

# ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН КУКУРУЗЫ ЭМП СВЧ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Пушкина Н.В., Максимов С.И., Карпович В.А.  
НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, Минск,  
nadyapushkina@gmail.com

**Введение.** Исследование механизмов регуляции роста и развития растений одна из важнейших задач физиологии растений, направленная на разработку новых способов предпосевной стимуляции семенного материала для получения гарантированно высоких урожаев. Растительный организм представляет собой сложную саморегулирующуюся систему, все компоненты которой взаимосвязаны и взаимозависимы, а сигнальная система позволяет удерживать параметры гомеостаза в контролируемых пределах [1]. Переходы от одной стадии развития растения к другой сопровождаются биохимическими изменениями в составе и содержании промежуточных метаболитов, которые могут существенно меняться под действием электромагнитного поля [2]. Известны методы предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур ионизирующим излучением и различными видами тепловых воздействий, вызывающие стимулирующие эффекты ростовых параметров [3, 4]. Нами предложен метод низкоэнергетического предпосевого воздействия ЭМП СВЧ, стимулирующий ростовые параметры растений кукурузы: увеличение динамики прорастания, длины корней и проростков на начальных этапах развития растений [5]. Однако до сих пор не ясен механизм стимулирующего действия ЭМП СВЧ с растительными объектами.

В связи с этим, целью данной работы является разработка феноменологической модели, в которой бы все регуляторные уровни были увязаны в единую функциональную систему. На основании анализа литературы [3, 4, 6, 7] и собственных данных [5, 8, 9] нами была сформулирована феноменологическая модель влияния предпосевной стимуляции семян ЭМП СВЧ на начальных этапах онтогенеза.

Основные экспериментальные факты, лежащие в основе модели.

1. Предпосевная обработка семян кукурузы резонансной частотой 64-66 ГГц существенно стимулирует ростовые процессы (длину корней и проростков) на начальных этапах развития растений [5].

2. Низкоэнергетическое, кратковременное ЭМП СВЧ может вызывать физиологическую реакцию в семенах кукурузы, индуцируя избыточную активацию метаболизма, которая повышает общие адаптивные механизмы растительного организма и способствует его преадаптации к другим возможным стрессовым воздействиям [8].

3. Предпосевная обработка семян кукурузы ЭМП СВЧ вызывает реакцию, которая стимулирует накопление биомедиаторов липоидной природы, что выражается в увеличении длины корней и проростков [8].

Феноменологическая модель влияния предпосевной стимуляции семян кукурузы ЭМП СВЧ на начальных этапах онтогенеза

Феноменологическая модель стимулирующего эффекта действия предпосевной ЭМП СВЧ обработки семян кукурузы описывается известным логистическим уравнением (1) и соответствует графику распределения функции (рисунок 1), который отражает изменение количества проросших семян от времени:

(1)

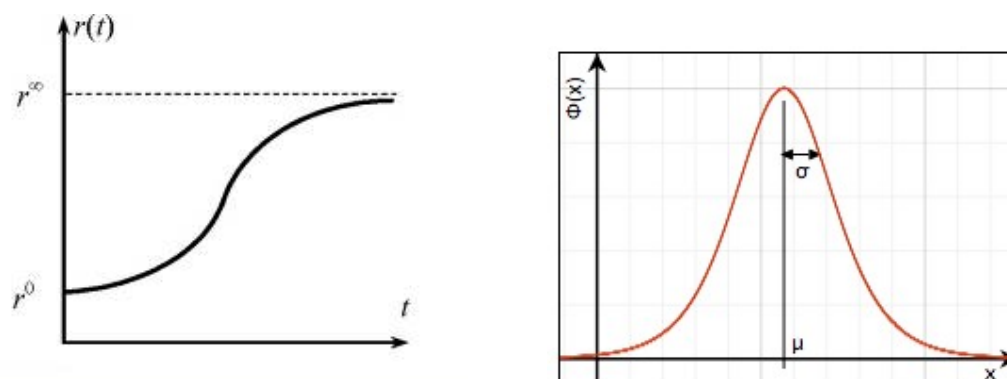


Рисунок 1 – Логистическая кривая (А) и функция распределения (Б)

По результатам динамики прорастания семян, полученных в лабораторных опытах, построены логистические функции (Рисунок 2) и методом нелинейной аппроксимации определены их параметры (Таблица 1). Зависимость параметров от режима предпосевной обработки показывает, что данные эквиваленты логистической функции распределения скорости роста (рисунок 2 Б), которая селективна к выбору частот электромагнитного поля и зависит от времени предпосевого ЭМП СВЧ воздействия на семена кукурузы сорта Дарья.

Таблица 1 – Коэффициенты логистической функции прорастания семян

| Варианты опыта | a     | b     | c    |
|----------------|-------|-------|------|
| Контроль       | 1.227 | 0.708 | 4.18 |
| Режим 1        | 0.969 | 1.379 | 2.8  |
| Режим 2        | 0.979 | 1.427 | 2.79 |
| Режим 3        | 0.956 | 1.464 | 2.7  |

В зависимости от режима предпосевной ЭМП СВЧ обработки семян кукурузы сорта Дарья распределение скоростей прорастания характеризуется уменьшением разброса (дисперсии), это является свидетельством увеличения

не только динамики их прорастания, но и однородности семенного материала по скорости появления проростков.

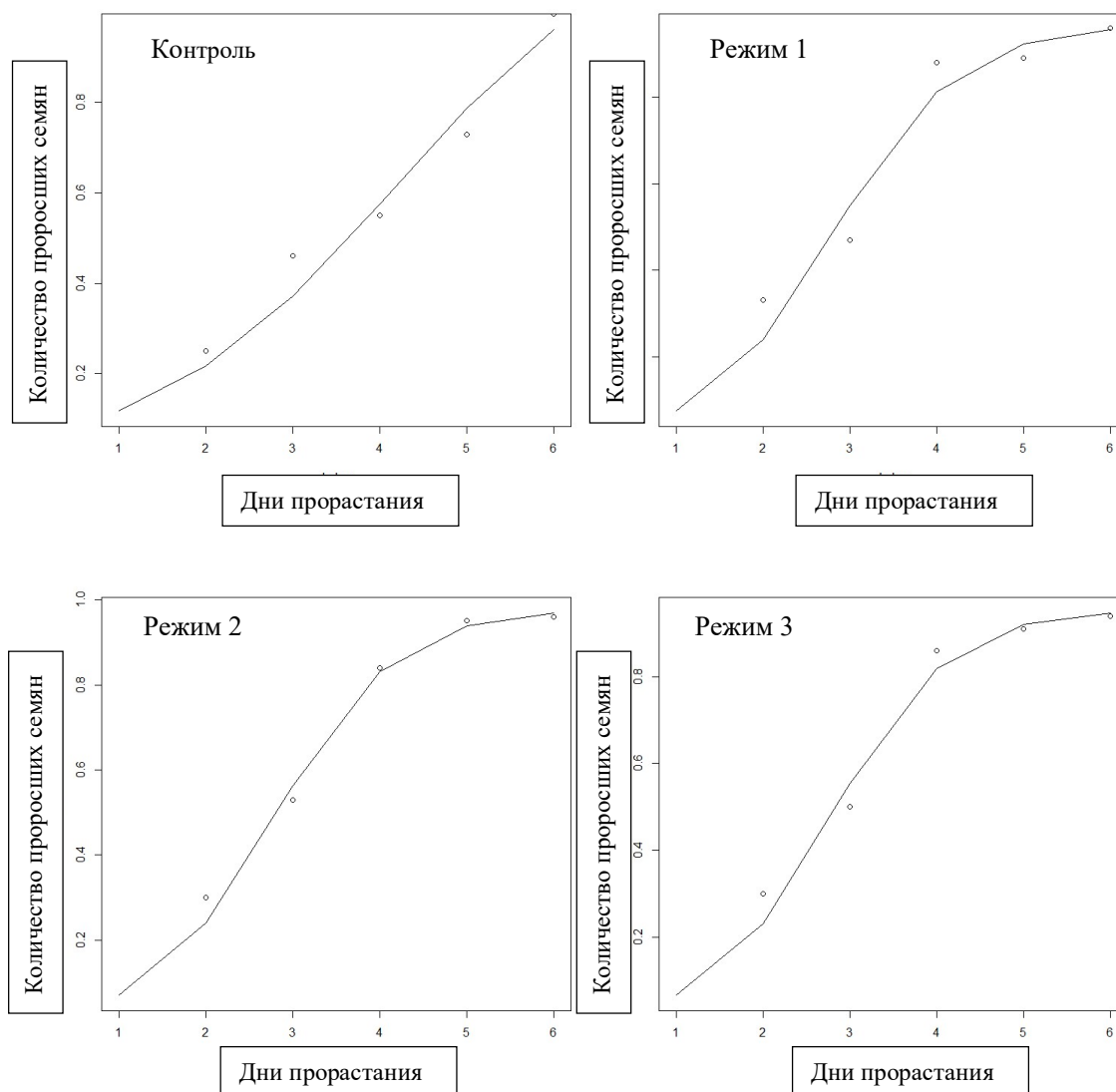


Рисунок 2 – Логистические функции динамики прорастания семян кукурузы сорта Дарья после предпосевной ЭМП СВЧ обработки семян (Режим 1 – частота 64-66 ГГц, время 8 мин; Режим 2 – частота 64-66 ГГц, время 12 мин; Режим 2 – частота 64-66 ГГц, время 20 мин)

Зависимость разброса скорости прорастания от режима предпосевной обработки ЭМП СВЧ представлена на рисунке и формулами (2-5).

Контроль 
$$y = 1.227 / (1 + \exp(-0.708(x - 4.18))) \quad (2)$$

Режим 1 (частота 64-66 ГГц, 8 мин) 
$$y = 0.969 / (1 + \exp(-1.379(x - 2.8))) \quad (3)$$

Режим 2 (частота 64-66 ГГц, 12 мин) 
$$y = 0.979 / (1 + \exp(-1.427(x - 2.79))) \quad (4)$$

Режим (частота 64-66 ГГц, 20 мин)  $y = 0.956 / (1 + \exp(-0.708(x - 2.7)))$  (5)

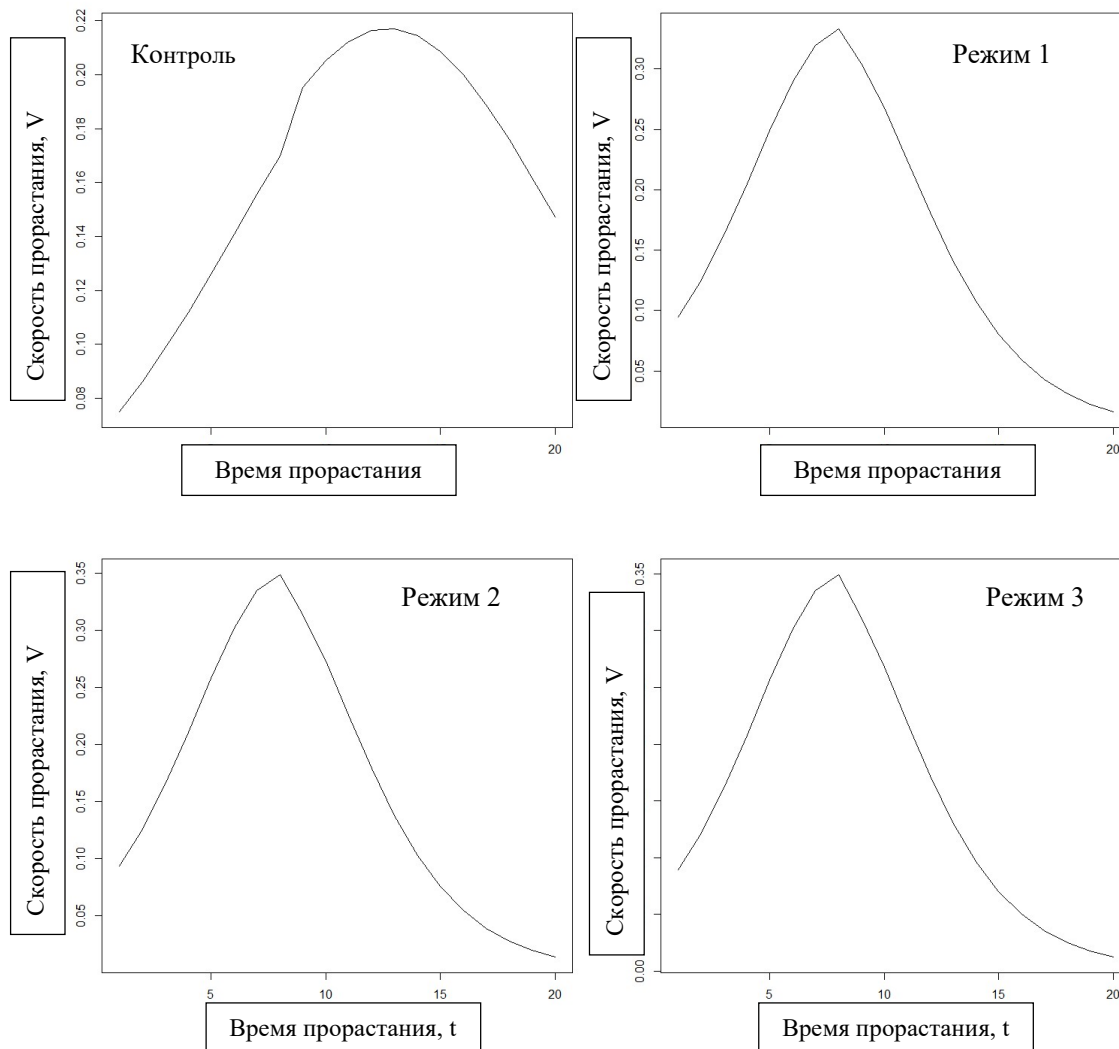


Рисунок 3 – Зависимость разброса скорости прорастания от режима предпосевной обработки ЭМП СВЧ  
(Режим 1 – частота 64-66 ГГц, время 8 мин; Режим 2 – частота 64-66 ГГц, время 12 мин; Режим 2 – частота 64-66 ГГц, время 20 мин)

Предлагаемая феноменологическая модель влияния предпосевной стимуляции семян ЭМП СВЧ на начальных этапах онтогенеза позволяет объединить разрозненные данные, имеющие отношение к регуляции роста и развития проростков кукурузы в различных физиологических условиях, и объяснить рост корней и проростков в условиях действия стресс-факторов, что открывает перспективы для управления над этими процессами в условиях организма в целом. Показано, существенное увеличение динамики прорастания семян кукурузы после предпосевной ЭМП СВЧ обработки Режимом 2, что характеризуется дружностью прорастания семян.

Надежность вышеописанной фенологической модели подтверждается многократными лабораторными и полевыми экспериментами.

#### Список литературы:

1. Поляков В.Ю., Зацепина О.В., Киреев И.И. и др. Структурно-функциональная модель митотической хромосомы // Биохимия. – 2006. – Т.71, №1. – С.6-16.
2. Racuciu, M. 50 Hz Frequency Magnetic Field Effects on Mitotic Activity in the Maize Root / M.Racuciu // Romanian Journal of Biophysics. – 2011. – Vol.21, No.1. – P. 53-62.
3. Tabatabael, S.A., Ansaris O. Predicting seed germination of safflower (*Carthamustinctorius*) cultivars using hydrotimе model / Ceretari Agronomiceim Moldove, Vol. L, No. 1(169). 2017. – P. 79-87/
4. Mesgaran, M.B., Mashhadi, H.R., Alizadeh, H., Hunt, J., Young, K.R., Cousens, R.D. (2013).Importance of distribution function selection for hydrothermal time models of seed germination. *Weed Res.*, 53(2): 89-101.
5. Пушкина Н.В., Карпович В.А. Оптимизация времени и диапазона резонансных частот воздействия на всхожесть растений / Н.В. Пушкина, В.А. Карпович // Труды БГУ. – 2016. – Т 11. , ч.2 . – С. 156-163.
6. Mohammad R.,Faezeh Z.Effect of some environmental factors on seed germination of *Eryngiumcaeruleum* M. Bieb. Populations / Acta Bot. Bras. vol.31 no.2 Belo Horizonte Apr./June 2017
7. Amini V, Zaefarian F, Rezvani M. Interspecific variations in seed germination and seedling emergence of three *Setaria* species. *Brazilian Journal of Botany* 38.2015. – P. 539-545.
8. Пушкина Н.В., Курченко В.П. Влияние резонансных частот на ростовые процессы и их регуляцию в корнях и проростках/ Н.В. Пушкина, В.П. Курченко // Труды БГУ. – 2016 – Т 11. , ч. 2 . – С. 164-183.
- 9.Пушкина Н.В., Курченко В.П. Влияние резонансных частот на рост, развитие и урожайность в условиях полевых опытов / Н.В. Пушкина, В.П. Курченко // Труды БГУ. – 2016– Т 11. , ч. 2. – С. 184-198.

#### ЭФФЕКТИВНАЯ МИКРОТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КУРИНОГО ЭМБРИОНА НА РАННИХ ЭТАПАХ ЭМБРИОГЕНЕЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТОДА

Ржепаковский И.В.<sup>1</sup>, Тимченко Л.Д.<sup>1</sup>, Писков С.И.<sup>1</sup>, Аванесян С.С.<sup>1</sup>,  
Сизоненко М.Н.<sup>1</sup>, Привалова К.А.<sup>1</sup>, Арешидзе Д.А.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь,  
78igor@mail.ru

<sup>2</sup>Московский государственный областной университет, г. Москва

*Развивающийся куриный эмбрион является удобной моделью для доклинических исследований фармакологической безопасности кандидатов*