



# БИОМИКА/BIOMICS

<http://biomics.ru>



## ВЛИЯНИЕ КОРНЕВОЙ ЭКССУДАЦИИ САХАРОВ НА РАЗВИТИЕ ФУЗАРИОЗА У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ

Шапошников А.И., Струнникова О.К., Макарова Н.М., Вишневецкая Н.А., Шахназарова В.Ю., Белимов А.А.

ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии  
Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, [ai-shaposhnikov@mail.ru](mailto:ai-shaposhnikov@mail.ru)

### Резюме

Изучен состав и интенсивность экссудации основных сахаров у различных генотипов пшеницы и ячменя сорта Белогорский на раннем этапе (5 суток) развития растений. Наименьшая суммарная экссудация сахаров отмечена у сортов пшеницы Веда, Безостая 1 и Лилек, наибольшая – у сорта Лебедь и ячменя. В результате проведенных вегетационных экспериментов была выявлена связь между устойчивостью растений к корневой гнили, вызываемой *Fusarium culmorum*, и интенсивностью экссудации сахаров. Наиболее значительное увеличение плотности гриба было отмечено в ризосфере пшеницы сорта Лебедь и у ячменя сорта Белогорский, выделяющих повышенное количество сахаров (в основном глюкозы), что приводило в дальнейшем к значительно более интенсивному развитию симптомов корневой гнили.

**Ключевые слова:** корневые экссудаты, пшеница, ячмень, фузариоз

**Цитирование** - Шапошников А.И., Струнникова О.К., Макарова Н.М., Вишневецкая Н.А., Шахназарова В.Ю., Белимов А.А. Влияние корневой экссудации сахаров на развитие фузариоза у растений пшеницы и ячменя. *Биомика*. 2018. 10 (1). С. 20-23. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-5

## EFFECT OF SUGARS ROOT EXUDATION ON DEVELOPMENT OF FUSARIOSIS IN WHEAT AND BARLEY

Shaposhnikov A.I., Strunnikova O.K., Makarova N.M., Vishnevskaya N.A., Shakhnazarova V.Yu., Belimov A.A.

All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology  
Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, [ai-shaposhnikov@mail.ru](mailto:ai-shaposhnikov@mail.ru)

### Resume

The composition and intensity of the exudation for the main sugars in various genotypes of wheat and barley cultivar Belogorsky at an early stage (5 days) of plant development were studied. The lowest total exudation of sugars was observed in wheat cultivars Veda, Bezostaya 1 and Lilyok, the largest – in the cultivar Swan and barley. As a result of the vegetation experiments, a relationship between the plant resistance to root rot caused by *Fusarium culmorum* and the intensity of sugar exudation was found. The most significant increasing in the density of the *F. culmorum* was observed in the rhizosphere of wheat of the cultivar Swan and in barley of the cultivar Belogorsky, which produced increased amount of sugars (mainly glucose), which subsequently led to a much more intensive development of symptoms of root rot.

**Keywords:** root exudates, wheat, barley, fusariosis

**Citation** – Shaposhnikov A.I., Strunnikova O.K., Makarova N.M., Vishnevskaya N.A., Shakhnazarova V.Yu., Belimov A.A. Effect of sugars root exudation on development of fusariosis in wheat and barley. *Biomics*. 2018. 10 (1). P. 20-23. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-5 [In Russian]

Корневые экссудаты, содержащие аминокислоты, сахара, органические кислоты и вторичные метаболиты, являются источником органического вещества в ризосфере, необходимого для развития микрофлоры [Groleau-Renaud et al., 2000]. Благодаря использованию современных молекулярно-генетических методов появились экспериментальные доказательства того, что варьирование состава корневых экзометаболитов приводит к изменению структуры микробных сообществ ризосферы [Folman et al., 2001; Broeckling et al., 2008; Bais et al., 2006]. Одним из признаков, характеризующих состав корневых выделений по способности влиять на процесс формирования и активность микробных сообществ ризосферы, является относительное содержание органических кислот и сахаров. Простые низкомолекулярные сахара и органические кислоты корневых экссудатов могут играть важную роль при колонизации корней, что достаточно подробно в настоящее время изучено для ризобактерий. Мутант *Pseudomonas fluorescens* WCS365, не способный расти на органических кислотах, плохо колонизировал корни томата, тогда как мутант, не способный расти на сахарах, колонизировал корни так же, как и дикий тип WCS365 [Lugtenberg et al., 1999; de Weert et al. 2002; Lugtenberg et al. 2001]. При росте на органических кислотах антифунгальная активность ризосферных псевдомонад, как правило, выше, чем при росте этих же штаммов на сахарах [Kravchenko et al. / Кравченко

и др., 2003]. В то же время, данный вопрос практически не изучен в случае взаимоотношений растений и фитопатогенных грибов. Цель настоящей работы – оценить влияние качественного состава и интенсивности корневой экссудации сахаров растениями пшеницы и ячменя на развитие симптомов корневой гнили, вызываемой фитопатогенным грибом *Fusarium culmorum*.

Состав и количество выделяемых корнями пшеницы *Triticum aestivum* L. и ячменя *Hordeum vulgare* L. сахаров изучали на ранней стадии развития растений (5 суток). Для получения корневых экссудатов растения выращивали в закрытых стерильных сосудах с минеральным питательным раствором. Полученные экссудаты концентрировали под вакуумом и анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Как показал проведенный анализ, все изучаемые сорта пшеницы характеризовались наличием в составе корневых экссудатов фруктозы, глюкозы, мальтозы и мелибиозы, и только у сорта Лебедь наблюдались незначительные количества ксилозы (табл. 1). Характерной особенностью сорта Лебедь являлось явное преобладание в составе сахаров глюкозы – ее доля превышала 60% от их общего количества, причем интенсивность ее экссудации была в 8,7-10,3 раз выше, чем у других изучаемых сортов. Сорт Лебедь выделял также значительно больше мальтозы и мелибиозы (табл. 1).

Таблица 1.

Экссудация сахаров корнями пшеницы и ячменя, мг/г сухой биомассы растений  
Table 1. Exudation of sugars by wheat and barley roots, mg/g dry plant biomass

Сахар Sugar	Пшеница Wheat				Ячмень Barley
	Веда Veda	Безостая 1 Bezostaya 1	Лилек Lilyok	Лебедь Swan	Белогорский Belogorsky
Рибоза Ribose	-	-	-	-	0,1 ± 0,05
Ксилоза Xylose	-	-	-	0,1 ± 0,06	1,0 ± 0,4
Фруктоза Fructose	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,1 ± 0,2	2,1 ± 0,4	5,9 ± 1,3
Глюкоза Glucose	2,0 ± 0,4	2,2 ± 0,5	1,9 ± 0,6	19,1 ± 5,9	54,5 ± 7,9
Мальтоза Maltose	0,6 ± 0,3	2,3 ± 0,7	1,1 ± 0,4	3,7 ± 1,1	14,5 ± 3,1
Мелибиоза Melibiose	0,6 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1,4 ± 0,4	4,6 ± 1,8	21,1 ± 3,8
<b>Сумма Total</b>	<b>4,6</b>	<b>7,0</b>	<b>5,5</b>	<b>29,6</b>	<b>97,1</b>

Корневые экссудаты ячменя сорта Белогорский качественно отличались от корневых экссудатов пшеницы наличием в их составе рибозы и ксилозы. Корневая экссудация глюкозы у ячменя была в 2,9 раза выше, чем у пшеницы сорта Лебедь, фруктозы – в 2,8 раза, мальтозы и мелибиозы – в 3,9 и 4,6 раза соответственно.

Вегетационные эксперименты по изучению взаимодействия растений с фитопатогенным грибом *F. culmorum* были проведены в сосудах со стерильным вермикулитом, где единственным источником питания для гриба были корневые экссудаты. Микроскопирование после иммунофлуоресцентного окрашивания показало, что *F. culmorum* присутствовал на корнях уже двухсуточных растений, что может быть связано с привлечением гриба на корни компонентами корневых экссудатов, в частности сахаров. Видимые симптомы поражения корней грибом в течение первых 2-5 суток были обнаружены только у пшеницы сорта Безостая 1, но в дальнейшей динамике роста их интенсивности не наблюдалось. У других двух сортов видимые симптомы фузариоза проявлялись к 14-м суткам выращивания растений (рис. 1). При этом симптомы фузариоза у выделяющих значительно большие количества сахаров растений пшеницы сорта Лебедь и ячменя сорта Белогорский проявлялись в 2-3 раза сильнее, чем у сортов пшеницы с относительно невысокой корневой экссудацией (рис. 1).

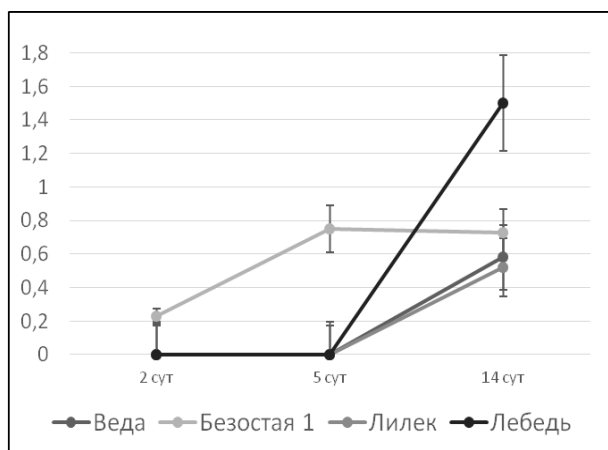


Рис. 1. Динамика проявления симптомов фузариоза корней пшеницы (баллы). Динамика у ячменя сорта Белогорский аналогична динамике сорта Лебедь.

Fig.1. Dynamics of the root rot symptoms manifestation for wheat (scores). The dynamics of barley cultivar Belogorsky is similar to the dynamics of the cultivar Swan.

Таким образом, результаты проведенного эксперимента показали, что влияние фитопатогенного гриба *F. culmorum* на растения

пшеницы существенно зависело от генотипа (сорта) растения, причем в качестве маркера восприимчивости к фузариозу корней выступает интенсивность корневой экссудации сахаров (главным образом глюкозы). Проверка данной гипотезы требует дальнейшего изучения широкого набора генотипов, различающихся по устойчивости к *F. culmorum*. Такие исследования, как и скрининг контрастных по параметрам корневой экссудации сортов, позволят создать модельные растительно-микробные системы, которые дадут возможность изучать роль трофических взаимоотношений между фитопатогенными грибами и ризобактериями-антагонистами. В перспективе полученные данные могут быть полезны в селекции растений со специфическим составом корневых экссудатов, а также при подборе антагонистических ризобактерий, способных влиять на фитопатоген и растение на ранних стадиях формирования растительно-микробных систем.

Эксперименты с пшеницей выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 15-04-09023, эксперименты с ячменем – при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-016-00111.

#### Литература / References

1. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*. 2006. 57. P. 233-266. doi: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159
2. Broeckling C.D., Broz A.K., Bergelson J., Manter D.K., Vivanco J.M. Root exudates regulate soil fungal community composition and diversity. *Appl. Environ. Microbiol.* 2008. 74(3). P. 738-744. doi: 10.1128/AEM.02188-07
3. Folman L.B., Postma J., Van Veen J.A. Ecophysiological characterization of rhizosphere bacterial communities at different root locations and plant developmental stages of cucumber grown on rockwool. *Microbial Ecology*. 2001. 42(4). P. 586-597. doi: 10.1007/s00248-001-0032-x
4. Groleau-Renaud V., Plantureux S., Tubeileh A., Guckert A. Influence of microflora and composition of root bathing solution on root exudation of maize plants. *J. Plant Nutr.* 2000. 23(9). P. 1283-1301. doi: 10.1080/01904160009382100
5. Kravchenko L.V., Azarova T.S., Leonova-Erko E.I., Shaposhnikov A.I., Makarova N.M., Tikhonovich I.A. Root exudates of tomato plants and their effects on the growth and antifungal activity of *Pseudomonas* strains. *Microbiology*. 2003. 72(1). P. 37-41. doi: 10.1023/A:1022269821379 (In Russian -

- Кравченко Л.В., Азарова Т.С., Леонова-Ерко Е.И., Шапошников А.И., Макарова Н.М., Тихонович И.А. Корневые выделения томатов и их влияние на рост и антифунгальную активность штаммов *Pseudomonas*. *Микробиология*. 2003. 72(1). С. 48-53.)
6. Lugtenberg B.J.J., Kravchenko L.V., Simons M. Tomato seeds and root exudate sugars: composition, utilization by *Pseudomonas* biocontrol strains and role in rhizosphere colonization. *Environ. Microbiol.* 1999. 1(5). P. 439-445. doi: j.1462-2920.1999.00054.x
7. Lugtenberg B.J.J., Dekkers L., Bloemberg G.V. Molecular determinants of the rhizosphere colonization by pseudomonas. *Ann. Rev. Phytopath.* 2001. 39. P. 461-490. doi: 10.1146/annurev.phyto.39.1.461
8. de Weert S., Vermeiren H., Mulders I.H.M., Kuiper I., Hendrickx N., Bloemberg G.V., Vanderleyden J., De Mot R., Lugtenberg B.J.J. Flagella-driven chemotaxis towards exudate components is an important trait for tomato root colonization by *Pseudomonas fluorescens*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2002. 15(11). P. 1173-1180. doi: 10.1094/MPMI.2002.15.11.1173