

УДК 581.2

DOI: 10.36305/0513-1634-2021-138-134-138

## ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТА МАРГАНЦА НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К ВОЗБУДИТЕЛЮ МУЧНИСТОЙ РОСЫ

Гаянэ Акоповна Аветисян, Тамара Владимировна Аветисян

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук  
127276 Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4  
E-mail: avetisyang@yandex.ru

Изучено влияние подкормки микроэлементом марганца на устойчивость растений мягкой пшеницы к возбудителю мучнистой росы. Для изучения влияния микроэлемента марганца на развитие патогена проводили подкормку проростков пшеницы 0,2% -ным водным раствором  $KMnO_4$ . Контролем служили инфицированные растения, не подкормленные исследуемым раствором. Наблюдения над интенсивностью прорастания конидий возбудителя мучнистой росы на листьях пшеницы показали, что спороношение конидий в варианте с подкормкой 0,2%-ным раствором  $KMnO_4$  было ниже, чем в контрольном варианте. Нами обнаружено, что в контрольном варианте без использования раствора  $KMnO_4$  колонии мучнисторосяного гриба отличались обильным спороношением, при этом наблюдалось образование гало, тогда как в опытном варианте рост и размножение конидий происходили медленнее и гало не были заметны. В проведенном исследовании в контрольном варианте опыта отмечалось преобладание конидиальных цепочек в колониях мучнисторосяного патогена по сравнению с вариантом с подкормкой. Рассматривая признаки колоний мучнистой росы на поверхности листьев пшеницы, следует отметить два момента. Во-первых, в опытном варианте конидии в колониях не прорастают и не дают вторичного спороношения, тогда как в контрольном варианте наблюдались мощные колонии с обильным вторичным спороношением. Во-вторых, зрелые конидии в опытном варианте обнаруживались в значительно меньшем количестве, чем в контроле. Таким образом, подкормка 0,2%-ным водным раствором  $KMnO_4$  приводит к снижению образования аппрессориев и числа видимых колоний возбудителя мучнистой росы на листьях пшеницы. Представленные результаты подтверждают, что подкормка микроэлементом марганца способствует увеличению устойчивости пшеницы при заражении мучнистой росой.

**Ключевые слова:** пшеница; мучнистая роса; микроэлемент марганец; минеральное питание; подкормка растений

### Введение

Климатические изменения приводят к негативным последствиям для растительных организмов и зерновых культур в частности. Действие неблагоприятных факторов снижает урожайность зерна и увеличивает вероятность развития ряда болезней растений [5]. Известно, что дефицит элементов минерального питания может значительно повлиять на развитии восприимчивости растений к инфекции [4]. Это вызывает интерес к поиску средств, которые облегчат сопротивление растениям стрессам.

В настоящее время в литературе имеются данные, связанные с вопросом влияния микроэлемента марганца на устойчивость растений к заболеваниям [9, 10]. Марганец в питании растений играет важную роль, повышая активность ферментов и гормонов, участвует в биохимических процессах растительной клетки [6, 8, 13]. Также известно, что марганец активизирует систему антиоксидантной защиты организма и помогает вырабатывать устойчивость против инфекций [7, 11]. В связи с этим была предпринята попытка определить возможность повышения устойчивости растений

пшеницы к заражению мучнистой росой с помощью подкормки микроэлементом марганца.

В литературе отмечается применение  $\text{KMnO}_4$  для определения содержания углерода в почве [12], а также для повышения урожайности культур и уменьшения количества заболевших растений [2].

В задачу нашего исследования входило изучение влияния микроэлемента марганца на устойчивость растений мягкой пшеницы к возбудителю мучнистой росы.

### **Объекты и методы исследования**

Для исследования были взяты растения мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., восприимчивого к возбудителю мучнистой росы пшеницы *Blumeria graminis* (DC.) Speer. Семена растений пшеницы высевали в горшки, грунт в которых состоял из почвы и торфа, и выращивали при естественном освещении и минимальной температуре  $15^{\circ}\text{C}$ . Растения в фазе второго листа (12-15 дней роста) инокулировали конидиями *B. graminis f. sp. tritici*. Для изучения влияния микроэлемента марганца на развитие патогена проводили подкормку проростков пшеницы 0,2%-ным водным раствором  $\text{KMnO}_4$ . Данную концентрацию выбрали, исходя из данных Колхайна [7]. Подкормка проводилась за сутки до заражения и через сутки после заражения грибом путем полива под корень. Контролем служили инфицированные растения, не подкормленные исследуемым раствором.

Измерение числа видимых колоний возбудителя мучнистой росы проводили с помощью бинокулярной лупы на нескольких участках поверхности листа растения площадью  $1 \text{ см}^2$  каждый на 5–6-е сут. после инфицирования. В каждом варианте опыта определяли среднюю плотность колоний на 20 препаратах. Для статистического анализа данных вычисляли среднее арифметическое значение количества пустул и ошибку средней арифметической.

Растительный материал на 3-5 сутки после инфицирования исследовали с применением сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Для исследования вырезали кусочки ткани размером 15 мм, закрепляли на предметном столике и просматривали под сканирующим электронным микроскопом LEO-1430 VP (Carl Zeiss, Германия) без химической фиксации в условиях высокого вакуума (VP-режим) при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$  с применением замораживающей приставки (Deben UK, Великобритания).

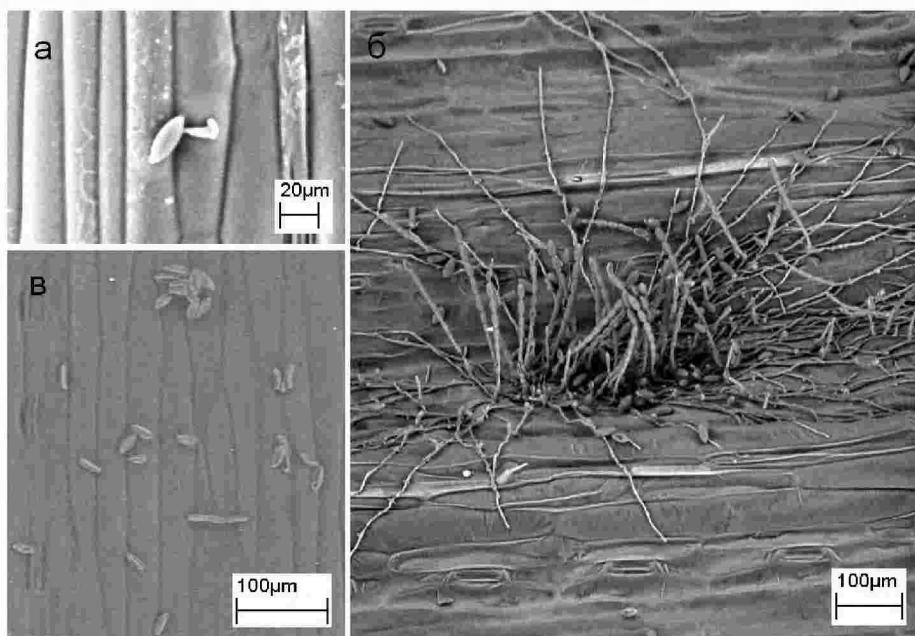
### **Результаты и обсуждение**

В период проявления первых видимых признаков поражения пшеницы мучнистой росой происходит появление белого налета на поверхности листьев растения. Конидии *B. graminis tritici*, попадая на листья пшеницы, на 5–6-е сут. прорастают и формируют колонии. Ранее нами было показано, что поверхностная плотность колоний является удобным показателем, позволяющим оценить степень развития патогена [1].

На поверхности пораженных листьев пшеницы конидии мучнисторосяного гриба были представлены в виде цепочек по 10-20 штук. Поверхностная плотность колоний в контрольном варианте была равна  $22,15 \pm 1,5$ , в опытном варианте  $13,2 \pm 0,8$ . Наблюдения над интенсивностью прорастания конидий возбудителя мучнистой росы на листьях пшеницы показали, что спороношение конидий в варианте с подкормкой 0,2%-ным раствором  $\text{KMnO}_4$  было ниже, чем в контрольном варианте.

Нами обнаружено, что в контрольном варианте без использования раствора  $\text{KMnO}_4$  колонии мучнисторосяного гриба отличались обильным спороношением (рис.

16), при этом наблюдалось образование гало (рис. 1а), тогда как в опытном варианте рост и размножение конидий происходили медленнее и гало не были заметны (рис. 1в).



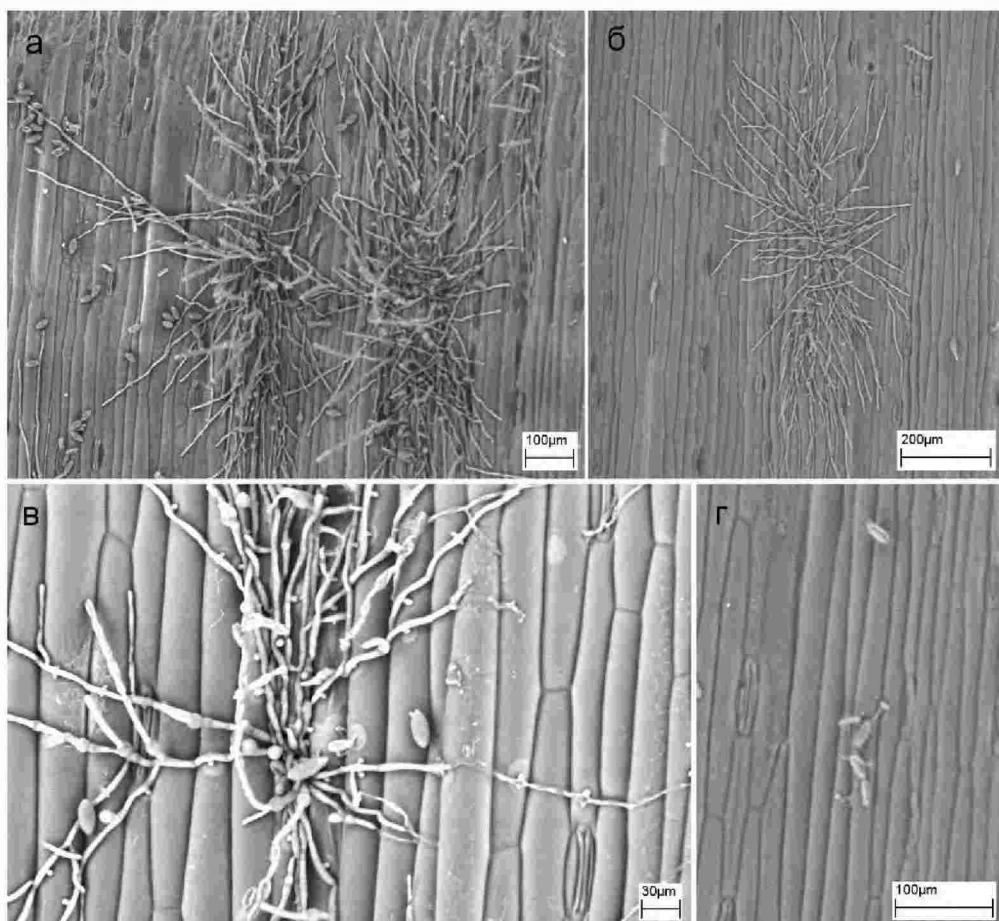
**Рис. 1 Прорастание конидий *B. graminis tritici* на листьях пшеницы при искусственном заражении (СЭМ, нативный материал при  $-30^{\circ}\text{C}$ ): а, б-контроль; в – 0,2%  $\text{KMnO}_4$**

Изучение инфекционного процесса возбудителя мучнистой росы на поверхности листьев пшеницы показало, что развитие гиф мицелия с дальнейшим продуцированием спор является наглядным доказательством способности патогена к проникновению в эпидермальную клетку растения. В проведенном исследовании в контрольном варианте опыта отмечалось преобладание конидиальных цепочек в колониях мучнисторосяного патогена по сравнению с вариантом с подкормкой (рис. 2а, б).

Таким образом, рассматривая признаки колоний мучнистой росы на поверхности листьев пшеницы, следует отметить два момента. Во-первых, в опытном варианте конидии в колониях не прорастают и не дают вторичного спороношения, тогда как в контрольном варианте наблюдались мощные колонии с обильным вторичным спороношением (рис. 2а). Во-вторых, зрелые конидии в опытном варианте обнаруживались в значительно меньшем количестве, чем в контроле (рис. 2в, г).

В литературе отмечается, что большая репродуктивная способность возбудителя при благоприятных условиях обуславливает быстрое распространение болезни [3]. В то время как идет интенсивный рост гиф мицелия, конидии мучнистой росы образуются в большом количестве – за сутки до 25 тыс. на  $1\text{ см}^2$  пораженного листа. Известно, что в течение вегетации может наблюдаться от 10 до 20 генераций патогена.

В настоящем исследовании при измерении числа видимых колоний возбудителя мучнистой росы обнаружили некоторое его снижение при подкормке раствором  $\text{KMnO}_4$ . Можно предположить, что понижение способности образования аппрессориев грибом оказывает влияние на внедрение инфекционных гиф в эпидермальные клетки листьев пшеницы, что сказывается на качественной оценке интенсивности заражения.



**Рис. 2 Колонии *B. graminis tritici* на эпидермальных клетках пшеницы (СЭМ, нативный материал при  $-30^{\circ}\text{C}$ ): а, в – контроль; б, г – 0,2%  $\text{KMnO}_4$**

### Выводы

Полученные результаты подтвердили, что подкормка микроэлементом марганца оказывает положительное влияние на устойчивость растений пшеницы в ходе заражения мучнистой росой. Было показано, что подкормка 0,2%-ным водным раствором  $\text{KMnO}_4$  приводит к ухудшению хода заболевания в стадии формирования грибом инфекционных структур и колоний.

*Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН № 118021490111-5*

### Список литературы

1. Аветисян Г.А. Цитофизиологические особенности ранних стадий развития возбудителя мучнистой росы пшеницы при моделировании окислительного стресса: дисс. канд. биол. наук. Москва. – 2011. – 130 с.
2. Деревицюков С.Н., Сычева С.В. Применение регуляторов роста при выращивании томата// Защита и карантин растений. – 2007. – № 11. – С. 37.
3. Неклеса Н.П. Мучнистая роса зерновых культур // Защита и карантин растений. – 2002. – №5. – С. 46-47.
4. Осипова Л.В., Верниченко И.В., Ромодина Л.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А. Устойчивость ярового ячменя к абиотическому стрессу в зависимости от уровня минерального питания и предобработки семян селеном и кремнием // Агрохимия. – 2019. – № 7. – С. 67-74.

5. Шульгин И.А. Энергетический баланс и физиологические критерии продуктивности посевов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Труды ИГКЭ Росгидромета и РАН. Серия Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2013. – Т. 25. – С. 224-250.
6. Burnell J.N. The biochemistry of manganese in plants. In: Graham RD, Hannam RJ, Uren NC. Manganese in Soils and Plants. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1988. – P. 125-137.
7. Colquhoun T.T. Effect of manganese on powdery mildew of Wheat // Journal of the Australian Institute of Agricultural Science. – 1940. – Vol. 6. – № 1. – P. 54.
8. Gong X., Wang Y., Liu C., Wang S., Zhao X., Zhou M., Li N., Lu Y., Hong F. Effects of manganese deficiency on spectral characteristics and oxygen evolution in maize chloroplasts // Biological trace element research. – 2010. – Vol. 136. – № 3. – P. 372-382.
9. Heine G., Max J.F., Führs H., Moran-Puente D.W., Heintz D., Horst W.J. Effect of manganese on the resistance of tomato to *Pseudocercospora fuliginea* // Journal of plant nutrition and soil science. – 2011. – Vol. 174. – № 5. – P. 827-836.
10. Huber D.M., Wilhelm N.S. The role of manganese in resistance to plant diseases. In: Graham RD, Hannam RJ, Uren NC. Manganese in Soils and Plants. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. – 1988. – P. 155-173.
11. Srivastava S., Dubey R.S. Manganese-excess induces oxidative stress, lowers the pool of antioxidants and elevates activities of key antioxidative enzymes in rice seedlings // PlantGrowthRegulation. – 2011. – Vol. 64. – № 1. – P. 1-16.
12. Tatzber M., Schlatter N., Baumgarten A., Dersch G., Körner R., Lehtinen T., Unger G., Mifek E., Spiegel H. KMnO<sub>4</sub> determination of active carbon for laboratory routines: three long-term field experiments in Austria // Soil Research. – 2015. – Vol. 53. – № 2. – P. 190-204.
13. Zeyen R.J., Bushnell W.R. Papilla response of barley epidermal cells caused by *Erysiphe graminis*: rate and method of deposition determined by microcinematography and transmission electron microscopy // Canadian Journal of Botany. – 1979. – P. 898-913.

*Статья поступила в редакцию 10.09.2020 г.*

**Avetisyan G.A., Avetisyan T.V. Influence of microelement manganese on resistance of soft wheat to powdery mildew // Bull. Of the State Nikita Botan. Gard. – 2021. – № 138. – P. 134-138**

The effect of microelement manganese top-dressing on resistance of soft wheat to powdery mildew pathogen was studied. To study the effect of the element manganese on the development of the pathogen, wheat seedlings were fed with a 0,2% solution of KMnO<sub>4</sub>. Infected plants not fed with the test solution served as control.

Observations on the intensity of germination of conidia of the powdery mildew pathogen on wheat leaves showed that the sporulation of conidia in the variant with feeding with 0,2% KMnO<sub>4</sub> solution was lower than in the control variant. We found that in the control variant without the use of a KMnO<sub>4</sub> solution, the colonies of powdery mildew fungus were characterized by abundant sporulation, the formation of a halo was observed. In the experimental variant the growth and reproduction of conidia proceeded more slowly and halos were not noticeable. In this study in the control variant of the experiment, the predominance of conidial chains in the colonies of the powdery mildew pathogen was noted in comparison with the variant with feeding.

Thus, it was found that feed solution of 0,2% KMnO<sub>4</sub> leads to a decrease in the formation of appressoria and the number of visible colonies of the powdery mildew pathogen on wheat leaves. The presented results confirm that top-dressing with microelement manganese enhances resistance of wheat against powdery mildew.

**Key words:** wheat; powdery mildew; microelement manganese; mineral nutrition; plant nutrition