

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАЩИТНЫХ БЕЛКОВ И ПЕПТИДОВ ДИКОРАСТУЩИХ И КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА СЛОЖНОЦВЕТНЫЕ (*COMPOSITAE*): ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕТЕРМИНАНТ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ К БИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ

Е.А. Рогожин^{1,2,3}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, Москва, Россия, rea21@list.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе», Москва, Россия

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия

Аннотация. В рамках проведенной работы проведен сравнительный анализ состава белков и пептидов, участвующих во врожденном иммунитете, в трубчатых цветках и зрелых семенах культурного и дикорастущего видов растений семейства Сложноцветные (*Compositae*) – подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus*) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) – с целью выявления общих (в том числе гомологичных) и различных молекул, в том числе, за счет наличия которых, достигается контрастная устойчивость данных видов растений к возбудителям грибных болезней узкого и широкого спектра.

Ключевые слова: врожденный иммунитет, биотические стрессовые факторы, защитные белки и пептиды, дикорастущие и культурные растения, Сложноцветные

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-670-673

Патогенные микроорганизмы (грибы, бактерии и вирусы) и насекомые-вредители наносят существенный ущерб сельскохозяйственным культурам, снижая урожайность на 45%. Важнейшими стратегиями повышения устойчивости растений к фитопатогенам является селекция на устойчивость и использование химических средств защиты растений. Селекция на устойчивость часто затруднена наличием большого числа возбудителей заболеваний, отсутствием эффективных доноров устойчивости, сцепленностью в ряде случаев устойчивости с нежелательными агрономическими признаками, кроме того, процесс создания устойчивых сортов методами классической селекции является трудоемким и длительным. Использование химических средств защиты (пестицидов) существенно снижает потери урожая, однако представляет угрозу экологической безопасности и способствует появлению и распространению устойчивых форм патогенов. В связи с этим во всем мире продолжается поиск новых альтернативных путей защиты растений, которые могут быть включены в систему интегрированной защиты. Считается общепризнанным, что наиболее перспективными подходами к повышению устойчивости являются те, которые направлены на усиление защитных свойств самих растений. В связи с этим особое значение приобретает изучение молекулярных механизмов и компонентов иммунной системы растений. Защитные белки и пептиды представляют огромный интерес для сельского хозяйства. Потери урожая от поражения грибными и бактериальными патогенами довольно существенны, кроме того, болезни снижают качество урожая и уменьшают сроки хранения продукции растениеводства. Особенностью антимикробных полипептидов является то, что они обладают способностью ингибировать развитие широкого спектра микроорганизмов, в большинстве случаев посредством механизмов, отличных от

молекулярных мишеней большинства действующих веществ коммерческих средств защиты растений (пестицидов) и традиционных антибиотиков. В ряде дикорастущих и культурных растений обнаружен довольно большой спектр антимикробных полипептидов. Эти пептиды, вырабатываемые в ряде случаев не с целью защиты, часто обладают более высокой антимикробной активностью, чем белки, связанные с патогенезом (PR-белки). Интерес научного сообщества к этим веществам подтверждается большим числом публикуемых статей и патентов, посвященных антимикробным пептидам. О защитной роли ряда антимикробных и антифунгальных веществ в растениях свидетельствуют биологические тесты *in vitro*, локализация преимущественно в периферических слоях клеток, а также индукция синтеза в ответ на действие патогенов.

Известно, что дикие формы растений (в том числе сорные) демонстрируют гораздо больший уровень устойчивости к комплексу стрессов (как биотических, так и абиотических) по сравнению с возделываемыми растениями, большинство которых утратило высокий уровень толерантности на молекулярном уровне в процессе селекционного отбора, главным образом, по принципу повышения продуктивности. Для подавляющего большинства дикорастущих видов цветковых растений, как двудольных, так и однодольных, свойственен способ обитания и размножения в условиях довольно жесткой конкуренции за ресурсы (в частности, солнечный свет, доступность минерального питания, плодородие и кислотность почвы и т.п.), которая возникает в растительном сообществе. Эта конкуренция также обостряется и на молекулярном уровне за счет проявления аллелопатических взаимодействий между растениями, близко произрастающими друг относительно друга. При этом, более «агрессивные» виды однолетних и многолетних дикорастущих растений, способные синтезировать оптимальный набор метаболитов, подавляющих рост и развитие других видов, и активно выделять (секретировать) их через корневую систему в почву или посредством надземных вегетирующих частей (листья, стебли, цветки), способны выигрывать эту конкурентную борьбу и благополучно завершать цикл своего онтогенетического развития. Характерно, что влияние на дикие виды растений факторов биотического стресса (главным образом, поражение микроорганизмами – возбудителями болезней, повреждения насекомыми-вредителями, нематодами, другими беспозвоночными), то очень часто такие данные крайне немногочисленны или полностью отсутствуют. Причина этого, в основном, заключается в отсутствии экономической составляющей множества видов этих растений для отраслей растениеводства и животноводства в сельском хозяйстве. Немногочисленными исключениями можно считать дикорастущие родичи культурных растений, главным образом, зерновых и зернобобовых, которые могут быть потенциально востребованы с точки зрения традиционной селекции при выведении новых сортов (гибридов) с повышенной устойчивостью, например, к болезням. В рамках данной работы проведен анализ спектра преобладающих защитных полипептидов на примере «модельной пары» близкородственных растений – «подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus*) – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*)», с использованием постгеномных и протеомных технологий. Аналогичный подход ранее был успешно использован на примере исследования закономерностей внутривидовой устойчивости растений рапса ярового (*Brassica napus*), контрастных по степени полевой устойчивости к грибным болезням в условиях Центрально-Черноземной зоны [Rogozhin et al., 2016]. Проведенный пептидомный анализ растений одуванчика и подсолнечника позволил выявить, во-первых, преимущественное отсутствие совпадающих пептидных соединений в цветках и зрелых семенах, а, во-вторых, принципиальное и качественное наличие спектра, который, в случае подсолнечника, был «ориентирован» на наличие

запасных белков (2S-альбуминов) [Kortt et al., 1991; Mylne et al., 2011] и ингибиторов гидролаз [Colgrave et al., 2010] в семенах и сигнальных полипептидов с цветках и листьях [Hewezi et al., 2005], в то время как для одуванчика оказалось характерным локализация в семенах (на фоне присутствия двухсубъединичных 2S-альбуминов) [Odintsova et al., 2010] также и ряда антимикробных пептидов, а в цветках было выявлена целая совокупность новых полипептидов с уникальными структурными мотивами на уровне аминокислотных последовательностей, не имеющих пока аналогов в растительном мире, и с довольно поверхностно изученной биологической активностью [Astafieva et al., 2012, 2013, 2015].

Литература

Astafieva A.A., Enyenihi A.A., Rogozhin E.A., Kozlov S.A., Grishin E.V., Odintsova T.I., Zubarev R.A., Egorov T.A. Novel proline-hydroxyproline glycopeptides from the dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg.) flowers: de novo sequencing and biological activity // *Plant Sci.* – 2015. – V. 238. – P. 323–329.

Astafieva A.A., Rogozhin E.A., Andreev Y.A., Odintsova T.I., Kozlov S.A., Grishin E.V., Egorov T.A. A novel cysteine-rich antifungal peptide ToAMP4 from *Taraxacum officinale* Wigg. flowers // *Plant Physiol. Biochem.* – 2013. – V. 70. – P. 93–99.

Astafieva A.A., Rogozhin E.A., Odintsova T.I., Khadeeva N.V., Grishin E.V., Egorov T.A. Discovery of novel antimicrobial peptides with unusual cysteine motifs in dandelion *Taraxacum officinale* Wigg. flowers // *Peptides.* – 2012. – V. 36(2). – P. 266–271.

Colgrave M.L., Korsinczky M.J., Clark R.J., Foley F., Craik D.J. Sunflower trypsin inhibitor-1, proteolytic studies on a trypsin inhibitor peptide and its analogs // *Biopolymers.* – 2010. – V. 94(5). – P. 665–672.

Hewezi T., Petitprez M., Gentzbittel L. Primary metabolic pathways and signal transduction in sunflower (*Helianthus annuus* L.): comparison of transcriptional profiling in leaves and immature embryos using cDNA microarrays // *Planta.* – 2006. – V. 223(5). – P. 948–964.

Kortt A.A., Caldwell J.B., Lilley G.G., Higgins T.J. Amino acid and cDNA sequences of a methionine-rich 2S protein from sunflower seed (*Helianthus annuus* L.) // *Eur. J. Biochem.* – 1991. – V. 195(2). – P. 329–334.

Mylne J.S., Colgrave M.L., Daly N.L., Chanson A.H., Elliott A.G., McCallum E.J., Jones A., Craik D.J. Albumins and their processing machinery are hijacked for cyclic peptides in sunflower // *Nat. Chem. Biol.* – 2011. – V. 7(5). – P. 257–259.

Odintsova T.I., Rogozhin E.A., Sklyar I.V., Musolyamov A.K., Kudryavtsev A.M., Pukhalsky V.A., Smirnov A.N., Grishin E.V. and Egorov T.A. Antifungal activity of storage 2S albumins from seeds of the invasive weed dandelion *Taraxacum officinale* Wigg. // *Protein & Peptide Letters.* – 2010. – V. 17. – P. 522–529.

Rogozhin E.A., Muravlev A.A., Karpachev V.V. Discovering antimicrobial peptides from rape (*Brassica napus* L.) seeds to detect breed resistance to environmental biotic stress factors // *Abstracts of IV International Conference on Antimicrobial Research – ICAR2016, Spain, Torremolinos – Malaga. 29 June–1 July, 2016.* – P. 13.

**COMPARATIVE STRUCTURE-FUNCTION ANALYSIS OF DEFENSE PROTEINS
AND PEPTIDES FROM WILD AND CULTIVATED PLANTS OF COMPOSITAE
FAMILY: REVELATION OF DETERMINANTS PROVIDING A HIGH
RESISTANCE LEVEL TO BIOTIC STRESS FACTORS**

E.A. Rogozhin^{1,2,3}

¹Shemyakin–Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, *rea21@list.ru*

²Federal State Budgetary Scientific Institution «Gause Institute of New Antibiotics», Moscow, Russia

³Tyumen State University, Tyumen, Russia

Abstract. In this work a comparative analysis of protein and peptide content that associated with innate immunity, from tubular flowers and mature seeds of cultivated and wild species of Compositae family – sunflower (*Helianthus annuus*) and dandelion (*Taraxacum officinale*) – has been carried to discover general homologous and different molecules, in due to contrary resistance of these plants to wide and narrow fungal diseases is achieved.

Keywords: *innate immunity, biotic stress factors, defense proteins and peptides, wild and cultivated plants, Compositae family*