 % от контрольных значений. Кроме того, пшеница сорта Целинная Юбилейная продемонстрировала наибольшую устойчивость к облучению даже при длительной экспозиции – энергия прорастания при 15 с обработки сохранялась на уровне 64,25–68,5 %, всхожесть – 73–74,25 %, в то время как остальные сорта демонстрировали резкое снижение жизнеспособности семян. Таким образом, отдельные сорта оказываются чрезвычайно чувствительными к длительному воздействию ЭМП СВЧ и резко снижают свою жизнеспособность.

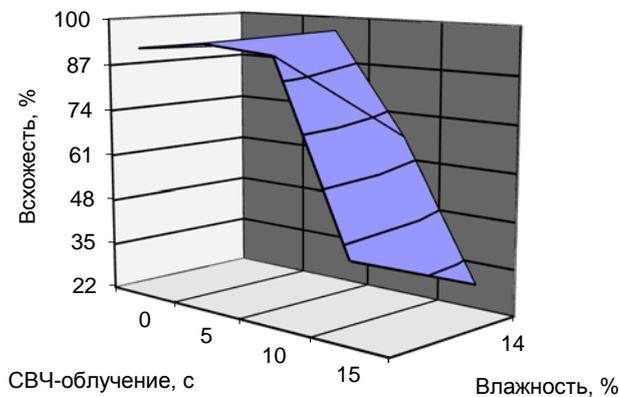
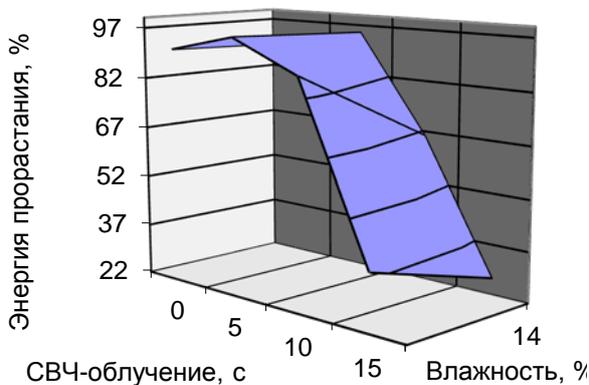
Проведен анализ выполненного вычислительного эксперимента с различными моделями, связывающими продолжительность обработки семян с указанными выше показателями. Он позволяет утверждать, что на величину энергии прорастания и всхожести посевного материала однозначно влияет увлажнение, причем в сторону увеличения значений, а продолжительность обработок СВЧ-полем оказывает более сложное влияние, которое зависит как от сорта пшеницы, так и от его влажности (рис.).



■87-100 ■74-87 ■61-74 ■48-61 ■35-48 ■22-35

■87-100 ■74-87 ■61-74 ■48-61 ■35-48 ■22-35

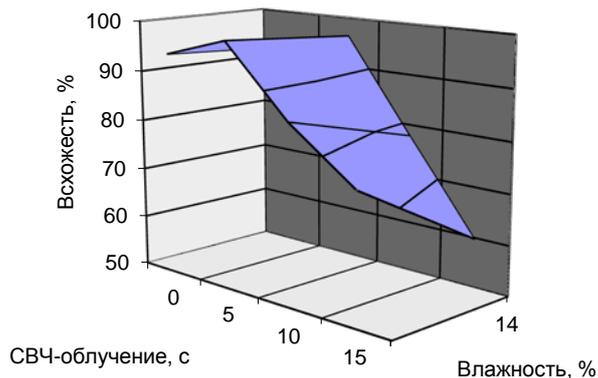
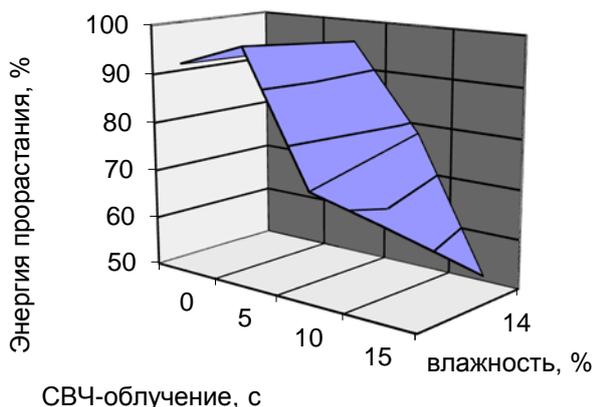
а
Акмола 2



■97-100 ■82-97 ■67-82

■22-35 ■35-48 ■48-61 ■61-74 ■74-87 ■87-100

б
Карabalыcкaя 90

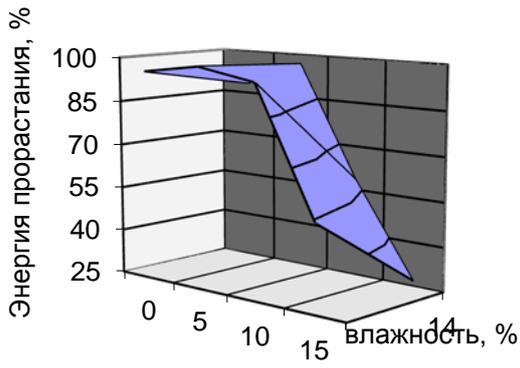


■50-60 ■60-70 ■70-80 ■80-90 ■90-100

■50-60 ■60-70 ■70-80 ■80-90 ■90-100

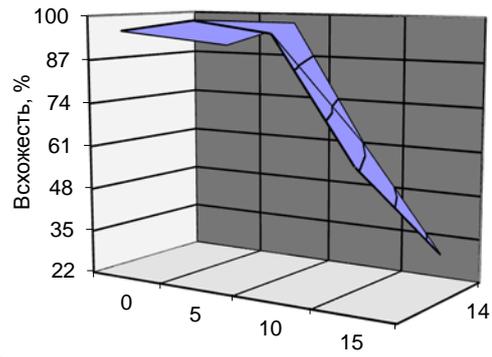
в
Целинная Юбилейная

Модели зависимости энергии прорастания и всхожести семян от продолжительности воздействия СВЧ-поля; поверхность: слева – энергия прорастания, справа – всхожесть



СВЧ-облучение, с

■ 85-100 ■ 70-85 ■ 55-70 ■ 40-55 ■ 25-40

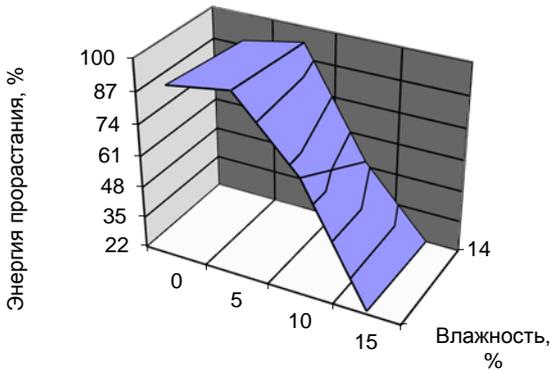


СВЧ-облучение, с

Влажность, %

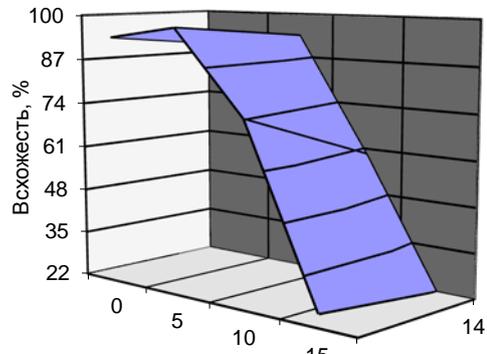
■ 22-35 ■ 35-48 ■ 48-61 ■ 61-74 ■ 74-87 ■ 87-100

Г
Целина 50



СВЧ-облучение, с

■ 22-35 ■ 35-48 ■ 48-61 ■ 61-74 ■ 74-87 ■ 87-100

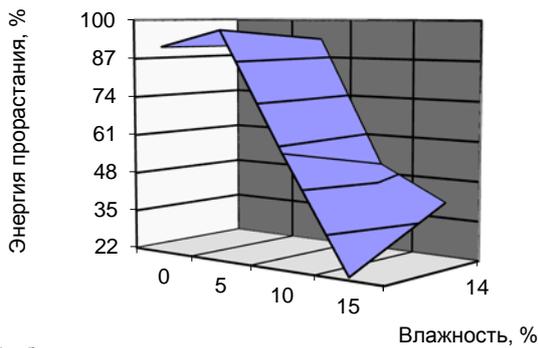


СВЧ-облучение, с

Влажность, %

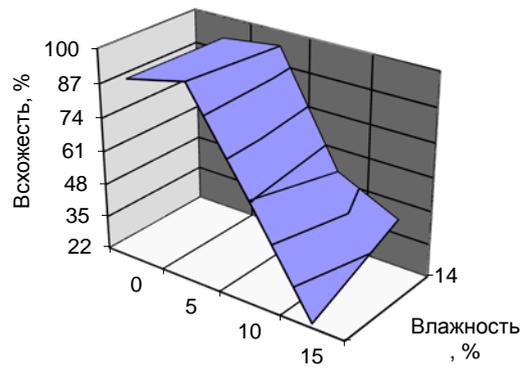
■ 22-35 ■ 35-48 ■ 48-61 ■ 61-74 ■ 74-87 ■ 87-100

Д
Целинная ЗС



СВЧ-облучение, с

■ 22-35 ■ 35-48 ■ 48-61 ■ 61-74 ■ 74-87 ■ 87-100



СВЧ-облучение, с

■ 22-35 ■ 35-48 ■ 48-61 ■ 61-74 ■ 74-87 ■ 87-100

Е
Астана

Окончание рис.

Учитывая нижние границы значений изучаемых характеристик, можно предположить, что для всех сортов пшеницы с влажностью семян 14 % экспозиция обработок СВЧ-полем не должна превышать 6–7 секунд, для семян с влажностью 18 % верхний предел продолжительности воздействия варьирует в более широких пределах и составляет от 6 до 12 секунд.

Выводы. Таким образом, обработка ЭМП СВЧ зерна яровой мягкой пшеницы способна в значительной степени влиять на энергию прорастания и всхожесть семян и изменять этот показатель в довольно широких пределах. Наиболее благоприятным режимом воздействия признан следующий: 5 секунд, влажность зерна 18 %. Яровая мягкая пшеница казахской селекции проявляет сортовую изменчивость к данному виду воздействия. Построенные модели, демонстрирующие ответ семян пшеницы на влияние ЭМП СВЧ, показывают важность такого параметра, как влажность зерна в момент обработки: семена с влажностью 18 % проявляют большую устойчивость, чем с влажностью 14 %.

Литература

1. *Алексеев Е.А., Пахомов В.Ф.* Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1987. – 271 с.
2. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2005. – 20 с.
3. *Грачев Ю.П.* Математические методы планирования эксперимента. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 200 с.
4. Математическая теория планирования эксперимента / под ред. *С.М. Ермакова*. – М.: Наука, 1983. – 392 с.
5. Морфофизиологические особенности роста и продуктивность растений пшеницы при обработке семян электромагнитными волнами сверхвысокой частоты / *И.Ф. Головацкая, О.А. Восканян, Ю.Л. Соловьев* [и др.] // С.-х. биология. – 2004. – № 1. – С. 48–55.
6. *Тютчев С.Л.* Роль и место физических методов обеззараживания зерна // Защита и карантин растений. – 2001. – № 2. – С. 15–17.
7. *Цугленок Г.И.* Система исследования электротехнологических процессов ВЧ и СВЧ-обработки семян: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Красноярск, 2003. – 35 с.
8. *Шейн А.Г., Кривонос Н.В.* Исследование воздействия низкоинтенсивного СВЧ-излучения на всхожесть зерновых // Процессы и оборудование экологических производств: мат-лы 6-й науч.-техн. конф. стран СНГ. – Волгоград: Политехник, 2002. – С. 175–179.



УДК 621.365.46:664.8.039.51:635.1.2

И.В. Алтухов

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ САХАРОСОДЕРЖАЩИХ КОРНЕПЛОДОВ

Полученные результаты исследования позволяют определить поглощательную способность корнеплодов в определённом диапазоне длин волн, что делает возможным выбрать эффективные излучатели для процесса сушки.

Ключевые слова: сахаросодержащий корнеплод, сушка, терморadiационные характеристики, излучатель.

I.V. Altukhov

THE EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF THE INFRARED DRYING OF SUGAR-CONTAINING ROOT CROPS

The received research results allow to determine the root absorbance capacity in the certain range of wavelengths, that makes it possible to choose effective radiators for the drying process.

Key words: sugar containing root crop, drying, thermo-radiative characteristics, radiator.

Введение. На сегодняшний день диапазон использования моркови, свеклы и топинамбура столь велик, что трудно осветить все их положительные качества как кормовых культур для животных и птицы, пищи для человека, сырья для получения самых различных пищевых и лекарственных продуктов и продукции технического назначения.