

УДК 634.11:631.816.12:581.1

UDC 634.11:631.816.12:581.1

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ЯБЛОНИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК

DYNAMICS OF CATALASE ACTIVITY IN THE LEAVES OF APPLE TREES UNDER THE INFLUENCE OF FOLIAR FERTILIZING

Кузин Андрей Иванович
к. с.-х. н., доцент
SPIN – код =1122-2680
E-mail: kuzin@mgau.ru

Kuzin Andrei Ivanovich
Cand. Agr. Sci., senior lecturer
SPIN – code =1122-2680
E-mail: kuzin@mgau.ru

Цуканова Елена Михайловна
д. с.-х. н., ведущий научный сотрудник
SPIN – код = 2962-6751

Tsukanova Elena Mikhailovna
Dr. Agr. Sci., leading researcher
SPIN –code = 2962-6751

Трунов Юрий Викторович
д. с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник
SPIN – код = 9086-5322
Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

Trunov Yury Viktorovich
Dr. Agr. Sci., professor, leading researcher
SPIN – code = 9086-5322
I.V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia

В 2013-2014 гг. в экспериментальном саду ФНЦ им. И.В. Мичурина в насаждениях яблони сорта Жигулевское/62-396 2007 г. посадки на фоне капельного орошения провели изучение влияния различных систем некорневых подкормок на активность каталазы в листьях растений. В течение вегетации в динамике определяли следующие показатели в листьях яблони: активность каталазы газометрическим методом М.И. Лишкевича на 3-й и 5-й день после обработок, содержание общего азота (методом Кьельдаля), фосфора (КФК-3), калия и кальция (Jenway PFP-7). Статистическая обработка осуществлялась по общепринятым методам, изложенным Б.А. Доспеховым. Установлено, что некорневые подкормки повышали активность каталазы на 3-й день после обработки, которая затем, снижалась до нормальных значений, т.е. они действовали на растения как стресс-фактор. Корреляция активности каталазы с содержанием азота в листьях возрастала, а с содержанием кальция снижалась по мере увеличения количества обработок мегафолом в сочетании с кальбитом кальция. Включение в состав баковых смесей для многократного использования препаратов антистрессового типа и кальцийсодержащих агрохимикатов в значительной степени позволяло смягчить стрессорное воздействие некорневых подкормок на растения

The research was conducted studying the effect of various system of foliar fertigation on catalase activity in the apple orchard with drip irrigation in 2013-2014. The object of research were apple trees of Zhigulevskoye variety grafted on rootstock 62-396 in experimental intensive apple orchard of I.V. Michurin FSC which had been planted in 2007. During vegetation, the following indices were determined in apple tree leaves in dynamics: catalase activity by gasometrical method of M.I Lishkevich on the 3rd and 5th day after treatments, the content of nitrogen (Kjeldahl method), phosphorus (KFK-3), potassium and calcium (Jenway PFP-7). Data were statistical processed according to the generally accepted methods described by B.A. Dospekhov. It has been established that foliar fertigation increased catalase activity on the 3rd day after treatment, which then decreases to normal values. So, treatments acted as a stress factor. Correlation of catalase activity with nitrogen content in the leaves increased, and with calcium content decreased as the number of megafol mixed with calcium calbit treatments was enlarged. Using tank mixtures for multiple treatments with combination of antistress preparations and calcium-containing agrochemicals allows to moderate significantly the stress effect of foliar fertilizing on plants

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ, АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ, СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЛИСТЬЯХ, СТРЕСС-ФАКТОР

Keywords: APPLE TREE, FOLIAR FERTILIZING, CATALASA ACTIVITY, MINERAL CONTENT IN LEAVES, STRESS FACTOR

Doi: 10.21515/1990-4665-127-067

Введение. Воздействие на растения различных стрессовых факторов (механическое повреждение, негативные факторы внешней среды, техногенные загрязнения, грибные и вирусные болезни и др.) приводит к ответной реакции со стороны многих физиологических показателей. Доказано, что глубинной причиной повреждения живых систем являются различные формы активного кислорода, который образуется под действием повреждающих факторов, причем наибольшую опасность представляет сочетание нескольких стрессоров (Владимиров, 2000; Гудковский и др. 2005). В то же время, активный кислород – это необходимая составляющая в жизнедеятельности клетки, и нельзя говорить только об отрицательной роли свободных радикалов. Окислительную функцию свободного кислорода трудно переоценить – процессы дыхания, фотосинтеза, биосинтеза АТФ непосредственно связаны с активными формами кислорода, они являются сигнальными молекулами и активизируют защитные системы клетки и т.д. Однако, необходим строгий баланс окислительного и восстановительного потенциала – именно при переизбытке свободных радикалов в клетке происходит нарушение окислительно-восстановительного баланса в сторону окисления названо «окислительным стрессом» (Коэн, 1986; Хочачка, Сомеро, 1988; Фридрих, 1989).

Любой стресс связан с перестройкой в метаболизме растения. Исходя из этого индикация стресса может базироваться на комплексе методических приемов, позволяющих регистрировать изменения уровня его метаболических реакций и определять какие-либо продукты окислительной деградации растительного организма. К наиболее известным, и, в то же время, наиболее значимым в защитной системе любого организма относятся ферменты класса оксидоредуктаз, и, в частности, каталаза, которая, помимо других важнейших функций, препятствует разложению пероксида водорода на свободные радикалы -

т.е. выполняет защитные функции, т.к. строго специфична и направлена на катализ реакции расщепления пероксида водорода на воду и молекулярный кислород (Хочачка, Сомеро, 1988; Фомина, 1999; Цуканова, 2002). В связи с вышеизложенным, уровень активности данного фермента и динамика ее изменения может рассматриваться как показатель, реально отражающий состояние защитных систем организма (Цуканова, 2007).

Во многих жизненных процессах, происходящих в растениях на молекулярном уровне, микроэлементы принимают самое активное участие. Действуя через ферментную систему или непосредственно связываясь с биополимерами растений, микроэлементы могут стимулировать или ингибировать процессы роста, развития и репродуктивную функцию растений (Alscher, Madamanchi, Cramer, 1991; Noga, Schmitz, 1998; Тихонов, 2000). Некорневые подкормки играют важную роль в обеспечении растений, в первую очередь, микроэлементами. Также с помощью некорневых подкормок можно оперативно воздействовать на растения в моменты наиболее сильного воздействия неблагоприятных факторов различными биостимуляторами и иммунокорректорами (Кузин и др., 2015).

Реально оценить степень влияния как стрессорного, так и протекторного воздействия на растение можно путем определения изменения его функционального состояния по различным критериальным показателям. Как было уже указано выше, одним из них является динамическая характеристика активности фермента каталазы (Цуканова, 2011). В частности, данные исследования посвящены изучению реакции растений яблони на применение пофазных систем некорневых подкормок минеральными удобрениями, включающих антистрессовый препарат мегафол и комплекс микроэлементов.

Методика исследований. Исследования проводили в 2013-14 гг. в экспериментальном интенсивном яблоневом саду ФНЦ им. И.В. Мичурина

2007 г. посадки на фоне капельного орошения. Объектами исследований служили деревья яблони сорта Жигулевское, привитые на подвое 62-396. Схема посадки сада 4,5 x 1 м. Опыт заложен в трехкратной повторности, делянка – 5 деревьев, согласно «Методическим указаниям по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях» (Кондаков, Пастухова, 1981). Обработки проводились в следующие фенологические фазы: «мышинное ушко», «розовый бутон», «цветение», «опадение лепестков», «орех лещина», «грецкий орех», «рост плодов», «рост плодов», «рост плодов» «рост плодов», за 1 неделю до съема.

Активность каталазы в динамике определяли методом газометрическим методом по М.И. Лишкевичу (Плешков, 1985). Измерение активности фермента проводили через 3 и 5 дней после обработок растений баковыми смесями препаратов для некорневых подкормок согласно разработанным экспериментальным системам некорневых подкормок 8 раз в течение вегетационного периода. Анализы были выполнены в лаборатории защиты и стрессустойчивости растений. В листьях растений определяли в динамике содержание общего азота (по Кьельдалю) по Гинзбург с соавторами, а также фосфора (КФК-3), калия и кальция (Jenway PFP-7) в одной навеске (Минеев, 2001) на 5-й день после обработок. Обработку результатов исследований осуществляли в пакете программ Microsoft Excel 2007 и общепринятыми статистическими методами, изложенными Б.А. Доспеховым (1985).

Варианты некорневых подкормок:

1. Контроль (без обработок)
2. Комплекс Мастер 8* мастер + 3 бороплюс + 2 мегафол + 1 кальбит
3. Система 1 8 мастер + 3 бороплюс + 8 мегафол + 1 кальбит
4. Система 2 8 мастер + 3 бороплюс + 3 мегафол + 10 кальбит
5. Система 3 8 мастер + 3 бороплюс + 8 мегафол + 10 кальбит
6. Система 4 (МС4) 7 мочевины + 2 борная кислота + 8 мегафол + 10 кальбит
7. Система 5 (КБ) 2 алга 600 + 6 сеамино + 3 рутмост + 1 проборон + 8 амика
8. Система Фитоферт 5 фитоферт 5.40.10 + 3 фитоферт Mn Zn + 2 бормакс + 7 мочевины + 3 фитоферт Ca 25 + 3 Фитоферт Ca 40

* - количество обработок

Все обработки проводили в средних концентрациях, рекомендуемых для указанных выше агрохимикатов.

Результаты исследований. В 2013 г. в контрольном варианте, где не применялись некорневые подкормки, динамика активности каталазы в течение вегетации проходила следующим образом: самая высокая активность каталазы была в мае, затем она снижалась в июне и возрастала к концу июля (рисунок 1). В данном году в третьей декаде июля были достаточно прохладная температура воздуха (минимальная 9,8...15,7°C, а среднесуточная 13,5...16,8°C, при том, что среднемноголетняя температура в этот период – 19,5°C) и выпала практически месячная норма осадков.

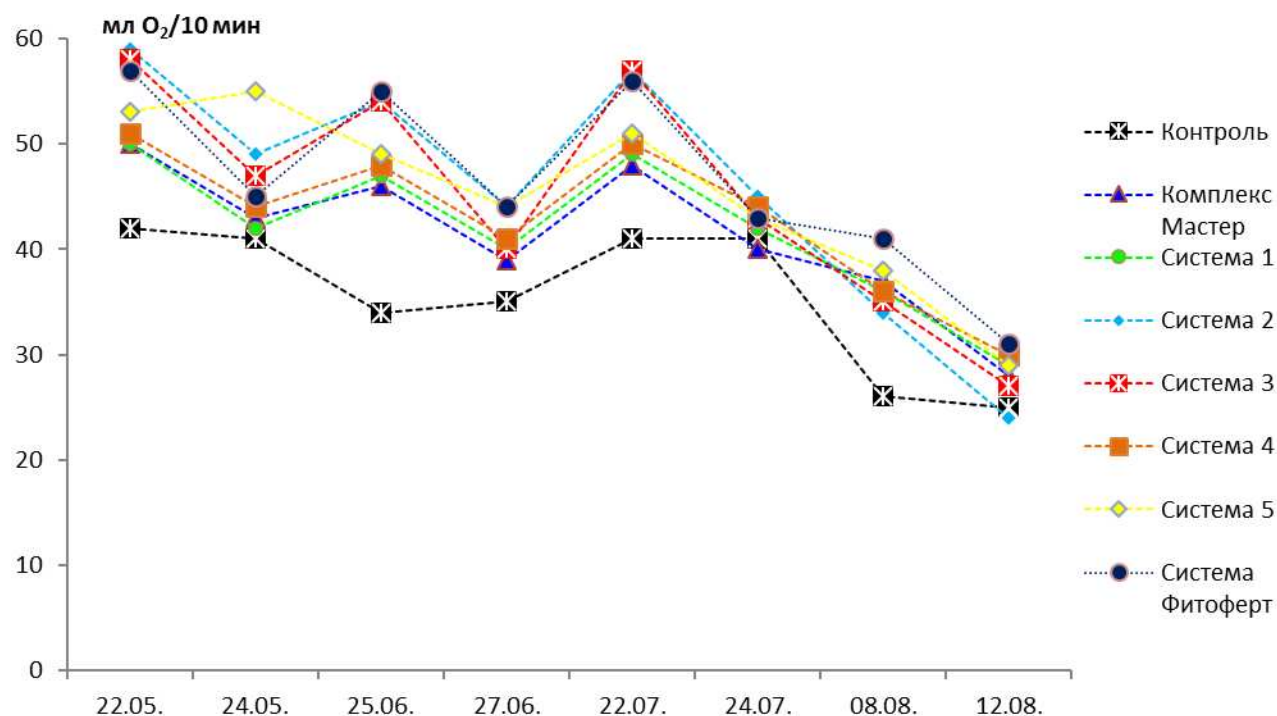


Рисунок 1 – Динамика активности каталазы в листьях яблони сорта Жигулевское при применении различных систем некорневых подкормок (2013 г.).

Именно это вызвало усиление активности каталазы, относительный температурный стресс и переувлажнение. К концу первой декады августа, когда погода нормализовалась, активность каталазы значительно снизилась. При этом трехдневные различия между сроками отбора проб не имели существенного различия по активности каталазы.

Динамика активности каталазы после применения различных систем некорневых подкормок была другой. На 3-й день после обработок мы наблюдали значительное увеличение активности каталазы. Через два дня, на 5-й день после обработки активность каталазы резко снижалась и во многих вариантах она была практически на уровне контроля.

В 2014 г. динамика активности каталазы в контрольном варианте без обработок имела больше пиков, чем в 2013 г. (рисунок 2). Июнь в целом был довольно прохладным – минимальная температура опускалась до 5,2°С, а последняя декада месяца была самой холодной – среднесуточная температура воздуха всего 10,6...15,9°С.

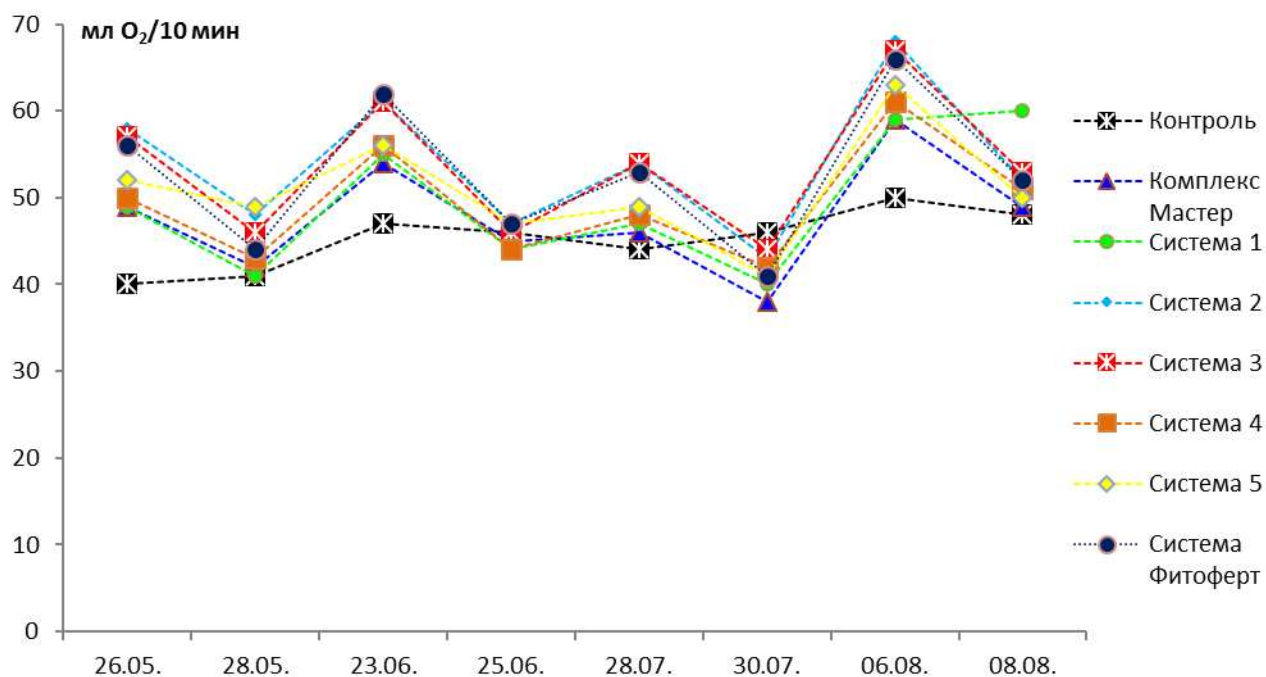


Рисунок 2 – Динамика активности каталазы в листьях яблони сорта Жигулевское при применении различных систем некорневых подкормок (2014 г.).

Следует также отметить и тот факт, что в третьей декаде выпала практически месячная норма осадков. Холодная погода и относительное переувлажнение были стрессовыми факторами, оказавшими воздействие на растения, что вызвало усиление активности каталазы.

В июле температура была достаточно благоприятной для развития растений, но осадков практически не было – всего 0,3 мм. Поэтому активность каталазы в варианте без обработок осталась на достаточно высоком уровне для этого периода, что отмечали и другие исследователи (Цуканова, 2007). В первой декаде августа температура воздуха возросла (максимальная температура – до 35°C, среднесуточная до 27,5°C, среднемноголетняя на этот период – 18,4°C) на фоне отсутствия осадков. Такой стресс вызвал еще большее повышение активности каталазы.

Так же, как и в предшествующем, в 2014 году некорневые подкормки значительно повышали активность каталазы на 3-й день после обработок,

которая на 5-й день после опрыскивания снижалась практически на уровень контроля.

В 2014 г. нами была изучена динамика содержания в листьях яблони основных элементов питания в течение вегетации. Пробы листьев мы отбирали на 5-й день после некорневых подкормок, когда активность каталазы заметно снижалась, с одной стороны, а с другой стороны полностью завершались процессы, связанные с адсорбцией элементов питания. Скорость такой адсорбции зависит от целого ряда факторов – температуры, ветра, влажности. В значительной степени скорость поглощения, например, мочевины листьями определяется скоростью ее гидролиза на аммоний и углекислый газ (Hinsvark et al., 1953). По сообщениям ряда зарубежных авторов, поглощение элементов питания листьями растений может продолжаться до 24 часов, но затем резко снижается (Shlegel, Schönherr, 2002; Hull, 1970; Boynton et al., 1953). Кроме того, следует учитывать, что скорость поглощения и длительность поглощения разных веществ может сильно отличаться. Например, длительность поглощения мочевины может быть до 24 часов (Boynton et al., 1953), а хлорида кальция от 0,5 до 9 часов (Shlegel, Schönherr, 2002).

В наших опытах мы применяли баковые смеси различных агрохимикатов, что не могло не сказаться на скорости и длительности их поглощения. Но нас интересовала взаимосвязь между содержанием макроэлементов питания в листьях и активностью каталазы как индикатора функционального состояния растений и их устойчивости к неблагоприятному воздействию. Как мы уже отмечали выше, на 5-й день после обработок активность каталазы приходила в относительное состояние нормы после резкого повышения, как следствия обработки. Мы проанализировали коррелятивные взаимосвязи между содержанием элементов питания в листьях и активностью каталазы на 5-й день после обработок.

Исследования показали, что между содержанием общего азота в листьях и показателями активности каталазы коррелятивная связь отсутствует. Так, в контроле без обработок (рисунок 3) содержание общего азота в листьях весьма резко изменялось на протяжении вегетационного периода, тогда как активность фермента была практически неизменной.

Содержание фосфора в листьях не изменялось значительно в течение вегетационного периода, поэтому в данном случае также сложно выделить какую-либо однозначную взаимосвязь. Содержание калия в листьях однозначно снижалось, что определяется различными причинами, но, несомненно, связано с формированием и созреванием плодов (Кузин, Трунов, 2016). В контрольном варианте без обработок прослеживалась тесная отрицательная корреляция между содержанием калия в листьях и активностью каталазы (таблица 1). В то же время между содержанием кальция в листьях и активностью каталазы в период вегетации до съема плодов корреляция была положительной.

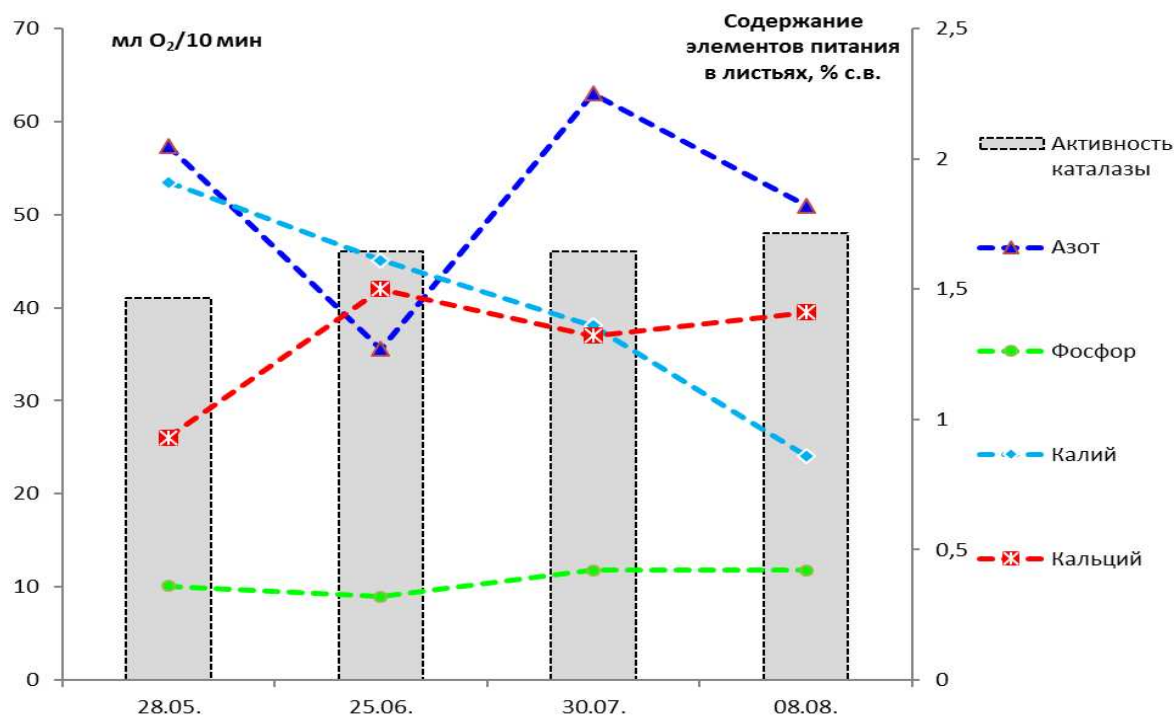


Рисунок 3. Динамика активности каталазы и содержания основных элементов в контроле в 2014 г.

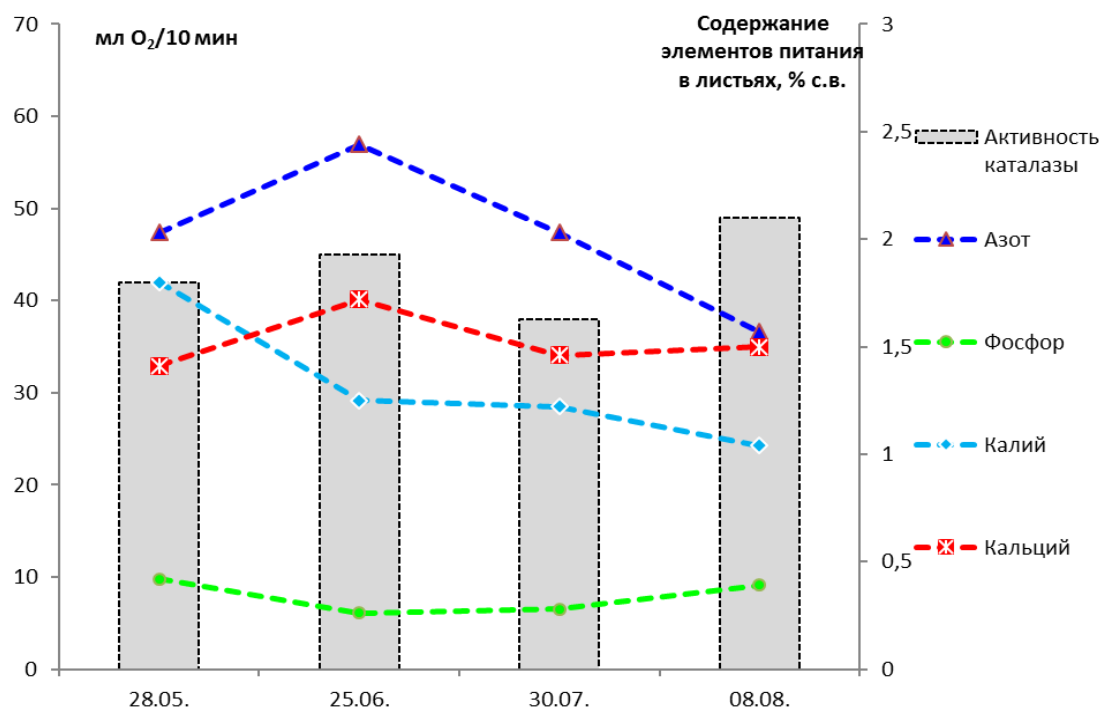


Рисунок 4. Динамика активности каталазы и содержания основных элементов в варианте Комплекс Мастер в 2014 г.

В варианте Комплекс Мастер характер корреляции между активностью каталазы и содержанием элементов питания в листьях был несколько иным (рисунок 4). В данном случае и активность каталазы и динамика элементов питания отличались от рассмотренного выше.

Между содержанием азота, фосфора и калия мы наблюдали отрицательную корреляцию средней силы взаимодействия между признаками в течение периода вегетации до съема плодов. Только содержание в листьях кальция имело положительную корреляцию с активностью каталазы.

При использовании другой системы обработок в варианте Система 3 мы наблюдали более высокую активность каталазы за несколько дней до съема плодов. Содержание азота и калия в листьях в данном варианте также снижалось в этом моменту. Содержание кальция заметно возрастало к 8 августа, что связано с большим количеством обработок кальбитом С.

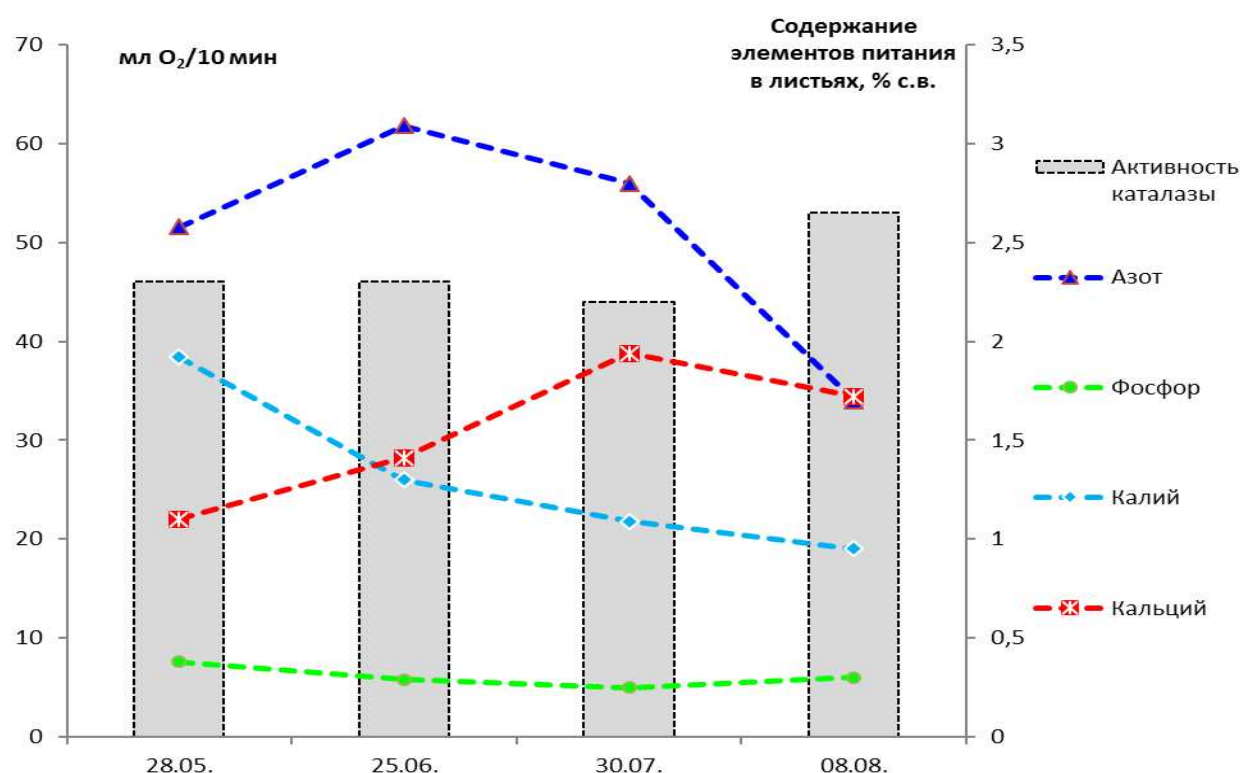


Рисунок 5. Динамика активности каталазы и содержания основных элементов в варианте Система 3 в 2014 г.

Характер корреляционных взаимодействий между содержанием элементов питания в данном варианте был следующим: между содержанием азота и активностью каталазы было тесная отрицательная взаимосвязь, тогда как между фосфором и калием видимого взаимодействия не было. Средней силы отрицательная корреляция было отмечена между содержанием калия в листьях и активностью каталазы.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между активностью каталазы в листьях и содержанием в них основных элементов питания

	Азот	Фосфор	Калий	Кальций
Контроль	-0,281	0,410	-0,885	0,907
Комплекс Мастер	-0,386	-0,396	-0,396	0,359
Система 3	-0,903	0,116	-0,415	0,103

Обращает на себя внимание тот факт, что между содержанием азота в листьях и активностью каталазы отрицательная корреляция, весьма слабая в контроле, резко увеличивалась в варианте Система 3, где при одинаковом количестве обработок азотсодержащими препаратами, как и в варианте Комплекс Мастер, было больше мегафола и кальбита С.

Между содержанием в листьях фосфора и калия и активностью каталазы мы не отметили такой зависимости в разных вариантах опыта. Но между содержанием кальция и активностью каталазы корреляция резко снижалась при увеличении обработок кальцием и мегафолом.

Заключение. Некорневые подкормки сами по себе представляют определенный стресс для растений, что показывает высокая активность каталазы на 3-й день после обработок, несвойственная в данную фазу развития растений (Цуканова, 2011), с последующим резким снижением. В настоящее время интенсивные системы защиты насчитывают до 15 и более обработок, на которые наслаиваются системы пофазных некорневых подкормок, которые также достигают 10-12 обработок за период вегетации. В сумме такое количество обработок может способствовать значительному стрессу для растений. В значительной степени это можно избежать, совмещая некорневые подкормки в баковых смесях с препаратами по защите растений. Но для этого необходимо предварительное изучение эффективности совместного применения агрохимикатов. Включение в состав баковых смесей для многократного использования препаратов антистрессового типа и кальцийсодержащих агрохимикатов в значительной степени позволяет смягчать стрессорное воздействие некорневых подкормок на растения.

Библиографический список

1. Гарифзянов, А.Р. Образование и физиологические реакции активных форм кислорода в клетках растений/ А.Р. Гарифзянов, Н.Н. Жуков, В.В. Иванищев// Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4600>).

2. Гудковский, В.А. Стресс плодовых растений/ В.А. Гудковский, Н.Я. Каширская, Е.М. Цуканова. – Воронеж: Кварта, 2005. – 128 с.
3. Гуськов, Е.П. Генетика окислительного стресса/Е.П. Гуськов и др. – Ростов-на-Дону, Изд-во СНКЦ ВШ ЮФУ, 2009. – 155 с.
4. Дмитриева, С.В. Структурно-функциональные изменения клеток корней пшеницы в условиях окислительного стресса: автореф... дисс. канд. биол. наук. – Казань, 2008. – 23 с.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Елисеева, Е.П. Эффективность применения азотных удобрений и омолаживающей обрезки в насаждениях Антоновки обыкновенной /Е.П. Елисеева //Вопросы интенсификации садоводства в ЦЧЗ. –Сб. науч. тр. – Воронеж. – Изд. ВСХИ, 1985. – С. 132-136.
7. Кириллова, Н.В. Ферменты антиоксидантной системы культивируемых растительных клеток: дис. ...доктора биол. наук. – 03.00.04/Кириллова Надежда Васильевна. – Санкт-Петербург, 2000. – 439 с.
8. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Окислительный стресс и состояние антиоксидантной системы в колеоптилях пшеницы при действии пероксида водорода и нагрева/Ю.Е. Колупаев, Ю.В. Карпец // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Сер. Биология. - 2008. - Вып. 2(14). - С. 42-52.
9. Кондаков, А.К. Методические указания по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях/А.К. Кондаков, А.А. Пастухова. – Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства МСХ СССР (ЦИНАО). – Москва, 1981. – 39 с.
10. Коэн, Ф. Регуляция ферментативной активности/Ф. Коэн. – М.: Наука, 1986. – 154с.
11. Кузин А.И. Влияние различных способов применения удобрений на развитие отдельных компонентов продуктивности яблони/ А.И. Кузин, Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев// Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С. 26-35.
12. Кузин А.И. Особенности почвенно-листовой диагностики калийного питания яблони/А.И. Кузин, Ю.В. Трунов// Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. - №1. – С.16-18.
13. Максимов, И.В. Про/антиоксидантная система и устойчивость растений к патогенам/И.В. Максимов, Е.А. Черепанова // Успехи современной биологии. - 2006. - Т. 126. - С. 250-261.
14. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии - 2-е изд.: Учебное пособие/ В.Г. Минеев, В.Г.Сычев, О.А. Амелянчик, Т.Н. Большева, Н.Ф. Гомонова, Е.П. Дурынина, В.С. Егоров, Е.В. Егорова, Н.Л. Едемская, Е.А. Карпова, В.Г. Прижукова. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 689 с.
15. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений/Б.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 225 с.
16. Попов, В.Н. Особенности окислительного стресса растений табака, трансформированных геном desC 9-ацил-липидной десатуразы из *Synchosjcsus vulcanus* при гипотермии/ В.Н. Попов Н.В. Кипайкина, Н.В. Астахова//Физиология растений. – 2006. – Т. 53, №4. – С. 525-529.
17. Титов, А.Ф. Устойчивость растений и фитогормоны/А.Ф. Титов, В.В. Таланова. – Петрозаводск, Изд-во Карельского научного центра, 2009. – 206 с.

18. Тихонов, А.Н. Трансформация энергии в хлоропластах – энергообразующих органеллах растительной клетки/А.Н. Тихонов//Соросовский образовательный журнал. – 1996. - №4. – С. 24-32.
19. Фридрих, Р. Надмолекулярная организация ферментов/Р. Фридрих. – М.: Наука. – 1989. – 374 с.
20. Хочачка, П. Биохимическая адаптация/П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М.: Мир, 1988. – 87 с.
21. Цуканова, Е.М. Экспресс-диагностика состояния растений и повышение эффективности технологии производства плодов и ягод / Е.М. Цуканова. – Автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук. – Мичуринск, 2007. – 42 с.
22. Цуканова, Е. Система диагностики плодовых растений/Е. Цуканова. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 292 с.
23. Челомбитько, М.А. Ферментативная активность листьев яблони сорта Уэлси в связи со снижением кроны деревьев и внесением N – удобрений /М.А. Челомбитько // Плодоводство (Минск) – 1989, № 7. – С. 100-103.
24. Alscher, R.G. Protective mechanisms in the chloroplast stroma, in active oxygen/R.G. Alscher, N.R. Madamanchi, C.L. Cramer// in: Oxidative Stress in Plant Metabolism, Pell E. and Steffen K. Eds., American Society of Plant Physiologists, 1991. – P. 145.
25. Bakhart, J. The role of abscisic acid and low temperature in chickpea (*Cicer arietum*) cold tolerance/ J. Bakhart, A.Bano, P. Domini//II. Effects on plasma membrane structure and function // J. Exp. Bot. – 2006. – Vol. 57, No. 14. – Pp. 3707–3715.
26. Boynton, D. Exploratory studies on nitrogen metabolism by McIntosh apple leaves sprayed with urea/D. Boynton, D. Margolis, C.R. Cross//Proceedings of Amer. Soc. Hort. Sci. – 1953. – Vol. 62. – Pp. 135-146.
27. Hinsvark, O.N. The metabolism of foliar-applied urea. I. relative rates of ¹⁴CO₂ production by certain vegetable plants treated with labeled urea/O.N. Hinsvark, S.H. Wittwer, H.B. Tukey//Plant physiology. – 1953. – Vol. 28, No. 1. – Pp. 70-76.
28. Hull, H.M. Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds/ H.M. Hull// Residue Reviews. – 1970. – Pp. 1-150.
29. Kaur N. Signal transduction pathways under abiotic stresses in plant/ N. Kaur, A.K. Gupta // Curr. Sci. - 2005. - V. 88. No. 11. - P. 1771-1780.
30. Noga, G. Biosynthesis characteristics actions and specific functions in stress defense/ G. Noga, M. Schmitz // In: Antioxidants in higher plants, Eds. G. Noga. – Shaker Verlag, 1998. – 270 p.
31. Schlegel T.K. Selective permeability of cuticles over stomata and trichomes to calcium chloride/T.K. Schlegel, J. Schönherr//Acta Horticulturae. – 2002. – Vol. 594. – Pp. 91-96.
32. Wang, Y. Enhanced chilling tolerance in *Zoysia matrella* by pre-treatment with salicylic acid, calcium chloride, hydrogen peroxide or 6-benzylaminopurine/ Y. Wang, Z.M. Yang, Q.F. J.L. Zhang, Li // Biol. Plant. – 2009. – Vol. 53, No 1. – Pp. 179–182.

References

1. Garifzjanov, A.R. Obrazovanie i fiziologicheskie reakcii aktivnyh form kisloroda v kletkah rastenij/ A.R. Garifzjanov, N.N. Zhukov, V.V. Ivanishhev// Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2011. – № 2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4600>).
2. Gudkovskij, V.A. Stress plodovyh rastenij/ V.A. Gudkovskij, N.Ja. Kashirskaja, E.M. Cukanova. – Voronezh: Kvarta, 2005. – 128 s.

3. Gus'kov, E.P. Genetika okislitel'nogo stressa/E.P. Gus'kov i dr. – Rostov-na-Donu, Izd-vo SNKC VSh JuFU, 2009. – 155 s.
4. Dmitrieva, S.V. Strukturno-funkcional'nye izmenenija kletok kornej pshenicy v uslovijah okislitel'nogo stressa: avtoref... diss. kand. biol. nauk. – Kazan', 2008. – 23 s.
5. Dosphehov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dosphehov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
6. Eliseeva, E.P. Jefferektivnost' primeneniya azotnyh udobrenij i omolazhivajushhej obrezki v nasazhdenijah Antonovki obyknovennoj /E.P. Eliseeva //Voprosy intensivizacii sadovodstva v CChZ. –Sb. nauch. tr. – Voronezh. – Izd. VSHI, 1985. – S. 132-136.
7. Kirillova, N.V. Fermenty antioksidantnoj sistemy kul'tiviruemyh rastitel'nyh kletok: dis. ...doktora biol. nauk. – 03.00.04/Kirillova Nadezhda Vasil'evna. – Sankt-Peterburg, 2000. – 439 s.
8. Kolupaev Ju.E., Karpec Ju.V. Okislitel'nyj stress i sostojanie antioksidantnoj sistemy v koleoptiljah pshenicy pri dejstvii peroksida vodoroda i nagreva/Ju.E. Kolupaev, Ju.V. Karpec // Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta. Ser. Biologija. - 2008. - Vyp. 2(14). - S. 42-52.
9. Kondakov, A.K. Metodicheskie ukazaniya po zakladke i provedeniju opytov s udobrenijami v plodovyh i jagodnyh nasazhdenijah/A.K. Kondakov, A.A. Pastuhova. – Central'nyj institut agrohimičeskogo obslužhivaniya sel'skogo hozjajstva MSH SSSR (CINAO). – Moskva, 1981. – 39 s.
10. Kojen, F. Reguljacija fermentativnoj aktivnosti/F. Kojen. – M.: Nauka, 1986. – 154 s.
11. Kuzin A.I. Vlijanie razlichnyh sposobov primeneniya udobrenij na razvitie otdeľnyh komponentov produktivnosti jabloni/ A.I. Kuzin, Ju.V. Trunov, A.V. Solov'ev// Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 3. – S. 26-35.
12. Kuzin A.I. Osobennosti pochvenno-listovoj diagnostiki kalijnogo pitaniya jabloni/A.I. Kuzin, Ju.V. Trunov// Vestnik Rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki. – 2016. - №1. – S.16-18.
13. Maksimov, I.V. Pro/antioksidantnaja sistema i ustojchivost' rastenij k patogenam/I.V. Maksimov, E.A. Cherepanova // Uspehi sovremennoj biologii. - 2006. - T. 126. - S. 250-261.
14. Mineev V.G. Praktikum po agrohimii - 2-e izd.: Učebnoe posobie/ V.G. Mineev, V.G.Sychev, O.A. Amel'jančik, T.N. Bolysheva, N.F. Gomonova, E.P. Durykina, B.C. Egorov, E.V. Egorova, N.L. Edemskaja, E.A. Karpova, V.G. Prizhukova. — M.: Izd-vo MGU, 2001. — 689 c.
15. Pleshkov, B.P. Praktikum po biohimmii rastenij/B.P. Pleshkov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 225 s.
16. Popov, V.N. Osobennosti okislitel'nogo stressa rastenij tabaka, transformirovannyh genom desC 9-acil-lipidnoj desaturazy iz *Synchocjccus vulcanus* pri gipotermii/ V.N. Popov N.V. Kipajkina, N.V. Astahova//Fiziologija rastenij. – 2006. – T. 53, №4. – S. 525-529.
17. Titov, A.F. Ustojchivost' rastenij i fitogormony/A.F. Titov, V.V. Talanova. – Petrozavodsk, Izd-vo Karel'skogo nauchnogo centra, 2009. – 206 s.
18. Tihonov, A.N. Transformacija jenerгии v hloroplastah – jenergoobrazujushhih organellah rastitel'noj kletki/A.N. Tihonov//Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. – 1996. - №4. – S. 24-32.
19. Fridrih, R. Nadmolekuljarnaja organizacija fermentov/R. Fridrih. – M.: Nauka. – 1989. – 374 s.
20. Hochachka, P. Biohimičeskaja adaptacija/P. Hochachka, Dzh. Somero. – M.: Mir, 1988. – 87 s.

21. Cukanova, E.M. Jekspres-dijagnostika sostojanija rastenij i povyszenie jeffektivnosti tehnologij proizvodstva plodov i jagod / E.M. Cukanova. – Avtoref. diss. ... doktora s.-h. nauk. – Michurinsk, 2007. – 42 s.

22. Cukanova, E. Sistema dijagnostiki plodovyh rastenij/E. Cukanova. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publisching, 2011. – 292 s.

23. Chelombit'ko, M.A. Fermentativnaja aktivnost' list'ev jabloni sorta Ujelsi v svjazi so snizheniem krony derev'ev i vnesenijem N – udobrenij /M.A. Chelombit'ko // Plodovodstvo (Minsk) – 1989, № 7. – S. 100-103.