

УДК 581.293+8:633.18

DOI: 10.36305/0513-1634-2022-144-161-165

РОЛЬ УГЛЕВОДОВ В ИММУНИТЕТЕ РАСТЕНИЙ

Олеся Анатольевна Брагина

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса»

350921, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, поселок Белозерный, 3

E-mail: olesya.bragina.1984@mail.ru

Биотические и абиотические стрессы приводят к значительным потерям урожая при производстве риса, в связи с чем повышение стрессоустойчивости растений является одной из основных целей селекции. Болезни являются одними из наиболее важных ограничивающих факторов, влияющих на производство риса. Пирикулярриоз (возбудитель – несовершенный гриб *Pyricularia oryzae* Cav.) – самая опасная и вредоносная болезнь риса, широко распространена в большинстве рисосеющих регионов мира, включая Россию. Максимальный успех в борьбе с возбудителем пирикулярриоза может быть достигнут за счет внедрения в производство сортов с долговременной устойчивостью к патогену. Фунгициды по-прежнему широко используются для предотвращения болезней сельскохозяйственных культур, но вторичные эффекты некоторых из них, касающиеся качества окружающей среды, здоровья человека и отбора устойчивых штаммов, стимулируют исследования для разработки новых стратегий в контексте устойчивого растениеводства. В настоящее время проводятся эксперименты с различными углеводами на предмет их возможной роли в качестве индукторов резистентности. На шести сортах риса, демонстрирующих различные типы устойчивости к возбудителю пирикулярриоза в полевых условиях, были изучены взаимосвязи между резистентностью и содержанием углеводов. Достоверных связей между содержанием неструктурных углеводов и устойчивостью к пирикулярриозу риса обнаружено не было.

Ключевые слова: углеводы; пирикулярриоз; риса; сорт; устойчивость; патоген

Введение

На рисе зарегистрировано более 80 заболеваний, вызываемых грибами, бактериями, вирусами или нематодами [6]. В последнее время вся селекция на устойчивость к возбудителю пирикулярриоза строилась на использовании вертикальной (расоспецифической) устойчивости. Это надежная защита, которая имеет определяющее значение в работе многих селекционеров. Но все больший интерес вызывают углеводы из-за их роли в иммунитете растений. У растений углеводы, производимые фотосинтезом, хорошо известны своей главной ролью в качестве жизненно важных источников энергии и углеродных скелетов для органических соединений и компонентов-хранилищ [3]. Сахара представляют собой основной субстрат, обеспечивающий энергию и структурный материал для защитных реакций у растений, при этом они также могут действовать как сигнальные молекулы, взаимодействующие с гормональной сигнальной сетью, регулирующей иммунную систему растения [4]. Что касается их роли в иммунитете растений, вопрос заключается в том, чтобы определить, могут ли углеводы быть полезными в борьбе с болезнями растений в полевых условиях.

На протяжении всего онтогенеза химический состав растений является «краеугольным камнем» их способности противостоять негативным факторам окружающей среды. Распределение углеводов, процесс ассимиляции, транспортировки и распределения сахаров из исходных листьев в ткани поглотителя такие как цветы, стебли и корни, имеет основополагающее значение для роста и развития растений

[1, 2]. Кроме того, этот процесс имеет решающее значение для устойчивости растений к абиотическому и биотическому стрессу. Существует несколько гипотез для объяснения механизмов «резистентности с высоким содержанием сахара» [3, 10-11].

Чтобы противодействовать стрессовым изменениям и успешно расти, большинство растений запускают механизмы устойчивости к негативным факторам путем перепрограммирования метаболизма и экспрессии генов и достижения нового равновесия между развитием и защитой [16]. В то же время были предприняты попытки обсудить роль уровня сахара в устойчивости к абиотическим стрессам. На основании результатов экологических и агрономических исследований было установлено, что существует тесная связь между концентрацией растворимого сахара и стрессоустойчивостью [4, 7] (рис. 1).

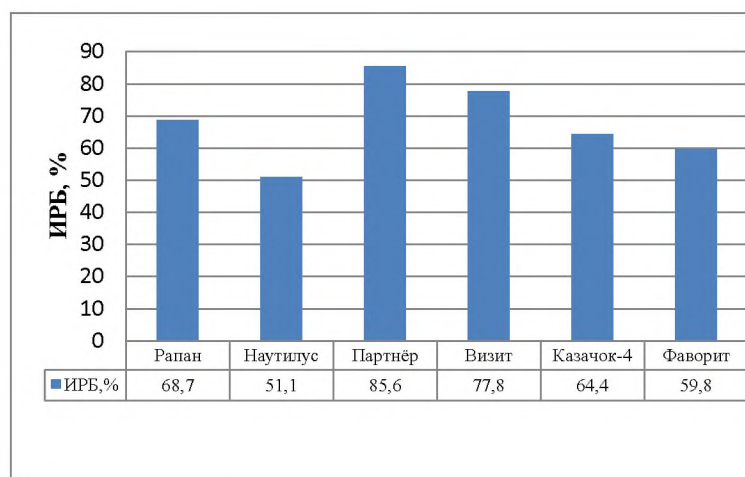


Рис. 1 Интенсивность развития пирикулярриоза на сортах риса

Так же считается, что, хотя существует целый ряд питательных веществ, которые патоген получает от своего хозяина, некоторые из наиболее важных – это углеводы, преимущественно в форме глюкозы или фруктозы [15]. Поэтому между растениями и патогенными микроорганизмами постоянно происходит борьба за эти важные сахара. Высокий уровень сахара не всегда стимулирует иммунную систему растений, а вызывает развитие патогенных грибов (так называемые болезни с высоким содержанием сахара) [5, 13]. У большинства видов сельскохозяйственных растений, сахар повышает устойчивость. В настоящее время, очевидно, что многие патогены используют общую стратегию узурпации переносчиков сахара-хозяина для получения углеводных ресурсов, будь то в виде гексоз или сахарозы, и изменения клеточного сахарного гомеостаза. В настоящее время, бесспорно, углеводы играют роль в иммунитете растений. Однако их реальное значение во взаимодействиях растений и микробов все еще остается частично неизвестным из-за высокой сложности задействованных механизмов [8, 14].

Объекты и методы исследования

Для выявления динамики изменения содержания количества неструктурных углеводов в стеблях риса от степени поражения пирикулярриозом на шести сортах риса проводили оценку устойчивости растений к поражению патогеном на естественном инфекционном фоне в фазы выметывание-цветение и налива зерна в элитно-семеноводческом хозяйстве ЭСОС «Красная», в 2021 г. [9]. Содержание углеводов в стеблях риса определяли колориметрическим методом с антроном. Расчет содержания

растворимых углеводов и крахмала проводили по калибровочной кривой, построенной по глюкозе [12].

Результаты и обсуждение

На шести сортах риса, демонстрирующих различные типы устойчивости к возбудителю *Pyricularia oryzae* Cav. в полевых условиях (рис. 1), были определены взаимосвязи между устойчивостью и содержанием углеводов, в фазу цветения.

Реакция сортов риса на устойчивость к пирикуляриозу была неоднозначной, показатель интенсивность развития болезни (ИРБ) находился в пределах 51,1-85,6% (рис. 2).

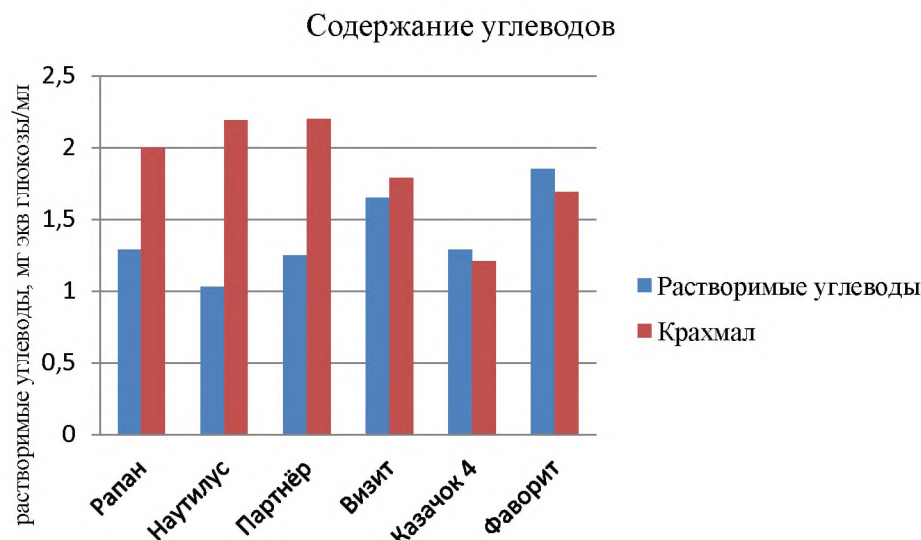


Рис. 2 Содержание углеводов в стеблях риса в фазу цветения

Содержание углеводов у сорта 'Наутилус', который в опыте показал себя как более устойчивый генотип, было минимальным по сравнению с другими сортами, в особенности сортом 'Визит', который в испытании проявил себя как очень восприимчивый сорт (рис. 3).

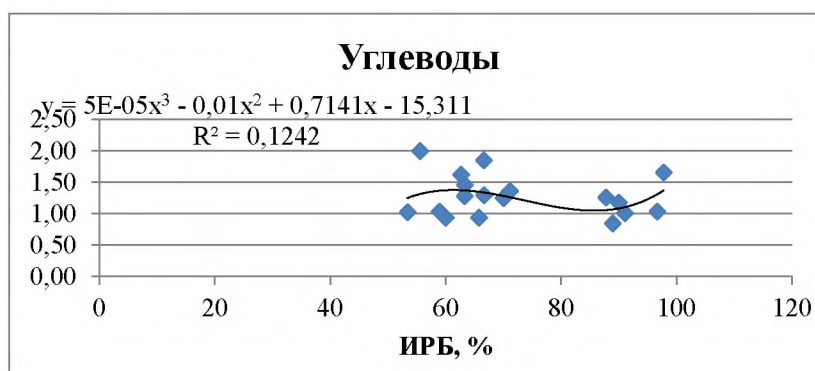


Рис. 3 Связь содержания углеводов в растениях риса с устойчивостью к возбудителю *Pyricularia oryzae* Cav.

Устойчивых различий у сортов 'Рапан', 'Партнёр', 'Казачок-4' по содержанию углеводов не выявлено. Большим количеством неструктурных углеводов отличался сорт 'Фаворит'. Не было обнаружено связей между содержанием неструктурных углеводов и устойчивостью к пирикулярриозу риса.

Выводы

В настоящее время, бесспорно, углеводы играют значительную роль в иммунитете растений. Однако их реальное значение во взаимодействиях растений и патогена все еще остается частично неизвестным из-за высокой сложности задействованных механизмов и требует конкретных исследований.

В наших исследованиях не прослеживалась взаимосвязь устойчивости восприимчивости растений к возбудителю пирикулярриоза и содержанием углеводов сортов риса.

Список литературы

1. Воробьев Н.В., Скаженник М.А., Ковалев В.С., Пшеницина Т.С. Особенности продукционного процесса риса (обзор) // Рисоводство. – 2015. – № 1-2. – С. 48-53.
2. Baker R.F., Leach K.A., Braun D.M. Sweet as sugar: new sucrose effluxers in plants // Mol. Plant. – 2012. – №5. – P. 766-768.
3. Boller T., Felix G. Revival of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern recognition receptors // Anna. Rev. Plant Biol. – 2009. – № 60. – P. 379-406.
4. Bolouri-Moghaddam M.R., Roy K. Le, Xiang L., Rolland F., W. Van den Ende Sugar signalling and antioxidant network connections in plant cells // FEBS J. – 2010. – №277. – P. 2022-2037.
5. Chen L.Q., Qu X.Q., Hou B.H., Sosso D., Osorio S., Fernie A.R., Frommer W.B. Sucrose efflux mediated by SWEET proteins as a key step for phloem transport // Science. – 2012. – № 335(6065). – P. 207-211.
6. Forlani G. Differential in vitro responses of rice cultivars to Italian lineages of the blast pathogen *Pyricularia grisea* Aromatic biosynthesis // J Plant Physiol. – 2010. – № 167. – P. 928-932.
7. Hayes M.A., Feechan A., Dry I.B. Involvement of abscisic acid in the coordinated regulation of a stress-inducible hexose transporter (VvHT5) and a cell wall invertase in grapevine in response to biotrophic fungal infection // Plant Physiol. – 2010. – № 153. – P. 211-221.
8. Hey S.J., Byrne E., Halford N.G. The interface between metabolic and stress signaling // Ann Bot. – 2010. – № 105. – P. 197-203.
9. International Rice Research Institute (IRRI) // Standard evaluation system for rice. 4th.ed. IRRI – Manila, Phillipine. – 1996.
10. Kangasjärvi S., Neukermans J., Li S., Aro E.M., Noctor G. Photosynthesis, photorespiration, and light signalling in defence responses // J Exp Bot. – 2012. – № 63. – P. 1619-1636.
11. Kazan K., Manners J.M. The interplay between light and jasmonatesignalling during defence and development // J Exp Bot. – 2010. – № 62. – P.4087-4100.
12. Leyva A., Quintana A., Sanchez M., Rodriguez E.N., Cremata J., Sanchez J.C. Rapid and sensitive anthrone-sulfuric acid assay in microplateformat to quantify carbohydrate in biopharmaceutical products: Method development and validation // Biologicals. – 2008. – № 36 – P. 134-141.

13. Li T., Liu B., Spalding M.H., Weeks D.P., Yang B. High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice // Nat Biotechnol. – 2012. – №30 (5). – P.390-397.
14. Rolland F., Baena-Gonzalez E., Sheen J. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms // Annu Rev. Plant Biol. – 2006. – № 57. – P. 675-709.
15. Talbot N.J. Living the sweet life: How does a plant pathogenic fungus acquire sugar from plants? // PLoS Biol. – 2010. – P. 308-312.
16. Yu S., Liang C., Liping Z., Diqiu Y. OsWRKY72 gene overexpression interferes with abscisic acid signaling and auxin transport pathway Arabidopsis // J Biosci. – 2010. – № 35. – P. 459-471.

Статья поступила в редакцию 24.05.2022 г.

Bragina O.A. The role of carbohydrates in plant immunity // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2022. – № 144 – P. 161-165

Biotic and abiotic stresses cause significant yield losses in rice production, and increasing plant stress tolerance is one of the main breeding goals. Recently, various methods have been used to increase plant resistance to stress. Diseases are among the most important limiting factors affecting rice production. Blast (pathogen – imperfect fungus *Pyricularia oryzae* Cav.) is the most dangerous and harmful disease of rice, widespread in most rice-growing regions of the world, including Russia. The maximum success in the fight against the causative agent of blast can be achieved through the introduction into production of varieties with long-term resistance to the pathogen. But the creation of effective protection measures is hampered by numerous difficulties associated with a lack of knowledge about the physiology of pathogenesis and the mechanisms of plant resistance to the disease. Fungicides are still widely used to prevent crop diseases, but the secondary effects of some of them on environmental quality, human health and the selection of resistant strains are stimulating research to develop new strategies in the context of sustainable crop production. Various carbohydrates are currently being experimented with for their possible role as resistance inducers. Relationships between resistance and carbohydrate content were studied on six rice cultivars showing different types of resistance to the blast pathogen in the field. Significant relationships between the content of non-structural carbohydrates and rice blast resistance were not found.

Key words: *carbohydrates; rice blast; variety; resistance; pathogen*