

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕПОСЕВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН

## COMPARATIVE ANALYSIS OF PRE-SOWING SEED STIMULATION

**Гарибян Ц.С.**<sup>1</sup> – кандидат технических наук, научный сотрудник группы аэропнных технологий выращивания растений

**Воробьева Г.И.**<sup>2</sup> – доктор биологических наук, зав. лабораторией сельскохозяйственной биотехнологии

**Буторова И.А.**<sup>2</sup> – кандидат биологических наук, зав. лабораторией биологически активных веществ

**Акопян В.Б.**<sup>2</sup> – доктор биологических наук, зав. сектором биосинтеза

**Бамбура М.В.**<sup>2</sup> – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

**Мартirosyan В.В.**<sup>1</sup> – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник группы аэропнных технологий выращивания растений

**Мартirosyan Л.Ю.**<sup>1</sup> – младший научный сотрудник группы аэропнных технологий выращивания растений

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ)

127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская 42  
E-mail: valentbond@mail.ru, tsovinar1980@mail.ru, yumart@yandex.ru

<sup>2</sup> АО «Государственный научно-исследовательский институт биосинтеза белковых веществ» (АО «ГосНИИсинтезбелок») 109004, Россия, г. Москва, ул. Александра Солженицына, дом 27  
E-mail: gvorobieva@yandex.ru, yashina\_butorova@mail.ru, akopyan1941@mail.ru, mariya-bambura@yandex.ru

**Обсуждаются некоторые механизмы специфической и неспецифической предпосевной стимуляции семян, в том числе ультразвуком и фитостимулятором, содержащим меланины дрожжей *Nadsoniella nigra*. Показана возможность их применения для интенсификации прорастания семян и развития растений. На основании представления об ограниченном резерве роста и развития живых систем, а также о природе его реализации обсуждается причина разброса результатов: от безусловной стимуляции до катастрофического подавления процессов роста и развития, полученных исследователями при предпосевной обработке семян разными методами.**

**Ключевые слова:** семена, стимуляция, ультразвук, фитостимулятор.

### Введение

Поиски методов повышения урожайности растений всегда актуальны, среди них особое место занимают способы предпосевной стимуляции семян. Многие из них были обнаружены чисто эмпирически: оказалось, что увеличить урожайность можно обрабатывая семена перед посевом химическими веществами, подвергая их механическому или термическому воздействию, влиянию ионизирующих и неионизирующих излучений, а также ультразвука [1].

Однако общий подход, основанный на биологической роли формы жизни, представляемой семенами, позволяет наметить новые пути вскрытия резервов роста и развития как сельскохозяйственных, так и экзотических природных культур растений.

**Gharibyan Ts.S.**<sup>1</sup> – candidate of Technical Sciences

**Vorobiova G.I.**<sup>2</sup> – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Agricultural Biotechnology

**Butorova I.A.**<sup>2</sup> – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Biologically Active Substances

**Akopyan V.B.**<sup>2</sup> – Doctor of Biological Sciences

**Bambura M.V.**<sup>2</sup> – Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher

**Martirosyan V.V.**<sup>1</sup> – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

**Martirosyan L. Yu.**<sup>1</sup> – Junior Scientist, Research Fellow

<sup>1</sup> Federal State Budget Scientific Institution «All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology» 42, Timiryazevskaya str., Moscow 127550, Russia  
E-mail: valentbond@mail.ru, tsovinar1980@mail.ru, yumart@yandex.ru

<sup>2</sup> AO «State Scientific-Research Institute of Biosynthesis of Proteins» 27, A. Solzhenitsyna str., Moscow 109004, Russia  
E-mail: gvorobieva@yandex.ru, yashina\_butorova@mail.ru, akopyan1941@mail.ru, mariya-bambura@yandex.ru

**There are considered some mechanisms of specific and non-specific pre-sowing stimulation of seeds, including ultrasound and phytostimulator containing melanins of yeast *Nadsoniella nigra*. The possibility of their application for intensification of germination of seeds and development of plants are shown. Based on the concept of a limited reserve of growth and development of living systems, as well as the nature of their realization, there are discussed the reasons for dispersion of the results, from unconditional stimulation to the catastrophic suppression of growth and development processes. The results were obtained by the researchers after pre-sowing seed treatment by different methods.**

**Key words:** seeds, stimulation, ultrasound, phytostimulant.

Очевидно, что семена представляют собой форму временного существования растений, обеспечивающую сохранение вида в экстремально неблагоприятных природных условиях. Достигается такой эффект за счет твердой защитной оболочки семян, снижающей вероятность их механического повреждения за счет низкого влагосодержания, обеспечивающего сохранность содержащихся в них питательных веществ, а также предотвращающего их разрушение при замораживании-размораживании. Однако защитные структуры семени, в частности оболочка, обеспечивающая его высокую резистентность ко многим экстремальным воздействиям, затрудняет процесс прорастания, препятствуя свободному газо-влагообмену между зародышем и окружающей средой.

Удаление семенной оболочки, ее накалывание, другие механические повреждения, облегчая доступ влаги и воздуха, способствуют прорастанию семян. При этом повышается скорость набухания и интенсивность дыхания семян, что приводит к быстрому и дружному появлению всходов.

Следует отметить, что качественно сходное повышение всхожести обеспечивается не только механическим воздействием на семя, но также его обработкой спиртами, кислотами, органическими соединениями, высоким давлением, ультрафиолетовым излучением, магнитными и электрическими полями, радиацией [2,3,4,5,6]. Очевидно, что в этих случаях имеет место неспецифическая стимуляция, приводящая к повышению продуктивности растений [7].

Два этих механизма – нарушение целостности оболочки семян, обеспечивающее облегченный газо-обмен, и неспецифическую стимуляцию следует рассмотреть отдельно.

Первый механизм относительно прост, давно используется в практическом сельском хозяйстве (скарификация), тогда как второй требует отдельного рассмотрения.

В результате эволюции живые системы приобрели способность реагировать на изменения окружающей среды, соответственно меняя свои параметры таким образом, чтобы процессы, протекающие в организме, всегда были по возможности оптимальными. На регулярно повторяющиеся воздействия в организме со временем вырабатываются стандартные программы реагирования. Другая часть программ реагирования вырабатывается организмом в процессе обучения – привыкания к чему-то новому, повторяющемуся достаточно часто.

Однако биологическая система в принципе не может обладать стандартными программами реагирования на все возможные, особенно на достаточно редко возникающие естественные или искусственно создаваемые ситуации. В этом случае в организме срабатывает программа общей мобилизации, включаются все защитные механизмы, чтобы подготовить биологическую систему к любой возможной опасности в будущем, и биологическая система, активизируя регуляторные механизмы, стремится за счет реализации внутренних резервов, повысить свою продуктивность (в общем смысле этого слова), так как повышение продуктивности – универсальный способ компенсировать возможные потери в будущем. Чем выше продуктивность организма, тем меньше его резерв и тем менее эффективна его неспецифическая стимуляция, поскольку резервные возможности организма не безграничны.

Представления об ограниченном резерве роста и развития живых систем, а также о природе его реализации, позволяют понять, чем обусловлен разброс результатов от безусловной стимуляции до катастрофического подавления процессов в живом организме, полученных разными исследователями.

На практике, как правило, стимулирующие воздействия на организм, в том числе и на семена, оказываются комбинированными. Конечный эффект зависит не только от природы и интенсивности воздействия, но и от возможности и степени реализации роста и развития растений.

### Методика

Из всех способов нанесения дозированных механических повреждений на поверхность семян без существенного дополнительного влияния на их структуру, является, по-видимому, обработка семян ультразвуком (22 кГц, амплитуда излучателя –  $5 \div 50$  мкм) в суховоздушном состоянии, снижающая механическую прочность семенной оболочки и облегчающая газо-обмен. Под влиянием ультразвука на поверхности сухих семян образуются микротрещины с характерными ( $10^{-5} \div 10^{-6}$  м) размерами. Их величину и количество можно изменять, регулируя параметры ультразвукового воздействия.

Исследование особенностей неспецифической ультразвуковой стимуляции позволило обнаружить еще одну из возможных причин разброса результатов, полученных разными исследователями. Было показано что эффект повышения урожайности растений после предпосевной обработки семян существенно зависит от их биологического качества. Элитные семена мало реагируют на предпосевную стимуляцию, тогда как семена низкого качества после ультразвуковой обработки дают 30-50% прибавку урожая.

### Результаты

Следует отметить, что ультразвуковая суховоздушная стимуляция семян проявляется, прежде всего, на репродуктивных органах растений – цветах, плодах, семенах. Корнеплоды же реагируют в последнюю очередь, так как их роль в воспроизводстве относительно невелика.

Ультразвуковая стимуляция не влияет на генотип растений, а лишь реализует резерв их продуктивности, поэтому элитные, высокопродуктивные сорта слабо реагируют на воздействие, тогда как стимуляция семян невысокого качества дает ощутимую прибавку к урожаю. Особенно чувствительны к стимуляции гибридные сорта, обладающие большим внутренним резервом роста и развития. Урожайность тритикале, например, после предпосевной обработки семян ультразвуком возрастает более чем на 50% за счет повышения всхожести семян, увеличения кустистости растений и озерненности колосьев [8].

Возрастает устойчивость зерновых: пшеницы, ржи, ячменя и т. д. к грибковым заболеваниям [9]. На томате и других культурах было показано, что эффект стимуляции ультразвуком проявляется по крайней мере и во втором, дочернем поколении. Можно предположить, что такой эффект обусловлен высоким качеством семенного материала, полученного от предварительно стимулированных здоровых, жизнеспособных растений [6].

Очевидно, большой разброс экспериментальных данных исследования эффективности предпосевной обработки семян – от полного подавления до существенной стимуляции, – объясняется еще и тем, что многие исследователи воздействуют на семена ультразвуком в ванне с водой или водными растворами различных веществ.

Сравнивать эффективность ультразвуковой обработки семян разных сортов и видов растений можно лишь в равных условиях, однако одинакового намачивания и набухания семян трудно достичь даже в сходных условиях, так как скорость набухания зависит от времени пребывания семян в водной среде, от ее температуры, от структуры, состояния оболочки семян и т.д. Семена после такой обработки приходится либо подсушивать, чтобы использовать для посадки обычные сеялки, либо применять специальные методы высева влажных семян.

Ультразвуковой метод предпосевной обработки суховоздушных семян обладает рядом преимуществ перед остальными методами, используемыми для этой цели. Действие ультразвука на семена (в стимулирующих дозах) не приводит к мутациям, как это имеет место при их стимуляции ионизирующими излучениями. Окружающая среда не загрязняется, как при химической обработке. В отличие от механизмов действия лазерного излучения, высокочастотных и низкочастотных электромагнитных полей или постоянных магнитных и электрических полей, механизм действия ультразвука на семена известен, что позволяет предсказывать результаты воздействия, а не искать эмпирически оптимальные режимы обработки.

Ультразвуковая стимуляция создает необходимое разнообразие возможностей, обеспечивающее оптимальный выбор средств для решения одной из основных задач земледелия: интенсификации роста и развития сельскохозяйственных растений.

Следует отметить, что другие способы стимуляции роста и развития растений также достойны внимания, поскольку ряд из них дает весьма ощутимые растениеводческие результаты, не обладая при этом отрицательными побочными эффектами.

Особого внимания заслуживает Фитостимулятор N-1, представляющий собой биостимулятор роста растений на основе меланина дрожжей *Nadsoniella nigra*, выделенных еще в 1914 году из экосистемы Антарктиды. Экстремальные условия роста и развития этих дрожжей, по-видимому, приводят к синтезу ими ряда веществ, обеспечивающих их выживание. Полный состав метаболитов этих дрожжей мало изучен, однако количество меланинов, обладающих выраженными защитными свойствами [10,11,12], как в самих дрожжах, так и в их метаболитах весьма высок.

Не исключена и неспецифическая стимуляция меланинами или совокупностью меланинов дрожжей *Nadsoniella nigra* с другими веществами, синтезируемыми этими микроорганизмами в условиях Антарктиды и совершенно

не знакомыми растениям средней полосы. Так, влияние фитостимулятора ярко проявляется при его воздействии на семена овса (рис.), прорастающих при комнатной температуре в чашках Петри на подложках из фильтровальной бумаги, смоченных водой в контроле (К) и растворами фитостимулятора с концентрациями 10 мг/100 мл (2) и 100 мг/100 мл (3). В результате длина проростков под влиянием фитостимулятора с концентрацией 0,1 мг/мл на третий день после начала опыта оказалась в 5 раз больше, чем в контроле, а под влиянием фитостимулятора с концентрацией 1 мг/мл – в 7 раз.

Стимулирующее влияние Фитостимулятора N-1 приводит к существенному ускорению роста и развития растений при обработке семян сои раствором 5 мг/мл и самих растений растворами стимулятора в концентрации 5 мг/мл. В опыте семена, обработанные (30 с) и не обработанные ультразвуком, были высажены на ватные диски, пропитанные водой (контроль) и раствором фитостимулятора с концентрацией 50 мг/100 мл. После четвертого дня ватные диски были засыпаны слоем земли.



Рис. 1. Астры. Контрольные растения (слева) и растения, выросшие из стимулированных ультразвуком семян за один и тот же период (справа).



Рис. 2. Длина проростков семян овса под влиянием фитостимулятора с концентрацией 0,1 мг/мл на третий день после посева.

К – контроль – высев на подложку смоченную водой, 1 – высев на подложку смоченную фитостимулятором с концентрацией 0,10 мг/мл, 2 – высев на подложку смоченную фитостимулятором с концентрацией 1 мг/мл.

#### ● ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян В.Б. Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами Москва, Из-во «ЮРАЙТ» 2016. – 223 с.
2. Белкин С.Ю., Постникова С.И., Иващенко А.А. Способ предпосевной обработки семян. Патент РФ 2399182, 2009.
3. Деркачев И.П., Такунов И.П. способ термического обеззараживания семян люпина от возбудителя антракноза. Патент РФ № 2249935, 2005.
4. Кузин А.М. «Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы» М., Атомиздат, 1977. – 134 с.
5. Потапенко И.А., Андрейчук В.К., Руднев А.Е., Иващенко И.С., Смеляков Е.А. Способ обработки семян Патент РФ № 2174296, 2000.
6. Акопян В.Б., Рыхлецкая О.С., Шангин – Березовский Г.Н., Абрамов О.В. Вскохлость и урожайность томатов в зависимости от обработки семян ультразвуком и парааминобензойной кислотой. Доклады ВАСХНИЛ, 1987. – №8. – С.24-25.
7. Коржевенко Г.Н., Акопян В.Б., Шангин-Березовский Г.Н. Скрытый резерв роста и развития живых систем. Вестник сельскохозяйственной науки, 1988. – №4 (380). – С. 96-105.
8. Хлюпкин В.М., Акопян В.Б., Коновалов Н.Т. Предпосевная стимуляция семян кормовых растений. В кн. Использование физических и биологических факторов в ветеринарии и животноводстве. Москва, МВА, 1992. – С.4-5.
9. Абрамов О.В., Акопян В.Б., Коновалов Н.Т. Цепурниек В.Я., Зиммелис Я.В., Мазо Д.М. Ультразвуковая предпосевная обработка семян ячменя. Вестник сельскохозяйственной науки. 1991. – № 1 (412). – С.71-74.
10. Моссе И.Б. Радиация и наследственность: Генетические аспекты противорадиационной защиты. Минск. Из-во «Университетское» 1990. – 208 с.
11. Mosse I., Nikolova N., Zhelev N. Some problems and errors in cytogenetic biosimetry. Review; Medical Biotechnology 2016. – P.1-9.
12. Shiwen Huang, Yingming Pan, Dianhua Gan, Xilin Ouyang, Shaoqing Tang, Stephen I. N. Ekunwe Hengshan Wang. Antioxidant activities and UV-protective properties of melanin from the berry of Cinnamomum burmannii and Osmanthus fragrans. Medicinal Chemistry Research 2011, 20, 4, pp 475–481.

Следует отметить, что реакция сои на ультразвуковую обработку и действие Фитостимулятора N-1 качественно совпадали, откуда следует, что оба вида воздействия являются для семян сои неспецифическими стимуляторами.

Отсутствие специфичности следует также из того факта, что после обработки семян фитостимулятором или просто полива среды, на которой они были высажены, значительно быстрее прорастают и развиваются горох, огурец, фасоль и др. (рис 4).

#### Выводы

Приведенные выше результаты свидетельствуют о возможности успешной неспецифической стимуляции роста и развития растений. Множественность способов неспецифической стимуляции расширяет возможность оптимального выбора средств для решения конкретных задач ускорения прорастания и повышения урожайности различных растений в условиях конкретного хозяйства.

Работа выполнена в рамках Гос. задания 0574-2014-0009.

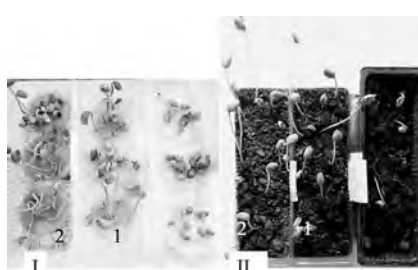


Рис. 3. Семена сои на 4 (I) и на 6 (II) день после высаживания на ватные диски.

1 – контроль – ватные диски пропитаны водой; 2 – предпосевная виброакустическая стимуляция (30-90 сек) – ватные диски пропитаны водой; 3 – стимуляция «Фитостимулятором N-1» – ватные диски пропитаны водным раствором фитостимулятора с концентрацией 0,5 мг/мл.



Рис. 4. Пример стимуляции семян фасоли сорта Сакса и огурца сорта Изящные Фитостимулятором N-1.

#### ● REFERENCES

1. Akopyan V.B. Ershov YU.A. Osnovy vzaimodejstviya ul'trazvuka s biologicheskimi ob'ektami Moskva, Iz-vo «YURAJT» 2016. – 223 s.
2. Belkin S. YU., Postnikova S. I., Ivashchenko A. A. Sposob predposevnoj obrabotki semyan. Patent RF 2399182, 2009.
3. Derkachev I.P., Takunov I.P. sposob termicheskogo obezrazhivaniya semyan lyupina ot vozbuditelya antraknoza. Patent RF № 2249935, 2005.
4. Kuzin A.M. «Stimuliruyushchee dejstvie ioniziruyushchego izlucheniya na biologicheskie processy» M., Atomizdat, 1977. – 134 s.
5. Potapenko I.A., Andrejchuk V.K., Rudnev A.E., Ivashchenko I.S., Smelyakov E.A. Sposob obrabotki semyan Patent RF № 2174296, 2000.
6. Akopyan V.B., Rylheckaya O.S., SHangin – Berезovskij G.N., Abramov O.V. Vskhozhest' i urozhajnost' tomatov v zavisimosti ot obrabotki semyan ul'trazvukom i paraaminobenzojnoj kislotoj. Doklady VASKHNIL, 1987. – №8. – S.24-25.
7. Korzhevenko G.N., Akopyan V.B., SHangin-Berezovskij G.N. Skrytyj rezerv rosta i razvitiya zhivyh sistem. Vestnik sel'skhozajstvennoj nauki, 1988. – №4 (380). – S. 96-105.
8. Hlyupkin V.M., Akopyan V.B., Konovalov N.T. Predposevnaya stimulaciya semyan kormovyh rastenij. V kn. Ispol'zovanie fizicheskij i biologicheskij faktorov v veterinarii i zhivotnovodstve. Moskva, MVA, 1992. – S.4-5.
9. Abramov O.V., Akopyan V.B., Konovalov N.T. Cepurnieks V.YA., Zimmelis YA.V., Mazo D.M. Ul'trazvukovaya predposevnaya obrabotka semyan yachmenya. Vestnik sel'skhozajstvennoj nauki. 1991. – № 1 (412). – S.71-74.
10. Mosse I.B. Radiaciya i nasledstvennost': Geneticheskie aspekty protivoradiacionnoj zashchity. Minsk. Iz-vo «Universitetskoe» 1990. – 208 s.
11. Mosse I., Nikolova N., Zhelev N. Some problems and errors in cytogenetic biosimetry. Review; Medical Biotechnology 2016. – R.1-9.
12. Shiwen Huang, Yingming Pan, Dianhua Gan, Xilin Ouyang, Shaoqing Tang, Stephen I. N. Ekunwe Hengshan Wang. Antioxidant activities and UV-protective properties of melanin from the berry of Cinnamomum burmannii and Osmanthus fragrans. Medicinal Chemistry Research 2011, 20, 4, pp 475–481.