

МИКРОБНЫЕ БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ ИНТЕРЕС ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ФИТОПАТОГЕНОВ

©2013 Л.А. Щербакова, В.Г. Джавахия

ВНИИ фитопатологии РАСХН, Большие Вяземы, Московская обл.

Поступила 11.06.2013

Данная статья представляет собой краткий обзор результатов исследований микробных белков и пептидов, которые подавляют рост фитопатогенов (антимикробные пептиды, литические ферменты) или индуцируют к ним устойчивость в растениях (белки-элиситоры). Рассмотрены основные стратегии использования этих микробных белков и пептидов для защиты сельскохозяйственных растений от болезней и обсуждены перспективы включения этих соединений в системы биоконтроля фитопатогенов.

Ключевые слова: защита растений, биоконтроль фитопатогенов, антимикробные пептиды антагонистов, элиситорные белки.

Несмотря на впечатляющий прогресс в защите растений, достигнутый благодаря селекции на устойчивость к болезням и использованию агрохимикатов, фитопатогены продолжают вызывать значительные потери урожая сельскохозяйственных культур. Окончательному успеху в борьбе с болезнями с помощью стратегий, основанных на выращивании устойчивых сортов и применении химических пестицидов, препятствует целый ряд хорошо известных проблем, сопутствующих этим методам защиты, среди которых преодоление сортовой устойчивости новыми расами патогенов, появление резистентных к пестицидам форм возбудителей и различные экологические риски. Осознание этих проблем вызывает интерес к альтернативным технологиям защиты урожая, в частности к методам биологической борьбы с фитопатогенами и вредителями – их биоконтролю.

Одна из новых стратегий биоконтроля, основанная на активации элиситорными белками естественных защитных механизмов растений, которые реализуются при их взаимодействии с фитопатогенами и приводят к индуцированной устойчивости, является особенно привлекательной с точки зрения экологизации сельского хозяйства. Более традиционным, но также активно развивающимся направлением является разработка средств защиты растений, действующим началом которых служат сами микробные антагонисты и/или, продуцируемые ими метаболиты. Последние могут представлять собой вещества различной химической природы, в том числе белки и пептиды.

Поскольку установлено, что пептиды и белки являются важными компонентами иммунной системы растений, участвующими в развитии защитных ответов, возможность их использования с целью активации механизмов индуцированной устойчивости к фитопатогенам вызывает большой интерес.

Кроме того, «нечужеродность» белков для окружающей среды и возможность их естественной биодеградации в природе без образования токсичных продуктов хорошо отвечают задачам и регламентам современного органического сельского хозяйства.

В общем, в сфере применения белковых соединений микробных антагонистов, которые служат агентами биоконтроля возбудителей ряда серьезных заболеваний культурных растений, можно выделить два направления: использование препаративных форм живых продуцентов и создание трансгенных растений. В первом случае белки и пептиды, синтезируемые микроорганизмами, подавляют фитопатогенную микрофлору или индуцируют устойчивость растений. При реализации второго подхода устойчивость к болезням придает конститутивная или индуцибельная экспрессия в растениях трансгенов, кодирующих антимикробные пептиды или элиситорные белки биоагентов. Результаты и перспективы развития этих основных направлений кратко проанализированы ниже на примере нескольких групп белков и пептидов, перспективных для биоконтроля ряда фитопатогенных грибов и бактерий, вызывающих серьезные заболевания сельскохозяйственных растений.

Антимикробные пептиды и литические ферменты микробного происхождения в биоконтроле фитопатогенов. Синтез антимикробных пептидов – один из наиболее общих защитных механизмов врожденного иммунитета живых организмов. Их продуцируют бактерии, грибы-микромикеты, растения, позвоночные и беспозвоночные животные. За защитный эффект многих микробных биоагентов, включая штаммы *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Streptomyces*, *Gliocladium*, которых наиболее часто используют для биоконтроля фитопатогенов, часто оказываются ответственными именно их антимикробные пептиды. Они вызывают нарушения жизненно важных звеньев метаболизма патогена, например, ингибирование биосинтеза нуклеиновых кислот и

Щербакова Лариса Александровна, к.б.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: larisa@vniif.ru; Джавахия Виталий Георгиевич, к.б.н., заведующий отделом, e-mail: dzhavakhiya@yahoo.com

белков, подавление активности ферментов или дезинтеграцию клеточной мембраны.

Известно, что антимикробные пептиды образуются в организме путем как рибосомального, так и нерибосомального синтеза, а также установлено, что биоконтролирующие грибы и бактерии, реализуют оба этих пути и продуцируют широкий спектр линейных и циклических пептидов [1-2]. В зависимости от структурных особенностей, антимикробные пептиды микроорганизмов (АМПМ) подразделяют на пептаболы, бактериоцины, дефензины грибов, циклопептиды и псевдопептиды. Как показывает анализ [2] многочисленных исследований, представители всех перечисленных групп эффективны *in vitro* и *in vivo* против многих фитопатогенных бактерий (*Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia amylovora*, *E. caratovora*, *Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas syringae*, *Rhodococcus fascians*, *Xanthomonas campestris*), грибов (*Alternaria* spp., *Bipolaris sorokiniana*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum dematium*, *Erysiphe* sp., *Fusarium avenaceum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Leptosphaeria maculans*, *Magnaporthe grisea*, *Monilina fructicola*, *Podosphaera fuca*, *Rhizoctonia solani*, *Rosellinia necatrix*, *Sclerotinia sclerotium*, *Sclerotium cepivarum*, *Sphaerotheca* sp., *Uncinula nector*, *Venturia inaequalis*) и оомицетов (*Phytophthora infestans*, *Pythium intermedium*, *P. ultimum*). Следует отметить, что некоторые пептиды биоконтролирующих микроорганизмов сочетают фунгицидные, антибактериальные, инсектицидные и нематодицидные свойства. По мнению ряда авторов, пептиды должны иметь определенные преимущества как средства защиты растений, по сравнению со структурно более простыми органическими соединениями, обладающими противопатогенной активностью [3-4]. Одним из таких преимуществ может быть специфичность их действия. Предполагается, что пептидные молекулы, включающие от 10 до 50, а иногда и до 85 аминокислотных остатков, могут специфично взаимодействовать с рецепторами мишенями возбудителя. Действительно, бактериоцины, например, распознают и убивают только тех патогенов, у которых на поверхности клеточной стенки присутствуют специальные контактные белки или липиды [5]. С другой стороны, один и тот же вид фитопатогена может проявлять чувствительность к структурно различным АМПМ, а филогенетически удаленные виды оказываются чувствительными к пептидам с аналогичной структурой [2, 6]. Такое своеобразное сочетание специфического действия и широкого спектра антипатогенной активности делает АМПМ весьма привлекательными с точки зрения производства новых экологически приемлемых биопестицидов [2]. Другая технология использования АМПМ может быть применима к грибным дефензинам, рибосомальный синтез которых делает возможным создание устойчивых к болезням растений за счет переноса и экспрессии в них генов этих антимикробных пептидов. В на-

стоящее время уже получены трансформированные растения риса, табака, томата, баклажана, канолы и папайи, которые синтезируют дефензины грибов-антагонистов и демонстрируют устойчивость или пониженную восприимчивость к болезням в лабораторных, тепличных и полевых экспериментах [2, 7].

Чтобы обеспечивать себя питательными веществами, микроорганизмы синтезируют различные литические ферменты, субстратами которых служат органические полимеры различного происхождения. Многие штаммы антагонистов являются богатыми источниками таких ферментов и проявляют литическую активность в отношении фитопатогенов. Для биоконтроля последних особый интерес представляют микробные хитиназы, глюканазы и протеазы. Эти ферменты гидролизуют хитин, бета-глюканы и белки, вследствие чего происходит либо прямое подавление роста и развития патогена, либо высвобождение из его полимерных структур так называемых вторичных эндогенных индукторов устойчивости. Так, биоконтролирующие изоляты грибов-антагонистов *Trichoderma harzianum* и *T. atroviride* секретируют эндохитиназу, бета-1,3-глюконазу и щелочную протеазу, которые разрушают споры и мицелий фитопатогенных грибов *in vitro*, тормозят их распространение в растительной ткани и играют существенную роль в микопаразитизме триходермы [8, 9, 10]. Олигосахариды или хитозан, освобождающиеся из клеточной стенки фитопатогенных грибов в результате воздействия глюконаз и хитиназ антагонистов функционируют как элиситоры устойчивости, вызывая в растении каскад защитных реакций: генерацию активных форм кислорода, синтез фитоалексинов, PR-белков и лигнификацию [11].

Перспективность использования литических ферментов для борьбы с болезнями растений хорошо продемонстрирована в работах, связанных с изучением хитинолитической системы у *Bacillus cereus*, *Pantoea agglomerans*, *P. dispersa* и нескольких видов *Trichoderma*. Показано, что хитиназы, которые синтезирует триходерма, эффективны практически против всех хитин-содержащих патогенов, нетоксичны для растений и обладают более высокой активностью, по сравнению с хитиназами из других источников. Эффективность хитиназ триходермы против фитопатогенных грибов иногда достигает уровня химических фунгицидов [9, 12-13].

Как и в случае с антимикробными пептидами, для литических ферментов применима стратегия, альтернативная использованию продуцентов – трансгенез их генов в растения. Экспрессия этих генов этих ферментов в ответ на внедрение патогена вызывает повышение уровня литической активности растительных клеток, что приводит к быстрой и эффективной нейтрализации возбудителя. Уже получены трансгенные картофель, табак и брокколи, несущие ген эндохитиназы из *T. harzia-*

num, которые обладают устойчивостью к *A. alternata*, *A. solani*, *B. cinerea*, *R. solani*; а также саженцы яблони, которым экспрессия гена экзохитиназы придает устойчивость к возбудителю парши *V. inaequalis*. Для защиты обычных растений от этого патогена требуется многократная обработка фунгицидами в течение всего сезона [14].

Белки, индуцирующие устойчивость растений к болезням, и перспективы их использования для биоконтроля фитопатогенов. Антипатогенный эффект некоторых микробных метаболитов связан не с их биоцидной активностью, а со способностью индуцировать защитные ответы в растениях, атакованных возбудителями. Эта стратегия биоконтроля заслуживает особого внимания, поскольку отсутствие прямого воздействия на фитопатогены позволяет свести к минимуму вероятность развития у них резистентности к средствам защиты.

Активацию наиболее ранних защитных механизмов в растениях инициирует распознавание их клетками молекулярных особенностей, свойственных микроорганизмам, в том числе и фитопатогенным. Этот комплекс структурных и химических характеристик микроорганизмов, взаимодействующих в природе с растениями был объединен термином МАР (microbe-associated molecular pattern), а в отношении фитопатогенов – термином РАМР (pathogen-associated molecular pattern). Метаболиты различной химической природы, являющиеся компонентами МАР или РАМР, относятся к неспецифическим (general) элиситорам (индукторам). Такие элиситоры индуцируют в растительной ткани каскад взаимосвязанных друг с другом защитных реакций, в том числе образование активных форм кислорода, отложение каллозы, фосфорилирование белков и усиленную транскрипцию генов, ответственных за первичный ответ. Таким образом, РАМР служит триггером, который включает базовые механизмы фитоиммунитета, приводящие к развитию устойчивости.

С практической точки зрения, метаболиты, обладающие свойствами неспецифических элиситоров, представляют большой интерес как возможные средства защиты урожая, поскольку индуцированная ими устойчивость также неспецифична. Это означает, что под воздействием одного индуктора может развиваться устойчивость к нескольким заболеваниям. Однако успешное использование индукторов в сельском хозяйстве невозможно без понимания механизмов их действия. Более того, исследование механизмов индуцированной устойчивости нередко приводит к обнаружению потенциальных элиситоров. Именно благодаря таким исследованиям были выявлены хорошо известные теперь белки и пептиды из разряда РАМР микроорганизмов: гликопротеины, флагеллин, фактор элонгации Tu, элиситины и трансглутаминазы видов *Phytophthora*, белки и пептиды - эффекторы *Cladosporium flavum*, моноликоллин из *M. fructicola*,

бактериальные харпины, а также обнаружены белок холодового шока MF2 у *Bacillus thuringiensis*, цистеин-содержащий белковый элиситор у *F. oxysporum* и MF3-белок у *Pseudomonas fluorescens*, придающие растениям устойчивость к широкому спектру фитопатогенов.

Изучение некоторых из перечисленных белков находится пока на стадии лабораторных экспериментов. Например, в вегетационных опытах продемонстрировано, что белок 10 кДа, выделенный из биомассы непатогенного изолята CS-20 гриба *F. oxysporum*, индуцирует устойчивость томата к фузариозному вилту. Определена N-концевая аминокислотная последовательность этого белка и обнаружено, что она содержит уникальный цистеиновый мотив [15]. В исследовательских целях разработана биотехнология получения трансгенных растений с генами элиситинов [11]. Целесообразность же практического использования белковых элиситоров впервые была продемонстрирована для харпинов, которые вводили в растения, делая их менее восприимчивыми к патогенам [16]. Как будет показано ниже, применение MF2 и MF3 для биоконтроля фитопатогенов также весьма перспективно.

MF2 представляет собой низкомолекулярный (7.2 кДа) термостабильный белок холодового шока (БХШ), выделенный из культуральной жидкости *B. thuringiensis*. Бактериальные БХШ распознаются растениями как компоненты РАМР и индуцируют в них неспецифические защитные ответы. MF2 вызывает как у двудольных, так и у однодольных растений устойчивость к широкому спектру фитопатогенов: от мицелиальных грибов и оомицетов до вирусов [17]. При проведении вегетационных тестов и полевых испытаний этот элиситор показал эффективность против *Stagonospora nodorum*, *P. infestans* и *M. grisea*. Ген MF2 (#AY272058) был секвенирован и показана его гомология с другими БХШ [17, 18]. Ранее было установлено, что за элиситорную активность БХШ из *Micrococcus lysodeikticus* отвечает пептид из 15 аминокислотных остатков [19]. Аналогичный пептид VKWFNAEKGFGFITP из MF2, как и сам этот белок, индуцировал устойчивость табака к вирусу табачной мозаики (ВТМ) и к X-вирусу картофеля. Ген *cspD*, кодирующий MF2, был перенесен в растения табака сортов Xanthi и Samsung. Трансгенные растения имели тот же габитус, что и контрольные и превосходили последних по устойчивости к ВТМ и *A. longipes* [18].

Термостабильный белок MF3 (16.9 кДа), секретируемый *P. fluorescens*, также защищает растения от различных фитопатогенов. Так, обработка раствором MF3 листьев табака снижала их поражение ВТМ, Y-вирусом картофеля и грибом *A. longipes*. После инкубации в растворе MF3 семян ячменя, контаминированных возбудителями корневой гнили (*B. sorokiniana* и *F. culmorum*), выращенные из них проростки, в отличие от контрольных, развивали полноценную корневую систему. В смеси с хитозаном MF3 был активен также против возбудите-

ля септориоза пшеницы *S. nodorum* и вируса мозаики турнепса [20]. На основании результатов секвенирования аминокислотной последовательности и нуклеотидной последовательности гена, MF3 был идентифицирован как пептидил-пролил-цис/транс-изомераза (ППИ-аза) FKBP типа [20]. ППИ-азы катализируют *цис/транс*-изомеризацию пептидной связи, предшествующей остатку пролина, придавая полипептидной цепи активную *цис*-конформацию. Они присутствуют в клетках и про- и эукариот и имеют высококонсервативную структуру. Бактериальные ППИ-азы играют важную роль в патологическом процессе, и, вероятно, участвуют во взаимоотношениях патогенов с растениями, поскольку определяющие вирулентность бактериальные белки, для выполнения своей роли, нуждаются в модификации пространственной структуры после переноса в клетку хозяина [21]. Установлено, что и у некоторых фитопатогенных грибов (*M. grisea*, *B. cinerea*) мутации, затрагивающие гены ППИ-аз, приводят к потере вирулентности. Например, соответствующий мутант возбудителя пирикулярриоза риса сохраняет способность расти *in vitro*, но не способен формировать конидии, образовывать полноценные аппрессории и проникать сквозь кутикулу листьев [22]. Обнаружено также, что эти ферменты тормозят рост культур *R. solani*, *B. cinerea*, *F. solani* и *F. oxysporum* [23]. За защитный эффект ППИ-азы MF3 отвечает состоящий из 29 аминокислотных остатков консервативный мотив PR-**GLEKALEGKAVGDDLEVAVEPEDAYG** [20]. Тесты с изолированными листьями табака показали, что синтезированный химически олигопептид с той же первичной структурой обладал такой же активностью против ВТМ, как целый белок или полученный в результате его гидролиза фрагмент из 29 аминокислот. Трансгенные растения табака, рапса и картофеля с *mf3* проявляют повышенную устойчивость к ВТМ, X- и Y-вирусам картофеля, вирусу мозаики турнепса, *Plasmodiophora brassicae* и *P. infestans*.

Следует также отметить, что MF2 и MF3, а также их пептидные фрагменты не обладают фитотоксичностью и не токсичны для теплокровных. Поскольку индуцируемая ими устойчивость носит системный характер, обработка семян или листьев защищает все растение от последующих атак фитопатогенов. Продолжительность защитного эффекта от обработок этими белками в большинстве случаев оказывается достаточной, чтобы поддерживать невосприимчивость растений в течение периода наиболее вероятного инфицирования. В связи с тем, что фитопатологические прогнозы, сделанные накануне полевого сезона, не всегда оправдываются, предпосевная обработка фунгицидами против ожидаемых болезней зачастую оказывается неэффективной. Культивирование растений, в которых трансгены элиситоров неспецифической устойчивости к широкому спектру возбудителей, экспрессируются конститутивно или в ответ на контакт с

фитопатогенном, могло бы помочь в решении этой проблемы.

В целом, результаты исследований микробных белков и пептидов, обладающих свойствами био-пестицидов или элиситоров устойчивости к болезням, показывают, что основанные на их использовании биотехнологии открывают новые перспективы экологизации сельского хозяйства и при введении в практику могут стать мощными инструментами защиты урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Finking R., Marahiel M.A. Biosynthesis of nonribosomal peptides // Ann. Rev. Microbiol. 2004. V. 58. P. 453-488.
2. Montesinos E. Antimicrobial peptides and plant disease control // FEMS Microbiol. Letters. 2007. V. 270. P. 1-11.
3. Park H-Y, Park H-C., Yoon M-Y. Screening for peptides binding on *Phytophthora capsici* extracts by phage display // J. Microbiol. Methods. 2009. V. 78. P. 54-58.
4. Abriouel H., Franz C., Omar N.B., Gálvez A. Diversity and applications of *Bacillus bacteriocins* // FEMS Microbiol. Rev. 2011. V. 35. N. 1. P. 201-232.
5. Похиленко В. Д., Перельгин В.В. Бактериоцины: их биологическая роль и тенденции применения // Электрон. научн. журн. «Исследовано в России». 2011. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2011/016.pdf>
6. Shcherbakova L. Some Natural Proteinaceous and Polyketide Compounds in Plant Protection and Their Potential in Green Consumerization // Nutural Products in Plant Pest Management / ed. N.K. Dubey. CABI International. Preston, UK, 2011. P. 109-133.
7. Carvalho A.O., Gomes V.M. Plant defensins - Prospects for the biological functions and biotechnological properties // Peptides. 2009. V. 30. P. 1007-1020.
8. Elad Y., Chet I., Henis Y. Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum* // Canad. J. Microbiol. 1982. V. 28. P. 719-725.
9. Lorito M. Chitinolytic enzymes and their genes // Harman G.E., Kubicek C.P. (eds.) *Trichoderma and Gliocladium: Enzymes, biological control and commercial application*. V. 2. London: Taylor & Francis, 1998. P. 73-99.
10. Chernin L., Chet I. Microbial enzymes in the biocontrol of plant pathogens and pests // Burns R.G., Dick R.P. (eds.) *Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications*. New York: Marcel Dekker, 2002. P. 171-226.
11. Dyakov Yu.T., Ozeratskovskaya O.L. Vertical pathosystem: Resistance genes and their products. Immune response // Dyakov Yu.T., Dzhavakhiya V.G., Korpela T. (eds.) *Comprehensive and Molecular Phytopathology*. ELSEVIER, 2007. P. 181-314.
12. Bonaterra A., Mari M., Casalini L., Montesinos E. Biological control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in postharvest of stone fruit by *Pantoea agglomerans* EPS125 and putative mechanisms of antagonism // Intern. J. Food Microbiol. 2003. V. 84. P. 93-104.
13. Gohel V., Singh A., Vimal M., Ashwini P., Chhatpar H.S. Bioprospecting and antifungal potential of chitinolytic microorganisms // African J. Biotechnology. 2006. V. 5. P. 54-72.
14. Bolar J.P., Norelli J.L., Wong K-W., Hayes C.K., Harman G.E., Aldwinckle H.S. Expression of endochitinase from *Trichoderma harzianum* in transgenic apple increases resistance to apple scab and reduces vigor // Phytopathol. 2000. V. 90. P. 72-77.
15. Odintsova T., Shcherbakova L., Fravel D., Egorov T., Suprunova T. Discovery of a novel protein, a putative elicitor from a biocontrol *Fusarium oxysporum*, inducing resistance

- to *Fusarium wilt* in tomato // Proceed. XIV Intern. Congr. Molecular Plant-Microbe Interactions. 2009. V. 1. P. 22.
16. Wei Z.M., Beer S.V. Harpin from *Erwinia amylovora* induces plant resistance // Acta Horticulturae. 1996. V. 411. P. 223-225.
 17. Dzhavakhiya V.G., Nikolaev O.N., Voinova T.M., Battchikova N.V., Korpela T., Khomutov R.M. DNA sequence of gene and amino acid sequence of protein from *Bacillus thuringiensis*, which induces non-specific resistance of plants to viral and fungal diseases // J. Russian Phytopathol. Soc. 2000. V. 1. P. 75-81.
 18. Кромина К.А., Джавахия В.Г. Экспрессия бактериального гена *CspD* в растениях табака приводит к повышению устойчивости к грибным и вирусным патогенам // Мол. генетика, вирусология и микробиол. 2006. Т. 1. С. 31-34.
 19. Felix G., Boller T. The highly conserved RNA-binding motif RNP-1 of bacterial cold shock proteins is recognized as an elicitor signal in tobacco // Journ. Biol. Chemistry. 2003. V. 278. P. 6201-6208.
 20. Shumilina D., Krämer R., Klocke E., Dzhavakhiya V. MF3 (peptidylprolyl *cis-trans* isomerase of FKBP type from *Pseudomonas fluorescens*) – an elicitor of non-specific plant resistance against pathogens // Phytopathol. Polonica. 2006. V. 41. P. 39-49.
 21. Кромина К.А., Игнатов А.Н., Абдеева И.А. Участие пептидил-пролил-цис/транс-изомераз в патологическом процессе // Биол. мембраны. 2008. Т. 25. № 4. С. 243-251.
 22. Viaud M.C., Balhadere P.V., Talbot N.J.A. *Magnaporthe grisea* cyclophilin acts as a virulence determinant during plant infection // The Plant Cell. 2002. V. 14. С. 917-930.
 23. Lee J.R., Park S.C., Kim J.Y., Lee S. S., Park Y., Cheong G.W., Hahm K. S., Lee S.Y. Molecular and functional characterization of a cyclophilin with antifungal activity from Chinese cabbage // Biochem. and Biophys. Res. Comm. 2007. V. 353. P. 672-678.

MICROBIAL PROTEINS AND PEPTIDES SHOWING PROMISE FOR ECOLOGICALLY COMPATIBLE PLANT PROTECTION AGAINST PHYTOPATHOGENS

©2013 L.A. Shcherbakova, V.G. Dzhavakhiya

Research Institute of Phytopathology of RAA, Bolshie Vyazemy, Moscow region

This paper reviewed some results of investigations of microbial proteins and peptides, which either inhibit growth of plant pathogens (antimicrobial peptides, lytic enzymes) or induce plant resistance to diseases (elicitor proteins). Main approaches to application of microbial proteins and peptides against most damaging causative agents and potential of these compounds in biocontrol of plant pathogens were discussed.

Key words: *plant protection, biocontrol, antimicrobial peptides of antagonistic microorganisms, elicitor proteins.*