

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ NPK НА ПЕРЕКИСНЫЙ ГОМЕОСТАЗ РАСТЕНИЙ ГОРОХА

© 2010 г.

*Е.О. Половинкина, Ю.В. Сеницына, Е.А. Богатырёва,
М.А. Миронов, Р.Н. Фазилов, А.П. Веселов*

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

e_polovinkina@rambler.ru

Поступила в редакцию 12.04.2010

Исследован ответ прооксидантно-антиоксидантной системы растений гороха на листовую обработку составами на основе микроэлементов и обогащенными NPK. Обнаружено токсическое действие NPK на растения, что выражалось в развитии стрессовой реакции на обработку. Состав на основе микроэлементов без обогащения NPK такого действия не оказывал.

Ключевые слова: стресс, микроэлементы, NPK, перекисный гомеостаз, перекисное окисление липидов, антиоксидантная защита.

Введение

В настоящее время среди агрохимикатов, применяемых в сельском хозяйстве, появляется все больше микроэлементных удобрений. Проводится большое количество исследований по способам повышения количества и качества урожая. Основное направление таких исследований – подбор соотношений основных элементов питания (NPK) и микроэлементов, регулирующих все процессы жизнедеятельности растения, в том числе устойчивость и продуктивность. В последнее время появилось большое количество жидких комплексных удобрений (ЖКУ) на основе микроэлементов, применяемых для листовой обработки. Достоинством ЖКУ являются низкие потери питательных веществ, равномерность распределения, возможность точного дозирования, низкая себестоимость, повышенная концентрация элементов в единице объема, возможность совмещения внесения удобрения с применением пестицидов и другие преимущества. Однако, являясь химическим агентом с концентрацией солей намного более высокой, чем физиологические значения, такие удобрения могут вызывать стрессовые состояния растений. Поэтому перед применением видится целесообразным исследование процесса адаптации растений к такому воздействию, чего производители ЖКУ обычно не делают, ограничиваясь получением данных по качеству и количеству урожая. Однако, подбирая менее стрессирующие комбинации составов, можно избежать перестройки метаболизма (стресса), которая, возможно, сказывается также и на показателях урожайности.

Многочисленные исследования последних десятилетий показали, что независимо от природы воздействия, ответ растения на него развивается по некоторой общей схеме, что позволяет говорить о существовании неспецифической стрессовой реакции на воздействия извне [1–3]. Таким универсальным звеном в реакции растительного организма на действие самых разнообразных факторов может быть некоторое стереотипное изменение внутренней среды клетки, на роль которого многие исследователи выдвигают окислительный стресс [4, 5].

В данном исследовании изучали влияние микроэлементных удобрений с добавлением NPK на перекисный гомеостаз растений гороха.

Экспериментальная часть

Семена гороха *Pisum sativum* L. замачивали в воде, на 3-и сутки при проклевывании корешка проростки пересаживали в банки с отверстиями для корней и растили на водной культуре. На 10-е сутки надземную часть проростков обрабатывали исследуемыми препаратами в количестве 400 мкл на 1 м². Контролем являлись растения, обработанные водой. Составы препаратов приведены в таблице. Анализ показателей перекисного гомеостаза проводили на 14-е сутки.

Перекисный гомеостаз обработанных составами и контрольных растений исследовали по показателям перекисного окисления липидов (по содержанию диеновых конъюгатов (ДК) и оснований Шиффа (ОШ)) и по активности ферментов антиоксидантной защиты – каталазы (Кат) и глутатионтрансферазы (ГТ). ДК и ОШ определяли спектрофотометрически по специ-

Таблица 1

Элементный состав исследуемых растворов

Элементы	Варианты составов				
	1	2	3	4	5
Mg, г/л	8.8				
S, %	1.26				
Fe, г/л	4.0				
Mn, г/л	3.0				
B, г/л	1.6				
Zn, г/л	13.7				
Cu, г/л	6.4				
Mo, г/л	4.4				
Co, г/л	0.8				
Se, г/л	0.09				
Ni, г/л	–				0.06
Li, г/л	–				0.4
Cr, г/л	–				0.3
N, %	12	5	4	27	–
P, %	5	20	5	2	–
K, %	5	5	12	3	–

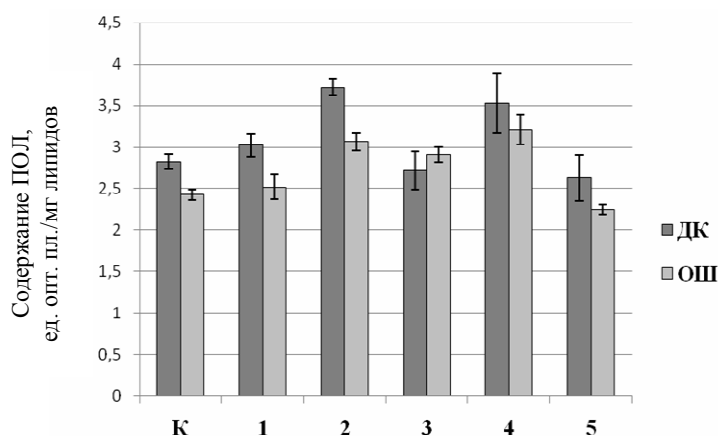


Рис. 1. Содержание продуктов ПОЛ в наземной части гороха после обработки

фическим максимумам поглощения [6]. Активность Кат исследовали по убыли пероксида водорода из пробы [7], ГТ – по образованию комплекса ДНБ и глутатиона [8]. Содержание восстановленного аскорбата определяли по [9].

Все опыты проводились в 3-кратной биологической и 3-кратной биохимической повторностях. Достоверность определяли, используя критерий Стьюдента при 5%-ном уровне значимости. Обсчет результатов проводили с помощью программы *SigmaPlot*. На рисунках представлены средние арифметические значения и их среднеквадратичные отклонения.

Результаты и их обсуждение

В клетке существует равновесие между процессом образования и разрушения активных форм кислорода. В ответ на любое воздействие извне это равновесие сдвигается в сторону более активного образования свободных радика-

лов – окислительный стресс. Окислительный стресс характеризуется активацией окислительных процессов на клеточных мембранах с образованием продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ). С этим процессом в современной литературе связывают рецепторную роль мембранных липидов, реагирующих таким образом на любые изменения окружающей клетки среды. Активация ПОЛ может являться сигналом для запуска защитных реакций клетки.

Продуктами, образующимися на первой стадии ПОЛ, являются диеновые конъюгаты ненасыщенных жирных кислот мембранных липидов. В растениях, обработанных составом № 2, обогащенным фосфором, и № 4, обогащенным азотом, содержание ДК было достоверно выше контрольного на 20% и 16% соответственно (рис. 1). Обработка остальными составами не вызывала достоверного повышения уровня ДК.

Дальнейшее окисление липидов мембран идет с образованием низкомолекулярных про-

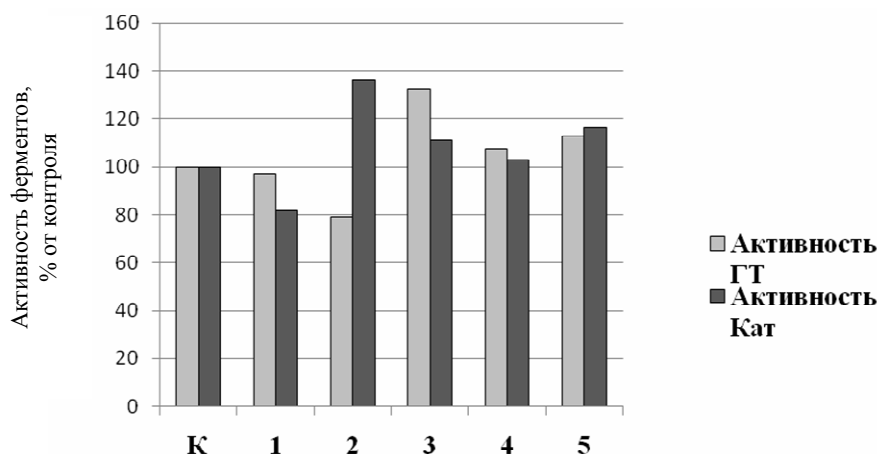


Рис. 2. Активность ферментов антиоксидантной защиты наземной части гороха после обработки

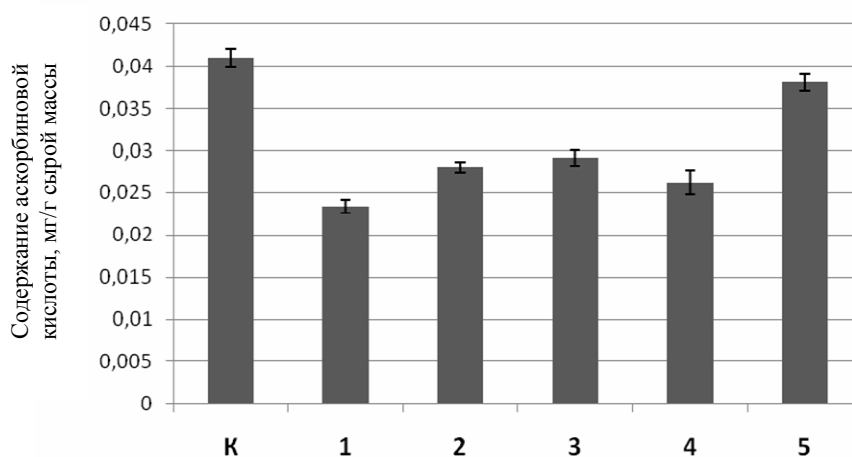


Рис. 3. Содержание аскорбиновой кислоты в наземной части гороха после обработки

дуктов. Одним из конечных продуктов ПОЛ являются основания Шиффа. Опасность этих продуктов заключается в возникновении гидрофильных пробоев в мембранах и токсическом действии.

Обработка растений составами №№ 2, 3 и 4, обогащенными фосфором, калием и азотом соответственно, приводила к достоверному накоплению ОШ до 30% от контроля.

Второй стороной перекисного равновесия является антиоксидантная защита, которая осуществляется низкомолекулярными антиоксидантами и специализированными ферментами.

Важнейшим ферментом в растительной клетке является каталаза, катализирующая разложение пероксида водорода, а также глутатионтрансфераза, участвующая в детоксикации продуктов ПОЛ.

Активность Кат возрастала после обработки растений раствором № 2 на 36% относительно контроля, а активность GT, наоборот, снижалась

на 22% (рис. 2). Изменения активности ферментов после обработки другими растворами не носили достоверного характера.

Аскорбиновая кислота в растениях является важным антиоксидантом, который участвует в утилизации свободных радикалов, являясь как самостоятельным восстановителем, так и субстратом антиоксидантных ферментов глутатион-аскорбатного цикла. Глутатион-аскорбатный цикл является важнейшим механизмом детоксикации пероксида водорода в хлоропластах, где образование активных форм кислорода (АФК) происходит особенно активно в процессе фотосинтеза [10].

После обработки растворами № 1–4 растения имели достоверно более низкое содержание восстановленной аскорбиновой кислоты на 43, 32, 29 и 37% соответственно (рис. 3). Обработка раствором № 5 не вызвала окисления аскорбата.

Итак, обработка раствором микроэлементов не вызвала ответа со стороны прооксидантно-

антиоксидантной системы растений. Растворы микроэлементов, обогащенные NPK, достоверно приводили к развитию стрессовой реакции растений, вызывая накопление токсичных продуктов ПОЛ. Наиболее мягким по воздействию на растения оказался раствор № 1 с низким содержанием азота: обработка им не сказывалась на содержании продуктов ПОЛ, однако о протекании прооксидантных процессов свидетельствовало окисление аскорбата. В наибольшей степени на прооксидантную активность повлияли растворы с фосфором и повышенным содержанием азота. Один из механизмов попадания этих элементов в клетки листа при некорневой обработке – растворение кутикулы и образование химического ожога. Накопление ОПШ может быть связано с недостаточной активностью ГТ, а в случае с составом, обогащенным фосфором, даже с ее ингибированием. В то же время в наибольшей степени на воздействие отвечала глутатион-аскорбатная система защиты. В свою очередь, окисление аскорбата, требующегося для восполнения пула глутатиона, могло препятствовать нормальной активации ГТ для смягчения последствий ПОЛ.

Таким образом, обработка листьев растворами с NPK приводила к развитию окислительных процессов, с которыми не справлялась система детоксикации. Очевидно, что это связано с присутствием в растворах NPK, дозы которых оказались токсичными для растений.

Список литературы

1. Веселов А.П. Математическая модель возможного триггера обратимого включения режима стресса у растений // Физиология растений. 2001. Т. 48. № 1. С. 124–131.
2. Пахомова В.М. Основные положения современной теории стресса и неспецифический адаптационный синдром у растений // Цитология. 1995. Т. 37. Вып. 1–2. С. 66–87.
3. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
4. Барабой В.А. Стресс: природа, биологическая роль, механизмы, исходы. Киев: Фитосоцицентр, 2006. 424 с.
5. Курганова Л.Н., Веселов А.П., Синецына Ю.В., Еликова Е.Н. Продукты перекисного окисления липидов как возможные посредники между воздействием повышенной температуры и развитием стресс-реакций у растений // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 2. С. 276–282.
6. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимической диагностике. В 2-х т. Минск: Беларусь, 2000. 375 с.
7. Patterson B.D., Payne L.A., Chen L.-Y. and Graham D. An Inhibitor of Catalase Induced by Cold in Chilling-Sensitive Plants // Plant Physiology. 1984. V. 76. P. 1014–1018.
8. Habig W.H., Pabst M.V., Jacobi W.B. Duration S-transferases // J. Biol. Chem. 1974. V. 249. P. 7130–7135.
9. Практикум по биохимии: учебное пособие / Под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. М.: МГУ, 1989. 509 с.
10. Asada K. The water-water cycle as alternative photon and electron sinks // Phil. Trans. R. Lond. 2000. V. 355. P. 1419–1431.

INFLUENCE OF MICROELEMENT COMPOSITIONS ENRICHED WITH NPK ON PEROXIDE HOMEOSTASIS OF PEA PLANTS

E.O. Polovinkina, Yu.V. Sinitsyna, E.A. Bogatyryova, M.A. Mironov, R.N. Fazilov, A.P. Veselov

The response of pea plant prooxidant-antioxidant system has been investigated after the treatment of the leaves of pea plants with microelement compositions enriched with NPK. The NPK toxic effect has been revealed that was manifested in the development of a stress reaction after the treatment. The microelement composition without NPK produced no such effect.

Keywords: stress, microelements, NPK, peroxide homeostasis, lipid peroxidation, antioxidant protection.