

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔平成27年度研究進捗評価用〕

平成24年度採択分  
平成27年3月10日現在

植物免疫システムの分子機構

Molecular elucidation of plant immune systems

課題番号：24228008

白須 賢 (SHIRASU KEN)

独立法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・グループディレクター



研究の概要 本研究では“植物が如何にして身を守っているか”そして“病原体が如何にしてそれを破るか”を分子生物学的に解明する。これまでに数多くの植物免疫に関連する遺伝子や病原体のエフェクターが単離され、動物の自然免疫との共通点や相違点が明らかになってきているが、タンパク質レベルでの分子メカニズム解明にはほど遠いのが現状である。これまでに本研究室で確立したゲノム、プロテオーム、ケミカルゲノミクス、そしてタンパク質構造解析基盤を駆使し、植物免疫および病原性に重要なタンパク質とその複合体の同定、さらにその構造解析を通して植物免疫システムの全容解明を目指す。

研究分野：農学・境界農学・応用分子細胞生物学

キーワード：分子間相互作用

1. 研究開始当初の背景

植物は、動物などと同様に個々の細胞が病原体の生体構成物質を感知して防御反応を誘導する“自然免疫系”を発達させ、多種多様な病原体に対応している。これに対し病原体は自然免疫系を抑制し感染を確立するが、病害抵抗性を示す植物は、さらに強い防御反応を誘導できる。免疫機能に関与する多くの因子が明らかになってきているが、遺伝学的手法を用いて単離された因子によるものがほとんどであり、植物免疫システムの活性化メカニズムは依然として不明な部分が多い。

2. 研究の目的

植物免疫および病原性に重要なタンパク質とその複合体の同定、さらにその構造解析を通して植物免疫システムの全容解明を目指す。

3. 研究の方法

ゲノム、プロテオーム、ケミカルゲノミクス、そしてタンパク質構造解析基盤を駆使し、植物免疫阻害剤ターゲットの新規同定により植物免疫システムにおける新パラダイムの確立を目指す。また生化学的機能が不明でかつ重要な植物免疫関連タンパク質複合体の機能解析を推し進める。

4. これまでの成果

病原体ゲノム解析や免疫に関するタンパク質の詳細解析の他、植物の免疫を阻害する類似化合物を同定し、さらに化合物の結合タンパク質を同定した。このタンパク質の植物内大量精製法を確立し、その高純度精製、結晶

化に成功した。結晶解析の結果、マンガンを含有し、糖鎖を持つ6量体の構造を決定した。

5. 今後の計画

ゲノム解析や構造情報から免疫に関与している可能性が高いタンパク質を選定し、植物内の機能解析を進め、植物免疫システムの全容解明を目指す。

6. これまでの発表論文等（受賞等も含む）

1. Ichihashi, Y., Mutuku, J.M., Yoshida, S., and Shirasu, K. (2015) Transcriptomics exposes the uniqueness of parasitic plants. *Briefings in Functional Genomics* doi: 10.1093.
2. Kadota Y, Jan Sklenar J, Derbyshire P, Stransfeld L, Asai S, Ntoukakis V, Jones JDG, Shirasu K, Menke F, Jones A, Zipfel C (2014) Direct regulation of the NADPH oxidase RBOHD by the PRR-associated kinase BIK1 is required for ROS but not plant immunity. *Mol. Cell* 54: 43-55.
3. Kondo Y, Ito T, Nakagami N, Hirakawa Y, Saito M, Tamaki T, Shirasu K, Fukuda H (2014) Plant GSK3 proteins regulate xylem cell differentiation downstream of TDIF-TDR signalling. *Nat. Commun.* 5:3504.
4. Nakaminami, K., Matsui, A., Nakagami, H., Minami, A., Nomura, Y., Tanaka, M., Morosawa, T., Ishida, J., Takahashi, S., Uemura, M., Shirasu, K., and Seki, M. Analysis of differential expression

- patterns of mRNA and protein during cold- and de-acclimation in Arabidopsis. (2014) *Mol Cell Proteomics* 13:3602-3611.
5. Lyons R, Iwase A, Gänsewig T, Sherstnev A, Duc C, Barton GJ, Hanada K, Higuchi-Takeuchi M, Matsui M, Sugimoto K, Kazan K, Simpson GG, Shirasu K (2013) The RNA-binding protein FPA regulates flg22-triggered defense responses and transcription factor activity by alternative polyadenylation. *Sci. Rep.* 3:2 866.
  6. Sasaki-Sekimoto, Y., Jikumaru, Y., Obayashi, T., Saito, H., Masuda, S., Kamiya, Y., Ohta, Y., and Shirasu, K. bHLH transcription factors JA-ASSOCIATED MYC2-LIKE 1, JAM2 and JAM3 are negative regulators of jasmonate responses in Arabidopsis (2013) *Plant Physiol.* 163: 291-304.
  7. Gan P, Ikeda K, Irieda H, Narusaka M, O'Connell RJ, Narusaka Y, Takano Y, Kubo Y, Shirasu K (2013) Comparative genomic and transcriptomic analyses reveal the hemibiotrophic stage shift of Colletotrichum fungi. *New Phytol.* 197:1236-1249.
  8. Spallek T, Mutuku M, Shirasu K (2013) The genus *Striga*: a witch profile. *Mol. Plant Path.* 14:861-869.
  9. Hiruma, K., Fukunaga, S., Bednarek, P., Piślewska-Bednarek, M., Watababe, S., Narusaka, Y., Shirasu, K., and Takano, Y. Glutathione and tryptophan metabolism are required for Arabidopsis immunity during the hypersensitive response to hemibiotrophs. (2013) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 110: 9589-9594.
  10. Narusaka, M., Kubo, Y., Hatakeyama, K., Imamura, J., Ezura, H., Nanasato, Y., Tabei, Y., Takano, Y., Shirasu, K., and Narusaka, Y. Interfamily transfer of dual NB-LRR genes confers resistance to multiple pathogens. (2013) *PLOS ONE* 8: e55954.
  11. Hashimoto-Sugimoto, M., Higaki, T., Yaeno, T., Nagami, A., Irie, M., Fujimi, M., Miyamoto, M., Akita, K., Negi, J., Shirasu, K., Hasezawa, S., and Iba, K. A Munc13-like protein in Arabidopsis mediates H<sup>+</sup>-ATPase translocation that is essential for stomatal responses. (2013) *Nat. Comm.* 4: 2215.
  12. Yaeno, T and Shirasu, K. The RXLR motif of oomycete effectors is not a sufficient element for binding to phosphatidylinositol monophosphates. (2013) *Plant Sig & Behavior* 8: e23865.
  13. Yoshida S, Kameoka H, Tempo M, Akiyama K, Umehara M, Yamaguchi S, Hayashi H, Kyojuka J, Shirasu K (2012) The D3 F-box protein is a key component in host strigolactone responses essential for arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytol.* 196: 1208-1216.
  14. Noutoshi Y, Okazaki M, Kida T, Nishina Y, Morishita Y, Ogawa T, Suzuki S, Shibata D, Jikumaru Y, Hanada A, Kamiya Y, Shirasu K (2012) Novel plant immune-priming compounds identified via high-throughput chemical screening target salicylic acid glucosyltransferases in Arabidopsis. *Plant Cell* 24: 3795-3804.
  15. Stegmann, M., Anderson, R.G., Ichimura, K., Pecenkova, T., Reuter, P., Zarsky, V., McDowell, J.M., Shirasu, K., and Trujillo, M. The Ubiquitin Ligase PUB22 Targets a Subunit of the Exocyst Complex Required for PAMP-Triggered Responses in Arabidopsis. (2012) *Plant Cell* 24:4703-4716.
  16. Yoshida, S. and Shirasu, K. Plants that attack plants: molecular elucidation of plant parasitism. (2012) *Curr Opin Plant Biol* 15:708-713.
  17. Ronald, P. and Shirasu, K. Front-runners in plant-microbe interactions (2012) *Curr Opin Plant Biol* 15:345-348.
  18. \*Nakagami, H., Sugiyama, N., \*Ishihama, Y., and \*Shirasu, K. Shotguns in the front line: Phosphoproteomics in plants (2012) *Plant Cell Physiol* 53: 118-124.
  19. Noutoshi, Y., Jikumaru, Y., Kamiya, Y., and Shirasu, K. ImprimatinC1, a novel plant immune-priming compound, functions as a partial agonist of salicylic acid. (2012) *Scientific Reports* 2:705.
  20. Noutoshi, Y., Ikeda, M., and Shirasu, K. Diuretics prime plant immunity in Arabidopsis thaliana. (2012) *PLOS One* 7(10): e48443.
  21. Noutoshi, Y., Ikeda, M., Saito, T., Osada, H., Shirasu, K. Sulfonamides identified as plant immune-priming compounds in high-throughput chemical screening increase disease resistance in Arabidopsis thaliana (2012) *Front. Plant Sci.* 3:245.
  22. 賞 Thomson Reuters Highly Cited Researcher (2014)  
ホームページ等  
<http://plantimmunity.riken.jp>