

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ НАНОПРЕПАРАТАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА, АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ ХЛОРОПЛАСТОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

О.Г. Соколовская-Сергиенко

*Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, Киев, Украина
e-mail: monitor@ifrgt.kiev.ua*

Введение

Важным фактором для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений является внекорневые подкормки микроудобрениями [1]. Применение микроэлементов уже стало неотъемлемой составляющей современных технологий выращивания различных сельскохозяйственных культур. Микроэлементы – это незаменимые компоненты минерального питания растительного организма, выполняющие важные функции в их жизнедеятельности. Они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, фотосинтезе, азотном и углеродном обменах, входят в состав активных центров ферментов и витаминов, повышают устойчивость растений к болезням, неблагоприятным условиям внешней среды [2]. Поскольку дефицит микроэлементов для питания растений может быть связан как с низким содержанием элементов, так и нахождением их в почве в биологически неактивных, неподвижных, недоступных для растения формах, то преобразование микроэлементов в доступную для растений биологически активную форму очень актуально. Достижения нанотехнологий дают возможность получать такие химические препараты. Преобразование биогенных металлов в подвижную биологически активную форму можно осуществить путем образования их карбоксилатов. В Украине с помощью нанотехнологических методов были созданы такие микроэлементные препараты [3, 4].

Целью данной работы было изучить влияние обработки растений микроэлементным комплексом Аватар-1 и наноаквахелатом селена на содержание хлорофилла, активность супероксиддисмутазы (СОД) и аскорбатпероксидазы (АПО) хлоропластов флаговых листьев и продуктивность растений озимой пшеницы.

Методы исследований

Объектом исследования служил сорт озимой пшеницы Володарка. Растения выращивали в условиях мелкоделяночного опыта на фоне минерального питания $N_{120}P_{110}K_{110}$. Площадь каждой делянки составляла 1,6 м². В фазу выхода в трубку растения первого опытного варианта обрабатывали раствором наноаквахелата селена, а второго – карбоксилатным комплексом Аватар-1 из расчета 2 л/га. Этот комплекс получают диспергированием гранул высокочистых металлов импульсами электрического тока в деионизированной воде с последующей реакцией прямого взаимодействия наночастиц с органическими кислотами (винной, яблочной, лимонной, фолиевой, янтарной, малеиновой, фумаровой, аскорбиновой или их смесью – 0,5–10 г/л). Концентрация металлов в этом комплексе составляет: Co – 0,0001–0,0025, Cu – 0,01–0,08, Zn – 0,001–0,007, Fe – 0,0015–0,008, Mn – 0,0005–0,005, Mo – 0,00001–0,0025, Mg – 0,01–0,08% по действующему веществу [4]. Растения контрольного варианта не обрабатывали. Отбор образцов – флаговые листья – осуществляли в фазы цветения, молочной и молочно-восковой спелости.

Содержание хлорофиллов в листьях определяли спектрометрическим методом [5]. Активность ферментов определяли в суспензии изолированных хлоропластов. Хлоропласты выделяли механическим способом при температуре 0–4°C. Среднюю навеску (2 г) флаговых листьев пшеницы гомогенизировали в 7-кратном объеме буферного раствора такого состава: 0,33 М сорбитол, 5 мМ MgCl₂, 0,1% БСА, 4 мМ аскорбиновая кислота и 50 мМ трис-HCl (pH 7,5). Гомогенат фильтровали через 2 слоя капроновой ткани и центрифугировали на

центрифуге К-24 D при 80 g и температуре 0–4°C на протяжении 5 мин для осаждения тяжелых частиц. Надосадочную жидкость сливали в другие центрифужные пробирки (предварительно охлажденные) и центрифугировали при 2000 g 10 мин для получения фракции хлоропластов. Осадок хлоропластов ресуспендировали в изотонической среде с 4 mM аскорбиновой кислотой, 50 mM трис-HCl (pH 7,5) объемом 2 мл и дальше использовали для определения СОД и АПО. Активность СОД измеряли с помощью нитротетразолиевого синего при длине волны 560 нм [6]. Активность АПО измеряли в ультрафиолетовой области спектра при 290 нм по методу Чена и Осады [7]. Содержания хлорофилла в суспензии хлоропластов определяли по методу Арнона [8].

Результаты и обсуждения

Фотосинтетическая активность растений и их продуктивность зависит от состояния пигментного аппарата, в частности содержания хлорофилла. Растения сорта Володарка, обработанные обоими нанопрепаратами, характеризовались более высоким содержанием хлорофиллов ($a+b$) во флаговых листьях на протяжении всего исследованного периода (фазы цветения, молочной и молочно-восковой спелости). Более существенной разница между вариантами была на поздних фазах вегетации (рисунок 1). Так в фазах молочной и молочно-восковой спелости содержание хлорофиллов ($a+b$) во флаговых листьях обработанных растений превышала необработанные на 15%.

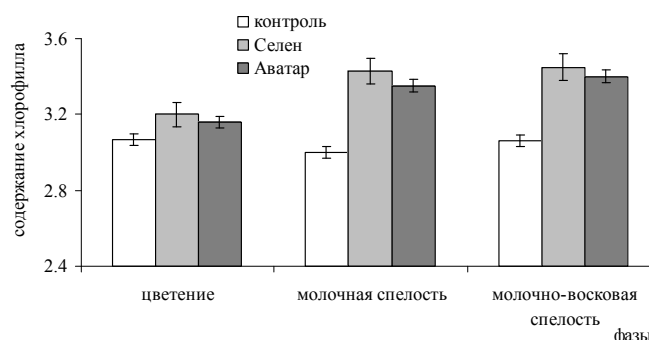


Рисунок – 1 Влияние обработки нанопрепаратами на содержание хлорофиллов ($a+b$) (мг/г сырого вещества) флаговых листьев пшеницы сорта Володарка

Обработка нанопрепаратом Аватар-1 и наноаквахелатом селена существенно повлияла на активность антиоксидантных ферментов хлоропластов флаговых листьев. В период налива зерна активность супероксиддисмутазы хлоропластов растений, обработанных Аватаром-1, возросла на 50% (фаза молочной спелости), а наноаквахелатом селена – на 38% (рисунок 2). Также у обработанных растений увеличилась активность хлоропластной аскорбатпероксидазы по сравнению с необработанными (рисунок 3). Повышенная активность антиоксидантных ферментов растений в период молочной – молочно-восковой спелости, когда снижается интенсивность фотосинтеза, свидетельствует об интенсификации защитных реакций фотосинтетического аппарата на окислительный стресс [9, 10]. В период налива зерна происходит постепенное старение листьев и уменьшение скорости ассимиляции CO_2 вследствие реутилизации азотсодержащих соединений в зерно, которое наливается. Следствием этого есть уменьшение потребления НАДФН в цикле Кальвина, что приводит к сверхвосстановленности электронтранспортной цепи и образованию в хлоропластах активных форм кислорода (АФК), которые повреждают фотосинтетические мембраны. Поэтому увеличение активности хлоропластной СОД и АПО в фазы молочной и молочно-восковой спелости, по сравнению с фазой цветения, можно рассматривать как защитную реакцию фотосинтетического аппарата на окислительный стресс. Стоит отметить, что у растений пшеницы, обработанных Аватаром-1 и селеном, увеличение активности антиоксидантных ферментов было больше, чем у необработанных.

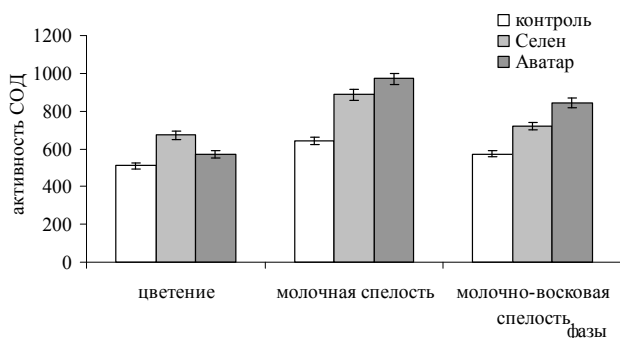


Рисунок – 2 Активность супероксиддисмутазы (отн.ед./мг хл) хлоропластов флагового листа озимой пшеницы сорта Володарка при обработке нанопрепаратами

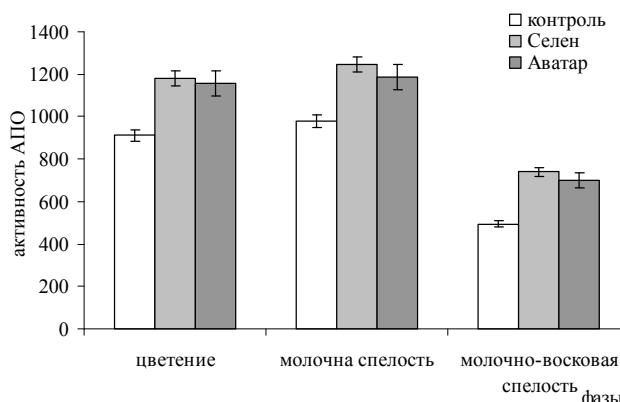


Рисунок – 3 Активность аскорбатпероксидазы (мкмоль аскорбиновой кислоты/мг хл год) хлоропластов флагового листа озимой пшеницы сорта Володарка при обработке микроэлементным комплексом Аватар-1 и аквахелатом селена

Отмечено также положительное влияние внекорневой обработки растений нанопрепаратами на урожайность пшеницы. Увеличение зерновой продуктивности озимой пшеницы происходило за счет увеличения массы зерна в колосе: в необработанном варианте она была 1,21 г/побег, в обработанном: селеном – 1,39 г/побег, Аватаром-1 – 1,38 г/побег. Прибавка урожая при обработке нанопрепаратами: Аватар-1 составила 22%, а селеном – 19%.

Выводы

Таким образом, внекорневая обработка озимой пшеницы сорта Володарка микроэлементным препаратом Аватар-1 и наноаквахелатом селена в фазу выхода в трубку вызывала увеличение концентрации хлорофилла ($a+b$) во флаговых листьях, повышение активности антиоксидантных ферментов хлоропластов, что способствовало лучшей защите фотосинтетического аппарата пшеницы от окислительного стресса в период налива зерна и возрастанию продуктивности пшеницы.

Список литературы

1. Власюк П.А., Жидков В.А., Ивченко В.И. и др. Участие микроэлементов в обмене веществ растений // Биологическая роль микроэлементов. – М.: Наука, 1983. – 38 с.
2. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. – К.: Логос, 2009. – 182 с.
3. Патент України на корисну модель № 38391. Спосіб отримання карбоксилатів металів «Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів» // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / Опубл.12.01.2009. Бюл. № 1/2009.
4. Патент України на корисну модель № 49048. Надчистий водний розчин нанокарбоксилату // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / Опубл.12.04.2010. Бюл. № 7/2010.
5. Hiscox J.D., Israelstam R.J. The method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration // Can. J. Bot. – 1979. – Vol.57, N12. – P.1332-1334.
6. Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutase. Occurrence in higher plants // Plant Physiol. – 1977. – Vol.59, N 2. – P. 309 – 314.
7. Chen G.-X., Asada K. Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their and molecular properties // Plant Cell Physiol. – 1989. – Vol.30, N 7. – P. 987 – 998.
8. Asada K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions // Plant Physiol. – 2006 – Vol.141, N 2. – P. 391 – 396.
9. Соколовська-Сергієнко О.Г., Киризий Д.А. Углекислотный газообмен и активность супероксиддисмутазы флаговых листьев различных сортов озимой пшеницы // Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2010. – Т.8, № 1. – С.46 – 50.
10. Соколовська-Сергієнко О.Г. Антиоксидантна система хлоропластів у різних за продуктивністю сортів озимой пшениці у зв'язку з інтенсивністю асиміляції CO_2 за стресових умов // Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимой пшениці. – Київ: Основа, 2011. – С.299 – 332.