

^{1,2}**А. И. Кузин**, внс, д.-с.-х. н., доцент

¹**Н.Я. Каширская**, внс, д.-с.-х. н.

¹**А. М. Кочкина**, нс, к.с.-х. н.

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина»

²ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный

университет», Россия, Мичуринск

andrei.kuzin@yandex.ru

УДК 632.951.1:632.951.2:631.873.3:631.86:631.82:634.11

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПАРШИ И БИОЛОГИЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ЯБЛОНИ

ORCID: Кузин А. И. 0000-0002-0446-0085

Реферат. Экологизация защиты и питания растений имеют важное значение для снижения нагрузки на окружающую среду при получении высоких урожаев высококачественных плодов. Систематическое применение некорневых подкормок и внесение удобрений в почву в значительной степени способствуют достижению таких результатов. Экономически выгодно применение баковых смесей средств защиты растений и некорневых подкормок с удобрениями. Целью нашей работы было изучение эффективности совместного использования различных некорневых подкормок и препаратов по подавлению парши и влиянию на продуктивность насаждений в баковых смесях. Исследования были выполнены в 2013-2015 гг. в условиях экспериментальных насаждений ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» по общепринятым методикам. В нашей работе мы определяли биологическую эффективность используемых систем защиты, формирование компонентов хозяйственной продуктивности

(завязываемость плодов от свободного пыления, среднюю массу плода и урожайность с дерева), содержание основных элементов в почве, в листьях и в плодах. Применение традиционной системы защиты растений способствовало лучшей защите яблони от парши. Экологизированная система также обеспечила достаточно высокий уровень защиты, что позволяет рекомендовать ее производителям. Однако, внедрение экологизированных систем защиты, которые позволяют снизить пестицидную нагрузку на окружающую среду, требует рассмотрения различных мер поддержки для производителей. Применение экологизированной системы некорневых подкормок обеспечивало увеличение эффективности защиты растений особенно при сочетании с регулярным внесением удобрений в почву, а также оптимизации минерального состава плодов. Биологизации почвенного питания важнейшая задача по сохранению почвенного плодородия в условиях интенсификации садоводства. Внесение бактериальных удобрений в почву способствовало значительному увеличению урожайности. Наиболее высокие результаты были получены при внесении биологических удобрений совместно с пониженными нормами минеральных.

Ключевые слова: яблоня, парша, защита растений, некорневые подкормки, бактериальные удобрения, экологизация

Введение

В настоящее время в России закладывается много интенсивных садов яблони. В основном здесь предполагается развитие традиционных технологий т.к. по разным причинам сложно представить переход всего российского садоводства на органический способ ведения производства. Защита растений в интенсивных технологиях должна постоянно совершенствоваться на основе применения современных экологически безопасных препаратов.

Для успешной разработки эффективных приемов контроля парши яблони необходимо глубокое понимание различных аспектов патогена. Патоген вызывает в первую очередь болезнь на культурных формах яблони, а также поражает дикие виды [1]. При изучении *Venturia inaequalis* был получен огромный объем знаний по биологии гриба и контроля болезни [2]. Инфекционный процесс заражения яблони спорами *Venturia inaequalis* состоит из ряда фаз, происходящих на поверхности растения, – адгезию, прорастание, формирование аппрессория, проникновение в хозяина и процессы, протекающие после проникновения, внутри хозяина – колонизацию и спорообразование [3].

Растения яблони развили защитные механизмы предотвращения заболевания. Растения содержат вещества, которые подавляют развитие патогенных организмов, такие как полифенолы [4]. В исследованиях учёных отмечена связь между устойчивостью сортов яблони к парше и содержанием полифенолов [5]. В инфицированных тканях яблони отмечается повышенное содержание полифенолов [6].

В основе функционирования иммунной системы растения лежит узнавание рецепторами растительной клетки элиситоров патогена, образующихся из поврежденных клеток самого растения [7]. В настоящее время для защиты от болезней используются ряд индукторов устойчивости. Многие препараты оказывают как прямое влияние на патоген, так и через измененный обмен веществ. Иммунизирующий эффект ряда препаратов связан с тем, что проникая в растение, они вовлекаются в процессы обмена и изменяют их в сторону усиления защитных реакций, характерную для устойчивых сортов [8]. Выделяют две группы препаратов: первая – иммунизаторы, изменяющие обмен растения в сторону, неблагоприятную для паразита; вторая – соединения с двойным действием, с одной стороны, подавляющие патогены, а с другой стороны, изменяющие обмен в сторону, неблагоприятную для паразита.

Совместное применение препаратов от болезней и удобрений позволяет объединить несколько операций в одну и вносить препараты от болезней одной и той же машиной, что приводит к снижению себестоимости. Использование макро- и микроэлементов повышает устойчивость растений к грибным болезням [9]. Зачастую минеральные удобрения в сочетании с средствами защиты действуют эффективнее, чем каждый элемент в отдельности [10]. Некорневые подкормки яблони исключительно важны с точки зрения обеспечения растений микроэлементами в периоды наиболее высокой потребности в них независимо от уровня их доступности в почве [11]. Однако для полной реализации биологического потенциала яблони необходимо полное обеспечение растений макроэлементами, которое может быть осуществлено только при почвенном применении удобрений [12].

Внесение бактериальных удобрений в почву может значительно усилить микробиологическую активность в ризосфере яблони и улучшить обеспечение растений доступным азотом [13]. Применение органических удобрений оказывало весьма позитивное на увеличение микробиологической активности и количество доступного фосфора в корнеобитаемом слое почвы [14].

В последние годы вредоносность болезней возрастает, а эффективность препаратов снижается. Усилению вредоносности парши способствуют погодные стрессы: обильное выпадение осадков в период вегетации, длительные периоды низких температур [15]. При построении защитных мероприятий необходимо выявлять наиболее опасные вредные объекты, а также осуществлять подбор препаратов, обладающих высокой эффективностью и низкими нормами расхода [16].

Тем не менее, вопрос о снижении нагрузки на окружающую среду как пестицидами так и минеральными удобрениями в сельском хозяйстве стоит достаточно остро. Поэтому одним из весьма важных направлений в

ближайшие годы является внедрение биологизированных или экологизированных технологий.

Материалы и методы исследований

Исследования были выполнены в 2013-2015 гг. в экспериментальном саду ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина, 2007 г. п., сорт Жигулевское/62-396. Схема посадки 4,5×1,0 м. Повторность опыта трехкратная, количество деревьев в делянке 5. Методика исследований по развитию парши и биологической эффективности препаратов общепринятая [17]. Учет количества цветков на деревьях проводили визуально, среднюю массу плода определяли путем взвешивания из 100 плодов. Учет урожайности осуществляли при съеме. Листья на анализ отбирали в середине августа, образцы плодов – при съеме. Содержание азота определяли методом Кьельдаля (АКВ-20), фосфора на КФК 3-01, калия и кальция на ФПА 2-01. Статистическую обработку результатов осуществляли по методу, изложенному Б. А. Доспеховым [18].

Схема опытов:

1. Контроль 1 без обработок;
2. Контроль 2 – хозяйственная система защиты + система минеральных некорневых подкормок;
3. Экологизированная система защиты;
4. Экологизированная система защиты + экологизированная система пофазных некорневых подкормок;
5. Экологизированная система защиты + экологизированная система пофазных некорневых подкормок + внесение азотовита и фосфатовита в почву
6. ЭСЗ +ЭНП + БУ + минеральные удобрения (МУ) $N_{30}P_{30}K_{50}$

Применяемые средства защиты растений и удобрений:

Хозяйственная схема защиты (ХСЗ): Полирам 2.5 + Карате зеон; Терсел + Делан; Терсел + Би-58 новый; Делан + Калипсо; Терсел + Би-58 новый; Полирам + Матч; **Экологизированная система защиты (ЭСЗ):** Бактофит; Делан; Строби; Скор; Ризоплан; Делан; Бактофит. **Система минеральных некорневых подкормок (МНП):** Мастер 18.18.18 + Мегафол; Мастер 18.18.18 + Бороплюс; Мастер 18.18.18 + Бороплюс + Кальбит С; (Мастер 18.18.18 + Кальбит) С х 6; **Экологизированная система некорневых подкормок (ЭНП):** алга 600; сиамино + проборон + рутмост, сиамино + проборон + амика; сиамино + амика; алга 600 + амика, (сиамино + рутмост + амика) х 4; **Бактериальные удобрения (БУ):** азотовит, фосфатовит; **Минеральные удобрения (МУ):** аммиачная селитра, монофосфат калия, сульфат калия

Результаты и обсуждение

Применение экологизированной системы защиты снизило развитие парши на листьях яблони на 19,7 %, а на плодах на 8,1 % по сравнению с Контролем 1 (табл. 1). Включение в баковые смеси для обработок агрохимикатов, приготовленных на основе экстрактов из морских водорослей (экологизированная система подкормок) снизило распространение парши. Применение экологизированной системы защиты совместно с некорневыми подкормками и внесением биологических удобрений в почву способствовало снижению развития парши на листьях на 20,0 %, а на плодах на 8,5 % по сравнению с Контролем 1.

Таблица 1. Эффективность против парши

Вариант	Распространение (Р), %		Развитие (R), %		Биологическая эффективность, %	
	листья	плоды	листья	плоды	листья	плоды
контроль 1	47,0	28,4	22,1	9,4	-	-
контроль 2	18,2	5,0	1,3	0,4	94,1	95,7
ЭСЗ	27,4	18,8	2,4	1,3	89,1	86,2

ЭСЗ + ЭНП	22,1	11,8	5,6	2,4	74,7	74,5
ЭСЗ + ЭНП + БУ	17,4	10,1	4,5	2,1	79,6	77,6
ЭСЗ + ЭНП + БУ + МУ	1,4	7,8	2,1	0,9	90,5	90,4

ЭСЗ – экологизированная система защиты; ЭНП экологизированная система пофазных некорневых подкормок, БУ – бактериальные удобрений, МУ – минеральные удобрения

Внесение относительно низких норм минеральных удобрений еще более усилило биологическую эффективность экологической системы защиты. Тем не менее, следует отметить, что применение традиционной системы защиты только с использованием пофазной системы листовых подкормок показало максимальный результат по подавлению парши, как на листьях, так и плодах. Т.е. для увеличения биологической эффективности экологизированных систем защиты следует подбирать более эффективные препараты.

Содержание легкогидролизуемого азота в почве в вариантах опыта без внесения удобрений в почву было относительно низким (табл.2). На таком же уровне была и обеспеченность растений фосфором. Содержание обменного калия было практически на уровне оптимальных значений, даже и без внесения в почву. Содержание кальция почве также было на довольно высоком уровне, но при этом следует учитывать то обстоятельство, что его доступность для растений зависит от многих факторов. В частности, она может сильно снижаться в высоком уровне калия в почве [19]. В то же время увеличение обеспеченности растений калием в период налива и созревания плодов может способствовать значительному увеличению урожайности [20]. Однако, для последующего хранения чрезвычайно важно обеспечить плоды кальцием [21].

Таблица 2. Содержание основных элементов питания в почве опытных делянок

Вариант	Легкогидролизуемый азот, мг/кг почвы	Доступный фосфор, мг/кг почвы	Обменный калий, мг/кг почвы	Обменный кальций Ммоль/100 почвы
	114,5	122,8	133,1	19,2
контроль 1	110,7	129,5	136,4	18,6

контроль 2	107,4	131,9	135,8	19,7
ЭСЗ	99,2	126,6	140,8	18,7
ЭСЗ + ЭНП	156,1	144,5	142,7	19,5
ЭСЗ + ЭНП + БУ	175,3	172,7	182,2	18,8
ЭСЗ + ЭНП + БУ + МУ	175,3	172,7	182,2	18,8
оптимальный уровень содержания элементов питания в черноземной почве	151-200 [22]	151-200 [23]	121-180 [23]	-

Применение экологизированной системы некорневых подкормок оптимизировало содержание азота в листьях и в плодах, но максимальный результат мы наблюдали при внесении бактериальных и минеральных удобрений в почву (табл. 3). Содержание фосфора в листьях растений соответствовало оптимальному уровню во всех вариантах опыта, в том числе в Контроле 1 и при обработках по экологической системе защиты, где не использовали никаких удобрений. Содержание фосфора в плодах также было на уровне оптимальных значений, за исключением вариантов с применением экологизированной системы защиты, как однофакторно, так и в сочетании с экологизированной системой некорневых подкормок.

Уровень содержания калия в листьях яблони (несмотря на относительно высокую обеспеченность почвы) в значительной степени определялся применением удобрений как по листу, так и в почву. Наиболее высокое содержание калия в листьях было отмечено в Контроле 2 и при внесении сульфата калия в почву. Тем не менее, содержание калия в плодах соответствовало уровню оптимальных значений во всех вариантах опыта. Мы считаем, что это произошло вследствие оттока калия из листьев в плоды в период их налива и созревания, поскольку он является весьма подвижным элементом в растении и в то же время его содержание в плодах сопоставимо с концентрацией в листьях [24].

Таблица 3. Содержание основных элементов питания в листьях и плодах, % с.в.

Варианты	Листья				Плоды			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
контроль 1	1,53	0,35	1,12	1,42	0,26	0,068	0,75	0,031
контроль 2	1,88	0,43	1,46	1,87	0,34	0,085	0,79	0,058
ЭСЗ	1,54	0,39	1,21	1,43	0,27	0,062	0,72	0,034
ЭСЗ + ЭНП	1,85	0,41	1,44	1,78	0,33	0,055	0,74	0,049
ЭСЗ + ЭНП + БУ	1,89	0,41	1,31	1,72	0,29	0,062	0,64	0,043
ЭСЗ + ЭНП + БУ + МУ	2,12	0,47	1,55	1,81	0,37	0,069	0,77	0,041
НСР ₀₅	0,21	0,05	0,11	0,1	0,04	0,009	0,09	0,005
Оптимальное содержание элементов питания [23]	1,8-2,5	0,3-0,5	1,3-1,5	1,4-2,0	0,3-0,4	0,07-0,10	0,6-0,8	0,04-0,06

ЭСЗ – экологизированная система защиты; ЭНП экологизированная система пофазных некорневых подкормок, БУ – бактериальные удобрений, МУ – минеральные удобрения

Применение экологизированной системы некорневых подкормок также значительно повышало содержание кальция в плодах (хотя и не так сильно, как система минеральных подкормок), что очень важно для улучшения лежкоспособности плодов. Следует отметить, что факт, увеличения содержания кальция в листьях и плодах яблони в варианте с внесением сульфата калия в почву было не столь значительным. Возможно, что увеличение содержания калия в почве, снизило доступность почвенного кальция, что подчеркивает значимость многократных листовых подкормок кальцийсодержащими препаратами для оптимизации содержания кальция в плодах.

Наиболее высокая завязываемость плодов от свободного опыления была в Контроле 2 с использованием пофазной системы листового питания на основе минеральных удобрений (табл. 4). Применение экологизированной системы некорневых подкормок также способствовало существенному увеличению завязываемости по сравнению с Контролем 1,

Таблица 4. Формирование компонентов урожайности в среднем за три года

Варианты	Завязываемость плодов от свободного опыления, %	Средняя масса плода, г	Урожайность, т/га
контроль 1	7,3	171,4	19,5
контроль 2	9,2	176,1	23,7
ЭСЗ	7,2	179,9	19,4
ЭСЗ + ЭНП	8,3	175,3	21,5
ЭСЗ+ ЭНП + БУ	8,8	181,9	23,4
ЭСЗ + ЭНП + БУ + МУ	8,8	189,0	24,9
НСР ₀₅	0,8	7,4	1,4

ЭСЗ – экологизированная система защиты; ЭНП экологизированная система пофазных некорневых подкормок, БУ – бактериальные удобрения, МУ – минеральные удобрения

Улучшение почвенного питания как только за счет внесения бактериальных удобрений, так и при совместном внесении бактериальных и минеральных удобрений увеличивало эффективность использования экологизированной системы некорневого питания. Внесение удобрений в почву способствовало существенному увеличению средней массы плода, особенно при совместном внесении бактериальных и минеральных удобрений. Применение экологизированной системы листового питания обеспечивало существенное увеличение урожайности по сравнению с Контролем 1, но было оно ниже, чем при использовании по листу минеральных удобрений. Внесение бактериальных удобрений в почву стимулировало значительное увеличение урожайности до уровня Контроля 2, но при совместном использовании с минеральными урожайность значительно повышалась по сравнению с внесением одних бактериальных удобрений,

Выводы

1. Использование экологизированной системы защиты от парши в баковой смеси БУ и МУ позволило снизить развитие парши и повысить биологическую эффективность.
2. Применение экологизированной системы некорневых подкормок оптимизировало содержание азота в листьях и кальция в плодах яблони.

3. Внесение калийных удобрений в почву обеспечивало увеличение урожайности, но на этом фоне возросла потребность в листовом кальции.
4. Применение бактериальных удобрений позволяет минимизировать норм минеральных удобрений для обеспечения оптимального содержания элементов питания, но не заменяет полностью.
5. Максимальная урожайность была отмечена в варианте с совместным внесением в почву бактериальных и минеральных удобрений в основном за счет увеличения средней массы плода, Применение экологизированной системы некорневых подкормок не оказало столь значительного влияния на хозяйственную продуктивность насаждений, как обработки минеральными агрохимикатами,

Список литературы

1. Jha G., Thakur K., Thakur P. The Ventura Apple Pathosystem: Pathogenicity Mechanism and Defense Responses, *J. Biomed. Biotechnol.* 2010; (2009), 680160, <https://doi.org/10.1155/2009/680160>.
2. Bowen J. K., Mesarich C. H., Bus V. G., Beresford R. M., Plummer K. M., Templeton M.D. *Venturia inaequalis*: the causal agent of apple scab, *Mol. Plant Pathol.* 2011, 12(2), 105 -122, <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00656.x>.
3. Ikeda K., Inoue K., Kitagawa H., Meguro H., Shimo S., Park P. The Role of the Extracellular Matrix (ECM) in Phytopathogenic Fungi: A Potential Target for Disease Control in *Plant Pathology*, Intechopen, (2012), 131 – 150, <https://doi.org/10.5772/30801>.
4. Минкевич И. И., Дорофеева Т. Б., Ковязин В. Ф. Фитопатология: болезни древесных и кустарниковых пород. Спб, М.: Изд-во Лань, 2011, 158 с.
5. Golebiowski M., Maliński E., Szankin M., Marszeniuk M., Paszkiewicz M., Stepnowski P. Determination of catechin and epicatechin in the peel of apple

- varieties resistant and non-resistant to apple scab, Chem. Papers. 2010, 64(6), 729-733, <https://doi.org/10.2478/s11696-010-0067-x>.
6. Petkovsek M. M., Slatnar A., Stampar F., Veberic R. Phenolic compounds in apple leaves after infection with apple scab, Biol. Plantarum. 2011, 55(4), 725, <https://doi.org/10.1007/s10535-011-0176-6>.
 7. Malik N. A. A., Kumar I. S., Nadarajah K. Elicitor and Receptor Molecules: Orchestrators of Plant Defense and Immunity, Int. J. Mol. Sc., 2020 21(3), 963, <https://doi.org/10.3390/ijms21030963>.
 8. Andersen E. J., Ali S., Byamukama E., Yen Y., Nepal M.P. Disease Resistance Mechanisms in Plants, Genes (Basel), 2018, 9(7), 339, <https://doi.org/10.3390/genes9070339>.
 9. Gupta N., Debnath S., Sharma S., Sharma P., Pirohit J. Role of Nutrients in Controlling the Plant Diseases in Sustainable Agriculture, in *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore, 2017, 217-262, https://doi.org/10.1007/978-981-10-5343-6_8.
 10. Kuzin A. I., Kashirskaya N. Y., Kochkina A.M., Smagin B.I. Plant Protection and Foliar Fertilizing Technology of Apple (*Malus domestica* Borkh.), International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019, 8(6), 3613-3620, <https://doi.org/10.35940/ijeat.F8843.088619>.
 11. Kurešova G., Menšik L., Haberle J., Svoboda P. Influence of foliar micronutrients fertilization on nutritional status of apple trees, Plant, Soil and Environment. 2019, 65(6), 320-327, <https://doi.org/10.17221/196/2019-PSE>.
 12. Milošević T., Milošević N. J. Apple fruit quality, yield and leaf macronutrients content as affected by fertilizer treatment, Soil Sci. Plant Nutr. 2015, 15(1), 76-83, (2015), <https://doi.org/10.4067/S0718-95162015005000007>.
 13. Кузин А. И., Трунов Ю. В., Соловьев А. В. Оптимизация азотного питания яблони (*Malus domestica* Borkh.) при фертигации и внесении

- бактериальных удобрений. *Сельскохозяйственная биология*. 2018, 53(5), 1013-1024, <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus>.
14. Ali W., Nadeem M., Ashiq W., Zaem M., Gilani S.S.M., Rajabi-Kamseh S., Pham T.H., Kvanagh V., Thomas R., Gheema M. The effects of organic and inorganic phosphorus amendents on the biochemical attributes and active microbial population of agriculture podzols following silage corn cultivation in boreal climate, *Sci. Rep.*, 2019. 9, 17297, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53906-8>.
 15. Насонов А. И., Супрун И. И. Парша яблони: особенности возбудителя и патогенеза, *Микология и фитопатология*. 2015. 49(5), 275-285.
 16. Быстрая Г. В., Бербеков В. Н., Алхасов Э. Б. Основные направления экологизации интенсивной технологии выращивания яблони в садовых агроценозах Кабардино-Балкарии, *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии* 2016.3, 61-67.
 17. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве под ред. В. И. Долженко. Санкт-Петербург: Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2009. 377 с.
 18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
 19. Danner M. A., Scariotto S., Citadin I., Penso G.A., Cassol L.S. Calcium sources applied to soil can replace leaf application in ‘Fuji’ apple tree, *Pesq. Agropec. Trop.*. 2015. 45(3), 265-27, <https://doi:10.1590/1983-40632015v4534457>.
 20. Yoursuf S., Sheikh M.A., Chand S., Anjum A. Effect of different sources of potassium on yield and quality of apple (cv. Red Delicious) in temperate conditions, *Journal of Applied and Natural Sciences*. 2019, 10(4), 1332-1340, <https://doi.org/10.31018/jans.v10i4.1945>.

21. Conway W. S., Sams C. E., Hickey K. D. Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality, *Acta Hort.*, 2002, 594, 413-419, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.53>.
22. Лукин С. В., Четверикова Н. С., Ероховец М. А. Агроэкологическая оценка содержания азота в сельскохозяйственных растениях и почвах Белгородской области, *Научные ведомости БГУ. Естественные науки*, 2011, 21(116), 95-102.
23. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 235 с.
24. Кузин А. И., Трунов Ю. В. Особенности почвенно-лиственной диагностики калийного питания яблони, *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*, 2016, 1, 16-17.