

УДК 632.9

Соколов Ю.А., кандидат физико-математических наук  
Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛИСИТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И СОХРАНЕНИЯ ВЫРАЩЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Мировые потери урожая от болезней растений, вредителей, а также при хранении в послеуборочный период пока имеют тенденцию к увеличению, а применение пестицидов не может противостоять этому, так как патогены достаточно быстро адаптируются к используемым пестицидам и становятся резистентными к ним. К тому же резко повысились требования к экологической безопасности выращенной продукции – важной составляющей здорового образа жизни человека. Именно в силу этих причин, в условиях интенсификации и расширения сфер использования пестицидов, когда становится обязательным учет возможных экологических последствий их применения, возросло понимание необходимости поиска новых эффективных и безопасных для окружающей среды и человека средств защиты растений и сохранения собранного урожая.

В настоящее время существуют несколько перспективных направлений применения экологически чистых средств защиты растений. Одно из них – индукторы болезнеустойчивости, так называемые элиситоры – вещества биотической и абиотической природы (эндогенные или экзогенные по отношению к растениям), которые распознаются растениями как сигналы опасности и в ответ на которые растения запускают свои защитные механизмы, способные снизить последствия биотических и абиотических стрессов. То есть, элиситоры после их распознавания растениями запускают сигнальные системы, приводящие к экспрессии связанных с защитой генов и, соответственно, повышается устойчивость растений. Эти вещества не токсичны и экологически не нагружают окружающую среду.

Чем элиситоры отличаются от традиционных синтетических пестицидов? Главное отличие состоит в том, что действие синтетических пестицидов направлено непосредственно на патогены и насекомых. Они в той или иной степени экологически нагружают окружающую среду. Элиситоры же действуют как сигнальные (то есть в очень низких концентрациях) вещества не на патогены, а непосредственно на растения, заставляя их полнее реализовывать свой защитный генетический потенциал путём индукции иммунных откликов. В результате такого воздействия растение справляется с инфекцией и вредителями с помощью собственных метаболитов.

За последние 10–15 лет накоплен большой научный и практический материал, касающийся элиситоров и их использования, опубликовано много исследований, отдельные результаты которых начинают внедряться в практику сельского хозяйства. Использование элиситоров для защиты растений не сказывается отрицательно на экологии, безопасно для человека. Относительно небольшая стоимость и очень низкие нормы расхода элиситоров могут сделать их применение экологически и экономически выгодным.

В докладе дан краткий обзор современного состояния быстро развивающегося направления в защите растений, основанного на индукции их устойчивости с помощью элиситоров. Указаны доступные на мировом рынке соответствующие коммерческие препараты, даны примеры их использования в растениеводстве и при хранении собранного урожая.

Нет общей химической структуры вещества, которая бы определила его принадлежность к элиситорам. Они могут принадлежать к самым разным классам химических соединений. Большинство описанных до сих пор элиситоров являются или углеводами (поли- и олигосахариды), или белками и пептидами, гликопротеидами, липидами и гликолипидами. Кроме того, значительно повысился интерес к разработке синтетических низкомолекулярных соединений (абиотических элиситоров), которые могли бы имитировать действие природных элиситоров. Наконец, в качестве биотических элиситоров часто используются комплексные неочищенные биологические препараты и композиции: экстракты дрожжей, вытяжки растений, оральные секреты насекомых, препараты грибных или бактериальных культур или их клеточных стенок. К наиболее известным элиситорам относят хитин и хитозан,  $\beta$ -1,3-глюканы, некоторые карбоновые кислоты (уксусная, молочная, янтарная, глутаминовая, салициловая и др.), ВТН (бензотиадиазол), PBZ (пробеназол), арахидоновая кислота, их производные и композиции с элиситорами иной химической природы.

Как их можно использовать в сельскохозяйственной практике? В данном докладе речь идет о двух направлениях: в растениеводстве для защиты растений от болезней и вредителей, а также для сокращения потерь собранного урожая при хранении.

*Применение в растениеводстве.* Хотя в этой быстро развивающейся области науки об элиситорах пока остаётся много неясных вопросов, накопленные знания уже начинают использоваться для решения практических задач сельского хозяйства. На рынках многих стран мира появляются безопасные для человека и окружающей среды коммерческие препараты нового поколения, имеющие свои торговые названия и способные индуцировать устойчивость растений к инфекционным заболеваниям, достаточно эффективно защищающие различные сельскохозяйственные культуры от фитопатогенов на уровне, сравнимом с эффективностью синтетических пестицидов. Что касается препаратов на основе хитозана, то в Новой Зеландии это ARMOUR–Zen и Kytosan, в Германии – ChitoPlant, в США – Elexa4, OII – YS и Fresh Seal, в России – Фитохит, Агрехит, Нарцисс, Экогель, в

Исландии – ChitoClear, в Польше – Biochikol 020 PC, в Чили – Biorend, в Тайланде – Bioshield. Главные различия в перечисленных хитозановых препаратах – концентрации, препаративные формы (порошок или раствор), некоторые добавки. Появились украинские препараты Микосан-Н (для предпосевной обработки семян) и Микосан-В (для обработки вегетирующих растений) на основе глюканов – природных поли- и олигосахаридов, являющихся общими компонентами внешней (в отличие от хитозана) части клеточной стенки грибов. К наиболее известным российским препаратам на основе арахидоновой кислоты относятся Оберегъ, Проросток и Иммуноцитифит. Действующим веществом препаратов Bion (Европа, Австралия) и Actigard (США) является бензотиадиазол (ВТН), а препаратов ProAct и его аналогов Employ, N-Hibit (США) – белок харпин. Наконец, следует сказать и о некоторых синтетических фунгицидных препаратах, которые помимо своего прямого фунгицидного действия обладают также заметными элиситорными свойствами. Это, прежде всего, соединения из группы стробилуринов (пираклостробин, азоксистробин, пикоксистробин, трифлуксистробин, флуоккастробин).

Действующие вещества многих препаратов на основе элиситоров – полифункциональны и поэтому помогают не только снизить уровень заражённости растительных культур, но и стимулируют рост растений, повышают урожайность и, соответственно, могут сократить применение синтетических пестицидов и, тем самым, снизить отрицательное воздействие последних на окружающую среду. Следует подчеркнуть, что эти препараты отличаются очень низкими нормами расхода и могут применяться с помощью обычных технологий защиты растений.

*Применение для уменьшения потерь урожая при хранении.* За последние десятилетия существенно повысились требования потребителя. Действительно, в настоящее время значительная масса потребителей хочет иметь свежие продукты круглый год, в том числе из отдалённых районов, где выращивают экзотические фрукты, что повышает роль способов увеличения сроков хранения выращенной продукции без потери её качества. Особо остро эта проблема встаёт в отношении скоропортящихся продуктов (в основном овощи и фрукты). По данным ФАО (FAO, Food and Agriculture Organization, 2011) от 15 до 50% овощей и фруктов, производимых во всём мире, теряются на этапе после сбора урожая, до того как они достигнут стола потребителя.

В обычной сельскохозяйственной практике с заболеваниями плодов при хранении справляются различными методами, в том числе с помощью фунгицидных обработок перед сбором урожая. Однако в «органическом» сельском хозяйстве синтетические фунгициды не применяются, что стимулирует производителя искать альтернативные синтетическим фунгицидам экологически чистые средства защиты продукции при хранении, которые должны быть доступными и легкими при использовании, не иметь отрицательного влияния на качество плодов. В качестве одной из таких альтернатив было предложено применять уже имеющиеся на рынке и упомянутые выше препараты на основе элиситоров, используемые для защиты растений от болезней и вредителей. За последние несколько лет были проведены испытания эффективности предуборочных и послеуборочных обработок некоторыми из этих препаратов для уменьшения потерь при хранении таких скоропортящихся продуктов, как, например, клубника, черешня, столовый виноград. Оказалось, что препараты хитозана, ВТН, а также на основе некоторых других элиситоров при обработке ими собранного урожая или перед уборкой урожая способны заметно уменьшить порчу плодов. Эффективность обработки коммерческими препаратами хитозана оказалась самой высокой и, хотя была несколько ниже, но всё же сравнима с эффективностью обработки синтетическими фунгицидами. Причем обработка этими препаратами не оказывала каких-либо отрицательных воздействий на качество плодов.

Разумеется, применение элиситоров для индукции устойчивости растений не решает всех проблем, но оно, безусловно, имеет перспективу и вселяет уверенность, что соответствующие препараты смогут дополнить арсенал средств защиты растений и средств защиты собранного урожая при хранении, а продолжение фундаментальных и прикладных исследований в этой области откроет новые возможности и перспективные технологии. Хотелось бы отметить, что использование в практике сельского хозяйства элиситоров находится ещё на самом начальном этапе. Тем не менее, успешное их применение уже показало, что оно становится всё более эффективной экологически безопасной технологией в растениеводстве, у которой большое будущее.

### Список использованной литературы

1. Соколов, Ю.А. Элиситоры и их применение в растениеводстве / Ю.А. Соколов. – Минск: Белорусская наука. 2016 – 201 с.
2. Feliziani, E., Santini, M., Landi, L., Romanazzi, G., 2013. Pre and postharvest treatment with alternatives to synthetic fungicides to control postharvest decay of sweet cherry. *Postharvest Biol. Technol.* 78, 133–138.
3. Vu, D.K., Hollingsworth R.G., Leroux E., Salmieri S., Lacroix M., 2011. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Res. Int.* 44, 198–203.
4. Romanazzi, G., Lichter, A., Mlikota Gabler, F., Smilanick, J.L., 2012. Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biol. Technol.* 63, 141–147.