

УДК 58.084.1(579.64+633.152)

Особенности влияния микромицетов рода *Trichoderma* на растениях *Zea mays* в зимний период вегетации

Influence of *Trichoderma* on *Zea mays* plants in spring and autumn growing season

Подойникова П. А., Голованова Т. И.

Podoynikova P. A., Golovanova T. I.

Сибирский федеральный университет, Институт фундаментальной биологии и биотехнологии, пр. Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, Россия. E-mail: ppolina94@mail.ru, tigolovanova@mail.ru

Siberian Federal University, School of Fundamental Biology and Biotechnology, Svobodny av., 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Реферат. В сельском хозяйстве актуальным становится использование различных биопрепаратов для борьбы с патогенными микроорганизмами. Привлечение биологических антагонистов патогенов и биопрепаратов, созданных на их основе, является наиболее распространенным методом защиты растений. Среди антагонистов общеизвестными являются грибы рода *Trichoderma*. Они способны образовывать симбиоз с корнями растений и оказывать помимо защитного эффекта прямое стимулирующее действие на рост и развитие растений. Количество исследований по влиянию микромицетов *Trichoderma* на растения с C_4 -типом метаболизма невелико, вследствие чего изучено недостаточно. В связи с этим изучение физиолого-морфологических, биохимических и биофизических реакций взаимоотношений между данными объектами представляет большой научный и практический интерес.

Summary. In agriculture the use of various biological products for controlling harmful microorganisms becomes relevant. A common protection method is the attraction of biological pathogens and antagonists of biological products, based on them. The most common are fungi of the genus *Trichoderma*. They are able to form a symbiosis with the plant roots and provide a protective effect in addition to the direct stimulatory effect on the growth and development of plants. Number of studies of the *Trichoderma* effect on the plants with C_4 metabolism type is not large, so that is poorly understood. In connection with it the study of the morphological, biochemical and biophysical reactions of relationship between these objects is of great scientific interest.

В качестве объектов исследования использовали растения кукурузы сахарной *Zea mays* 'Ранняя лакомка' фирмы «Аэлита», и микромицеты *Trichoderma asperellum* L. spp. штамма МГ-98.

Контролем служили растения, семена которых не подвергались обработке спорами гриба *Trichoderma*. Опытным вариантом являлись растения, семена которых были обработаны микромицетами.

Использовался питательный грунт следующего состава: торф низинный, торф верховой, песок, мука известняковая (доломитовая), комплексное минеральное удобрение с микроэлементами. Содержание доступных для растений питательных элементов (мг/кг): N-350, P_2O_5 -400, K_2O -500; pH = 6,20.

Растения выращивали под люминесцентными лампами *Philips TL-D 36W/54-765*. Относительная влажность воздуха 75 ± 3 %. Температура воздуха колебалась в пределах $+23 \dots +25$ °C. Перед высадкой в грунт семена были 3 раза промыты дистиллированной водой, затем обработаны H_2O_2 при температуре $+38 \dots +40$ °C в течение 7–8 мин. Часть семян была обработана спорами гриба *Trichoderma*. Споры данного гриба вносили методом опудривания семян до полного их насыщения, из расчета 1 мг спор на 135 мг семян. Титр – 10^8 .

Измерения морфологических и биофизических параметров проводили на 10-е, 20-е и на 30-е сутки вегетации растений. Измерение параметров растений выполняли в шести биологических повторностях. Оценку достоверности различий проводили по критерию Стьюдента для уровня вероятности не менее 95 %.

В ходе исследования определяли грунтовую всхожесть семян в соответствие с (ГОСТ 12038–84), количество листьев, площадь листовой пластинки, длину надземной и корневой систем, сырую и сухую биомассу, количество пигментов (хлорофилл *a* и *b*, каротиноиды), скорость электронного потока. Пигменты экстрагировали 96 %-м этиловым спиртом при 65 °С в течение 30 минут. Спектрофотометрический анализ проводили согласно (Wintermans, 1965). Площадь листовой поверхности определяли с помощью программы Image–J 1.45. Скорость квантового выхода фотосинтеза и скорости фотосинтетического электронного транспорта рассчитывали на компактном импульсном флуориметре MINI–PAM–II. Построение графиков и статистическую обработку данных выполняли с помощью Microsoft Office 2007.

Результаты исследования представлены на рисунках 1–4. Одним из первых показателей, характеризующих жизнедеятельность растений, является всхожесть семян. Обработка семян *Zea mays* спорами *Trichoderma asperellum* приводила к увеличению всхожести на 11 % по сравнению с растениями, которые не были обработаны спорами микромицетов: в опытных вариантах она составила 60 %, в контрольных – 71 %.

Под влиянием микромицетов происходило увеличение главного корня на всех сроках вегетации у исследованных растений: на 20-е сутки длина корневой системы по сравнению с контрольным вариантом увеличилась на 45 %, на 30-е сутки разница между контрольным и опытным вариантом сократилась. Длина главного корня у опытных растений превосходила контрольные растения более чем на 7 %. Наблюдалась большая разветвленность корневой системы у растений, обработанных *Trichoderma*.

Отношение корневой системы к надземной части от 20 до 30 суток увеличивается в несколько раз. На 20 сутки длина корневой системы у опытных вариантов более чем в 2 раза превышает длину надземной части, тогда как у контрольных вариантов данный показатель практически не отличается. На 30-е сутки длина корневой системы в контрольном варианте превышает надземную часть почти в 3 раза, в опытном более чем в 3 раза.

Показателем продуктивности растений является накопление биомассы растений. Под действием микромицетов происходило накопление сырой и сухой биомассы как целого растения, так корневой и надземной части (рис. 2).

Показателем эффективности работы фотосинтетического аппарата является накопление пигментов в растении. Грибы рода *Trichoderma* способствовали изменению содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях кукурузы в сторону незначительного увеличения содержания хлорофилла *b*. Это может быть связано с тем, что происходило увеличение работы фотосистемы II у растений, обработанных микромицетами. Наиболее четко увеличение хлорофиллов прослеживается на 20-е сутки вегетации.

Влияние грибов рода *Trichoderma* на фотосинтетический аппарат определяли по квантовому выходу фотосинтеза и по скорости фотосинтетического электронного транспорта (рис. 3, 4). На 20-е



Рис. 1. Грунтовая всхожесть семян кукурузы *Zea mays* ‘Ранняя лакомка’.

сутки вегетации у контрольных растений происходило увеличение квантового выхода и скорости фотосинтетического электронного транспорта с более молодого к старому листу. В опытных вариантах прослеживалась противоположная тенденция.

На 30-е сутки наибольшие показатели квантового выхода фотосинтеза и скорости фотосинтетического электронного транспорта наблюдались у третьего листа. Последовательность увеличения показателей не зависела от возраста и размера листовой пластинки. В опытном варианте третий лист также показывал наибольшие показатели по данным параметрам. Последовательность увеличения

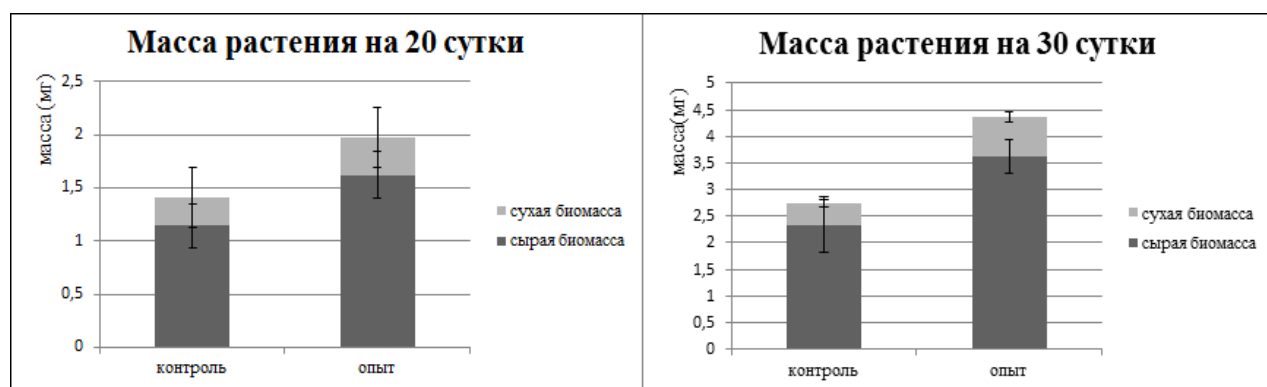


Рис. 2. Сырая и сухая биомасса растений (мг) кукурузы *Zea mays* ‘Ранняя лакомка’ в зимний период.

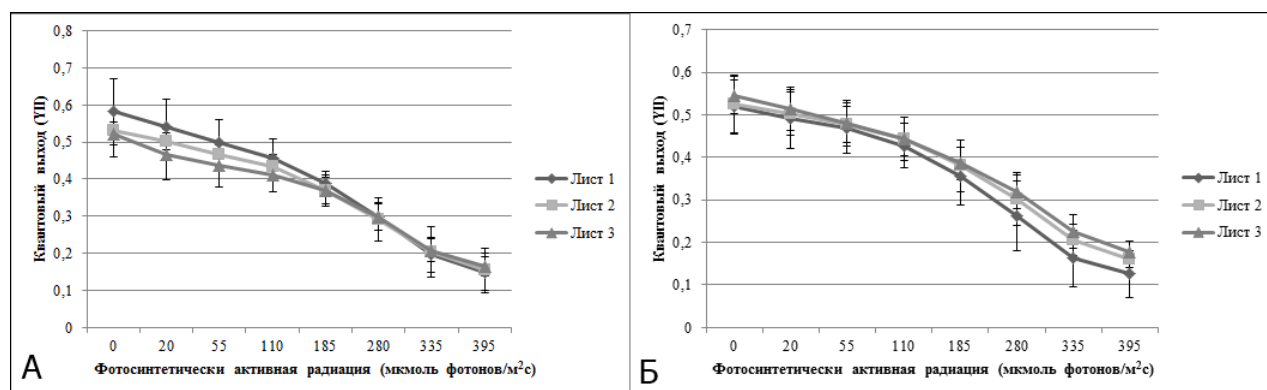


Рис. 3. Квантовый выход фотосистемы II на 20-е сутки вегетации кукурузы *Zea mays* ‘Ранняя лакомка’ в зимний период: А – контроль: растения, семена которых не обработаны микромицетами; Б – опыт: семена, обработанные *Trichoderma*.

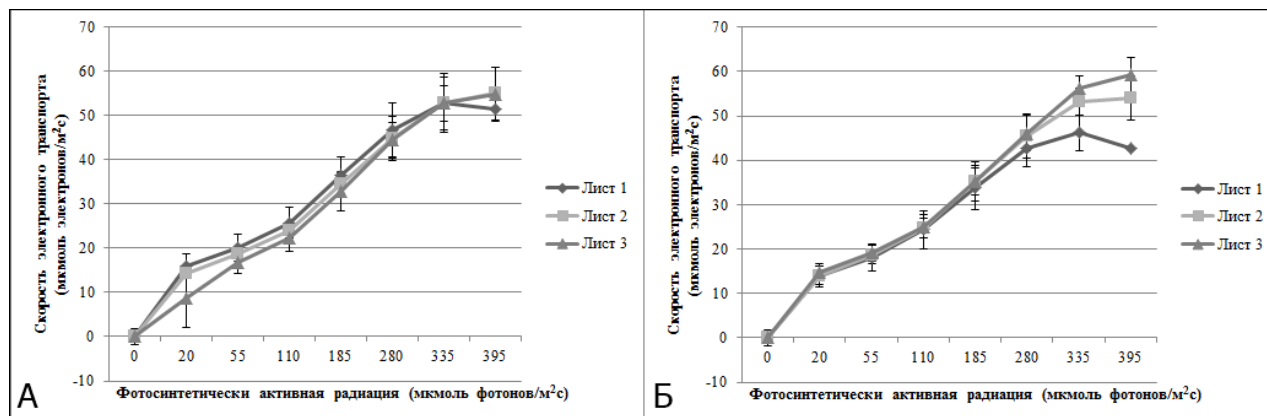


Рис. 4. Скорость фотосинтетического электронного транспорта на 20-е сутки вегетации растений кукурузы *Zea mays* ‘Ранняя лакомка’ в зимний период: А – контроль: растения, семена которых не обработаны микромицетами; Б – опыт: семена, обработанные *Trichoderma*.

показателей в листьях растения была несколько иная, но она также не обладала определенной закономерностью. Достоверных различий между образцами не было выявлено.

На основании полученных результатов было сделано заключение, что *Trichoderma* оказывала положительное влияние на морфофизиологические параметры растений кукурузы. Действие микромицетов проявлялось на содержании и соотношении пигментов в растениях кукурузы. По влиянию грибов рода *Trichoderma* на квантовый выход фотосистемы II и скорость фотосинтетического электронного транспорта у растений *Zea mays* достоверных различий не было обнаружено.

ЛИТЕРАТУРА

Голованова Т. И., Долинская Е. В., Сичкарук Е. А. Роль грибов рода *Trichoderma* в повышении урожайности пшеницы и ячменя // Вестник КрасГАУ, 2009. – № 6. – С. 53–58.

ГОСТ 12038 – 84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести, введ. 01.07.1986. – М.: Стандартиформ . 1986. – 21 с.

Wintermans J. F., DeMots G. M. A. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol // Biochim. Biophys. Acta., 1965. Vol. 109. P. 448–453.