

# Влияние липопептидов *Bacillus subtilis* на компоненты про-антиоксидантной защитной системы растений пшеницы в норме и при инфицировании возбудителем септориоза"

Черепанова Е.А., Белобородова А.Н.\*, Максимов И.В.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН,

\* Башкирский Государственный Университет г. Уфа; [k\\_cherepanova@mail.ru](mailto:k_cherepanova@mail.ru)

Виды *Bacillus* представляют собой аэробные спорообразующие бактерии, которые широко распространены и встречаются повсеместно. Бактерии рода *Bacillus* знамениты своими способностями синтезировать широкий спектр биологически активных веществ. Среди последних большой интерес представляют липопептиды - поверхностно-активные вещества, обладающие антибиотическими свойствами по отношению ко многим патогенным микроорганизмам [1], а, кроме того, способные запускать в растениях механизмы системной индуцированной устойчивости [2]. Липопептиды представляют собой низкомолекулярное соединение из пептида с «хвостом» жирной кислоты.

Целью нашего исследования было выявить влияние липопептидов, выделенных из среды культивирования *Bacillus subtilis* Ts1, Ts8-2, 26Д, 11ВМ на устойчивость пшеницы к возбудителю септориоза *Stagonospora nodorum* Berk, который обнаруживается практически во всех пшеничных ценозах. Этот фитопатогенный грибок относится к числу широко распространенных и опасных по экономическим последствиям в современных условиях болезней зерновых культур [3; 4]. Мы использовали листья 6-суточных проростков пшеницы, предобработанных растворами липопептидов, предварительно выделенных из среды культивирования *B. subtilis*. Наиболее эффективные в плане защиты пшеницы от септориоза концентрации липопептидов были подобраны в отдельном эксперименте. Через 24 часа после обработки листья инфицировали спорами фитопатогенного гриба *Stagonospora nodorum* Berk ( $10^6$  спор/мл). На 3 сутки после инфицирования определяли активность пероксидазы, каталазы и концентрацию перекиси водорода в пересчете на мг белка. Визуальные признаки развития септориоза на листьях пшеницы, предобработанных липопептидами, оценивали на 7 сутки после инфицирования.

Визуальные признаки развития септориоза на листьях пшеницы, предобработанных липопептидами оценивали на 7 сутки после инфицирования. Об изменениях, происходящих при этом в про-/антиоксидантной системе растений пшеницы судили, оценивая ферментативную активность пероксидазы, каталазы и концентрацию перекиси водорода в пересчете на мг белка.

Выявлено, что предобработка листьев пшеницы липопептидами, полученными из штаммов *B. subtilis* Ts 8-2, 26 Д и 11ВМ в 1,5-2 раза повышает концентрацию перекиси водорода в растениях и дополнительно увеличивает концентрацию перекиси при инфицировании. Инфицирование непредобработанных липопептидами листьев при этом снижает количество перекиси водорода в них, благодаря, вероятно, действию каталазы, активность которой несколько увеличивается при этом. Интересно отметить, что в инфицированных листьях, предобработанных липопептидами, концентрация перекиси водорода была несколько выше, чем в неинфицированных. Каталазная активность в них так же была выше, что может свидетельствовать об интенсивных процессах, направленных на защиту растительных тканей от гриба. Пероксидазная активность в инфицированных листьях, предобработанных липопептидами *B. subtilis* Ts1 и Ts8-2 была выше, чем в неинфицированных, в то время как в необработанных липопептидами инфицированных листьях она снижалась. Площадь инфицирования листьев, предобработанных липопептидами, во всех случаях была ниже на 50-70%, чем в необработанных. Меньше всего площадь инфицирования нами наблюдалась в листьях, предобработанных *B. subtilis* Ts1.

Таким образом, нами выявлено, что обработка липопептидами из *B. subtilis* оказывает значительное влияние на компоненты про-/антиоксидантной системы, стимулируя защиту растений от патогена, что проявлялось в меньшей площади некротических пятен на листьях растений. Выраженность защитных реакций растений зависела от вида бактерии из которой был выделен липопептид. Полученные результаты могут помочь в разработке биопрепаратов для растениеводства.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-29-08014.*

#### Литература

1. Dimkić I., Stanković S., Nišavić M., Petković M., Ristivojević P., Fira D, Berić T. The Profile and Antimicrobial Activity of *Bacillus* Lipopeptide Extracts of Five Potential Biocontrol Strains // Front. Microbiol. 2017. V. 8. Art. 925
2. Максимов И.В., Черепанова Е.А. Липопептиды эндофитов и фитоиммунитет: перспективы практического использования// Биомика. 2018. Т. 10. № 1. С. 57-61.
3. Пыжикова Г.В. Септориоз зерновых культур – Москва: ВНИИТЭИСХ, 1984, 65 с.
4. Санин С.С., Назарова Л.Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации // Защита и карантин растений, 2010, № 2, с. 69–79.