

использованием панели оператора, подключаемой к контроллеру. Визуализация контроля и управления также позволяет оперативно контролировать ход процесса и реагировать на изменение технологической ситуации. Интеллектуализация управления обеспечивает предпосылки для реализации цифровой трансформации на сельскохозяйственных объектах, что обуславливает повышение эффективности производства, улучшение качества продукции и снижение затрат.

#### Список использованной литературы

1. Цифровизация сельского хозяйства / Агроштурман [Сайт]. – URL: <https://agrosturman.ru/blog/tpost/zs3kbc9a51-tsfrovizatsiya-selskogo-hozyaistva>. (Дата обращения: 8.04.2026).
2. Якубовская, Е.С. Автоматизация технологических процессов и оборудования в АПК : учебное пособие. – Минск: БГАТУ, 2024. – 380 с.
3. КОМПЛЕКСЫ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНЫЕ ЗСК-Ш, ЗСК-ША: руководство по эксплуатации. – ОАО "АМКОДОР-СЕМАШ" - управляющая компания холдинга", 2020. – 270 с.

#### УДК 632.7

**А.С. Ступин**, канд. с.-х. наук, доцент,

**В.И. Левин**, д-р с.-х. наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»,*

*г. Рязань*

*e-mail: stupin32@yandex.ru*

#### **ЭКОСИСТЕМНАЯ КОНЦЕПЦИЯ КОММУНИКАЦИИ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ РАЗНОКАЧЕСТВЕННЫМИ ЗЕРНОВКАМИ И МИКРОБИОТОЙ В ПАРТИИ СЕМЯН**

**Ключевые слова:** семена, разнокачественность, дистанционное воздействие, микробиота, стресс.

**Key words:** seeds, heterogeneity, remote exposure, microbiota, stress.

**Аннотация:** Полученные новые знания были положены в основу антистрессовой защиты хранения семенного материала при долговременном хранении. Экспериментально доказано, что материальным носителем влияния стрессированных семян на интактные являются летучие физиологически активные метаболиты, выделяемые поврежденными и травмированными зерновками. Установлена способность плесневых грибов, выделять этилен, как механизм подавления жизнеспособности семян.

**Summary:** The new knowledge gained was used as the basis for anti-stress protection of seed storage during long-term storage. It has been experimentally proven that volatile physiologically active metabolites released by damaged and injured seeds are the material carrier of the effect of stressed seeds on intact seeds. The ability of mold fungi to release ethylene as a mechanism for suppressing seed viability has been established.

Общественно широко распространенное в агроэкологии явление взаимного влияния одних растительных организмов на другие, в результате выделения ими в окружающую среду органических соединений с высокой физиологической активностью [1,2].

В данных работах главным образом рассматривается взаимодействие между вегетирующими растениями, их частями, прорастающими семенами, пылью. Не менее содержательным в середине XX века были исследования отечественных и зарубежных авторов, с исчерпывающей широтой охвата, характеризовавшие все многообразие физиологических процессов, происходящих в семенах растений. Но в конце 90-х годов XX века и в начале XXI века в научной литературе появились отдельные публикации, экспериментально подтверждающие способность воздушно-сухих семян сельскохозяйственных растений, находящихся в состоянии стресса, вызванного гамма-облучением, дистанционно модифицировать физиологические свойства необлученных [3,4].

На основании обобщения широкого спектра научных данных о том что в воздушно-сухих семенах, находящихся в состоянии покоя, происходит малоизученный обмен веществ, представляющий собой целую серию очень сложных процессов, а сами семена следует рассматривать как, во многом еще не познанную, биологическую систему. Рассматривались и обосновывались гипотезы, объясняющие утрату семенами всхожести, глубоко изучалась роль физиологически активных веществ, фитогормонов, но в итоге противоречивость выводов о механизме и причинах, обуславливающих потерю всхожести травмированными и поврежденными семенами, продолжала сохраняться [5,6].

Суть данных исследований заключается в дистанционной передаче физиологического состояния от облученных биологических объектов (семян) необлученным. По мнению исследователей, физическая природа факторов, обуславливающих этот феномен, может быть самой разнообразной. Одни исследователи считали, что агентом, обуславливающим влияние облученных семян на необлученные, являлось биологическое излучение с длиной волны в области ультрафиолетового спектра, тогда как другие это воздействие объясняли летучими выделениями физиологически активных веществ. Принципиальное значение в этих экспериментах

имеет формирование новых представлений о свойстве радиоактивных семян (интактных и стрессированных) взаимодействовать между собой, так как радиокачественность семян матрикальная, генетическая, экологическая даже в пределах одной партии семян – это естественное состояние гетерогенной совокупности большого числа зерновок, каждая в отдельности является автономным саморегулирующимся организмом. Следовательно, обнаруженное в радиобиологии явление дистанционного воздействия между семенами разного качества, возможно экстраполировать на партию семян, не подвергавшихся действию радиации, а другим стресс-факторы. В этой связи в основу дальнейших исследований была наложена рабочая гипотеза, согласно которой партия семян рассматривалась не только с позиции семеноводства, но и биоэкологии, т.е. взаимосвязи между живыми организмами.

Детальное изучение механизма дистанционного воздействия семян, находящихся в состоянии стресса, индуцированного различными стресс-факторами (механические, ударные воздействия, повышения температуры, повреждения летучими выделениями плесневых грибов), где отсутствует фактор облучения, подтверждающий, что эффект коммуникации между семенами обеспечивали летучие физиологически активные метаболиты, выделенные поврежденными семенами [7].

Следует отметить, что при идентификации продуцируемых стрессированными семенами и плесневыми грибами летучих физиологически активных соединений, было обнаружено в их составе содержание фитогормона этилена и его способность выполнять роль стресс-фактора [8].

Учитывая дискуссионный характер, объясняющий механизм взаимодействия разнокачественных семян между собой и фрагментарный характер его изложения отдельными авторами, сначала 2000 года по 2024 год была выполнена целая серия лабораторных и полевых опытов.

Целью исследования было экспериментальное выявление природы агента, оказывающего воздействие стрессированных семян на интактные, в диапазоне от стимуляции до угнетения, теоретическое обоснование оценки совокупности радиокачественных семян одной партии и микробиоты как динамичной экосистемы.

В задачу исследований входило изучение морфологических показателей семян в партии при хранении факторов, модифицирующих физиологическое качество семян, условий, обеспечивающих пролонгацию кондиционной всхожести семян при длительном хранении.

Исследования проводили с применением общепринятых методов, а также включали авторские разработки по диагностике состояния стресса и патента RU 2790268 от 15.02.23, RU 2773875 от 14.06.2022

Результаты исследований дали основания дополнить современную парадигму семян растений, находящихся в состоянии покоя, новыми знаниями о свойстве воздушно-сухих семян, находящихся в состоянии стресса отвечать адаптивно защитной реакцией с внедрением летучих физиологически активных метаболитов, которые в процессе диффузии инкубируют всю совокупность семян партии. В зависимости от продолжительности и условий послеуборочного хранения семенного материала, содержащего травмированные зерновки, посевные качества варьировали в диапазоне от некоторого угнетения до сильно выраженного угнетения [9].

Радикальным экологически безопасным методом, позволяющим пролонгировать кондиционные качества семян, было создание условной гипоксии. Это объясняется кислородной зависимостью синтеза этилена, т.е. при отсутствии свободного доступа кислорода воздуха в зерновую массу его выделение подавляется [10]. Исследования позволили объяснить механизм угнетения поврежденными семенами не поврежденных, выделением фитогормона этилена, который ускоряет старение растительных организмов. В этой связи не допустимо совместное хранение в одном зернохранилище партий семян с контрастными посевными качествами.

Однако механизмы угнетения семян в партии индуцируют не только поврежденные и травмированные зерновки, но и летучие выделения плесневых грибов, даже когда в партии присутствуют незначительные по размерам очаги поражения фитопатогенами. Установлена высокая интенсивность выделения прорастающими спорами гриба *Penicillium glaucum* выделять этилен. Предположительно синтез этилена грибами плесени – это эволюционный механизм сложившихся связей между растениями и сапротрофными микроорганизмами. А так как для сапротрофных организмов пищевым субстратом могут быть ткани и органы растений, утратившие жизнеспособность, то это достигается за счет активного выделения грибами этилена – как гормона ингибирования и ускорения старения растительного организма.

Таким образом, совокупность полученных автором за последнее десятилетие экспериментальных данных о семенах сельскохозяйственных растений, находящихся в состоянии стресса, позволяет пополнить банк научных знаний, агробиологии и экологии, ранее неизвестными сведениями о способности стрессированных семян растений дистанционно влиять на физиологические посевные качества воздушно-сухих семян.

Полученные новые знания были положены в основу антистрессовой защиты хранения семенного материала страховых и переходящих фондов и селекционных коллекций при долговременном хранении. Экспериментально доказано, что материальным носителем влияния стрессированных семян на интактные являются летучие физиологически активные метаболиты, выделяемые поврежденными и травмированными зерновками, как

адаптивно защитная реакция на повреждающие воздействия. В составе летучих соединений идентифицирован фитогормон этилен. Установлена способность плесневых грибов, содержащихся в зерновой массе, выделять этилен, как механизм подавления жизнеспособности семян, с целью их использования в качестве пищевого субстрата. Были выявлены внутри- и межвидовые каскадные эффекты ингибирования, вызванные отдельными зерновками (травмированными или инфицированными) во всей совокупности интактных семян. Таким образом, партия семян, это не только совокупность однородных по происхождению и качеству семян одного вида и сорта, но и также динамичная биоэкологическая взаимосвязанная между собой зерновок как автономных саморегулирующихся организмов с микробиотой, что дает основание для формирования и развития новых концептуальных представлений о семеноводстве.

### Список использованной литературы

1. Райс, Э. Л. Аллелопатия / Э. Л. Райс; пер. с англ. под ред. А.М. Гродзинского. – Москва: Мир, 1978. – 392 с.
2. Гродзинский, А.М. Аллелопатия растений и почвоотомление: Избранные труды. Киев: Наукова думка, 1991. – 431 с.
3. Овчаров, К.Е. Физиологические основы всхожести семян/ К.Е. Овчаров. – Москва.: Наука, 1969. – 278 с.
4. Бартон Л. Биология семян и семеноводство/ Л. Бартон Перевод с польского. Москва: Колос, 1976. – 448 с.
5. Левин, В. И. К вопросу о возможных механизмах бесконтактного влияния гамма-облученных семян на необлученные / В. И. Левин // Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции "Ресурсоэнергосберегающие приемы и технологии возделывания сельскохозяйственных культур", Рязань, 1998. – С. 86–88.
6. Еськов, Е. К. Специфичность дистанционного воздействия  $\gamma$ -облученных семян растений на необлученные / Е. К. Еськов, В. И. Левин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2002. – Т. 42, № 3. – С. 302–307.
7. Макарова, С. А. Межвидовое дистанционное воздействие стрессированных семян растений на интактные / С. А. Макарова, В. И. Левин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 2. – С. 38–42.
8. Левин, В. И. К вопросу о механизме подавления жизнеспособности семян зерновых культур плесневыми грибами / В. И. Левин, Л. А. Антипкина // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: материалы 72-й международной научно-практической конференции. – Рязань, 2021. – С. 36–40.
9. Stupin, A. S. Prospects for the use of prolonged stress protection in the spring wheat cultivation / A. S. Stupin, V. I. Levin // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 108. – P. 22001.
10. Stupin, A. S. Response of stressed seeds of grain crops to changing conditions and duration of their storage / A. S. Stupin, V. I. Levin, L. A. Antipkina // II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023), Ufa, Russia, Vol. 71. – Les Ulis Cedex A, France: EDP SCIENCES S A, 2023. – P. 1055.