Influence of the fungicide TMTD as a stress factor on the ultrastructure of pea (*Pisum sativum* L.) symbiotic nodulesGorshkov A.P.¹, Tsyganova A.V.¹, Tsyganov V.E.^{1,2}¹All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint Petersburg, Russia; ²Saint Petersburg Scientific Center RAS, Saint Petersburg, Russia

E-mail: artemius1993@yandex.ru

Key message. The negative effects of tetramethylthiuram disulfide (TMTD) on the ultrastructural organization of nodules of pea wild-type line SGE were studied.**Keywords:** symbiotic nodule, fungicide, cell wall, bacteroid

In the agricultural industry, various plant protection products are widely used, including fungicides, one of which is TMTD. It was previously shown that TMTD can have a negative effect on legume-rhizobial symbiosis, however, studies of the effect of TMTD on the structure of nodules have not been performed. The aim of this work was to study the effect of various concentrations of TMTD on the ultrastructural organization of nodules of pea (*Pisum sativum* L.) wild-type line SGE. Plants were grown in containers with vermiculite containing 0.4, 4 and 8 g/kg TMTD. At a concentration of 0.4 g/kg, the influence of TMTD on the development of plants and nodules was not observed. At a concentration of 4 and 8 g/kg TMTD, reduction of both the shoots and roots was seen, the number of nodules decreased. At the ultrastructural level at a concentration of 0.4 g/kg TMTD, the following abnormalities were found: cell wall clearing, especially in the meristem zone, accumulation of polyhydroxybutyrate (PHB) in bacteroids. At a concentration of 4 g/kg TMTD, the abnormalities of the cell walls were more pronounced, and their swelling, deformation and clearing was observed in all histological zones of the nodule. The walls of the infection threads were also undergoing to swelling and clearing. In bacteroids, along with PHB, large spherical inclusions of average electron density of unknown origin were revealed. At a concentration of 8 g/kg TMTD, along with the above-mentioned changes, bacteroids of an abnormal shape and density were present in the infected cells. Thus, TMTD negatively affects the development of symbiotic pea nodules at the ultrastructural level.

The study was supported by RSF 17-76-30016.

Влияние фунгицида ТМТД как стрессового фактора на ультраструктуру симбиотических клубеньков гороха (*Pisum sativum* L.)Горшков А.П.¹, Цыганова А.В.¹, Цыганов В.Е.^{1,2}¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия; ²Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия**Аннотация.** Изучены проявления негативного влияния тетраметилтиурамдисульфида (ТМТД) на ультраструктурную организацию клубеньков гороха дикого типа линии SGE.**Ключевые слова:** симбиотический клубенек, фунгицид, клеточная стенка, бактериоид

В сельскохозяйственном производстве широко применяются различные средства защиты растений, в том числе фунгициды, одним из которых является ТМТД. Ранее было показано, что ТМТД может оказывать негативное влияние на бобово-ризобийный симбиоз, тем не менее, исследования влияния ТМТД на структуру клубеньков не проводились. Целью данной работы было изучить влияние различных концентраций ТМТД на ультраструктурную организацию клубеньков линии гороха посевного (*Pisum sativum* L.) дикого типа SGE. Растения были выращены в сосудах с вермикулитом, содержащим 0,4, 4 и 8 г/кг ТМТД. При концентрации 0,4 г/кг не наблюдалось влияния ТМТД на развитие растений и клубеньков. При концентрации 4 и 8 г/кг ТМТД замечена редукция как стеблей, так и корней, количество клубеньков уменьшалось. На ультраструктурном уровне при концентрации 0,4 г/кг ТМТД обнаружены следующие аномалии: просветление клеточных стенок, особенно в зоне меристемы, накопление полигидроксibuтирата (ПОБ) в бактериоидах. При концентрации 4 г/кг ТМТД аномалии клеточных стенок были выражены сильнее – наблюдалось их набухание, искривление и просветление во всех гистологических зонах клубенька. Стенки инфекционных нитей также подвергались набуханию и просветлению. В бактериоидах наряду с ПОБ были выявлены крупные сферические включения средней электронной плотности неизвестной природы. При концентрации 8 г/кг ТМТД, наряду с вышеописанными изменениями, в инфицированных клетках присутствовали бактериоиды аномальной формы и плотности. Таким образом, ТМТД негативно влияет на развитие симбиотических клубеньков гороха на ультраструктурном уровне.

Работа поддержана грантом РФ 17-76-30016.