

УДК 632.934.2:633.853.494«321»:634.11:631.461/.466

В. А. ПОПЛАВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ БИОФУМИГАЦИИ ПОЧВЫ ЯРОВЫМ РАПСОМ НА КАЧЕСТВО САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ И РАЗВИТИЕ МИКРОФЛОРЫ ПОЧВЫ

Институт плодоводства НАН Беларуси

В условиях современного сельского хозяйства экономически более выгодным является специализированное производство посадочного материала. При этом возникают проблемы, связанные с повторной посадкой, т. е. возникает почвоутомление, которое проявляется в заметной депрессии роста растений (даже до 90%) по сравнению с нормальной почвой. Происходит угнетение роста корневой системы, корневые волоски уменьшаются в размере и количестве, формируются все более короткие корешки светлой окраски. Все это приводит к уменьшению массы корневой системы, а следовательно, и надземной части растения. Листья постепенно мельчают (но окраска их при этом не отличается от здоровых растений), междоузлия сокращаются, нарушается апикальное доминирование, следствием чего является появление побегов в нижней части ствола [1–3].

Почвоутомление проявляется в неблагоприятном изменении свойств, процессов и режимов, протекающих в агрофитоценозе, в уменьшении разнообразия в почве биологических видов. Это явление может иметь самые различные причины, разную степень выраженности, разную стойкость (т. е. длительность периода, необходимого для «отдыха» почвы). Основными причинами почвоутомления в настоящее время считаются: накопление токсинов в почве, а также развитие в ризосфере патогенной микрофлоры и вредителей [4–6].

Основным способом преодоления почвоутомления в мире является фумигация почвы [7–9]. Главными недостатками обработки почвы фумигантами (базамид, хлорпикрин, 1,3-D, метил натрия и др.) являются: загрязнение окружающей среды и высокая стоимость.

Помимо внесения препаратов, направленных прежде всего на подавление патогенной микрофлоры, существует другой способ, обладающий сходным эффектом – *биофумигация*, основанная на заделке в почву измельченных растительных остатков растений *Brassica spp.* для подавления патогенных организмов.

В природе крестоцветные не образуют зарослей и не являются доминантами растительных сообществ, а являются как бы примесью, спутниками основных строителей фитоценозов. Они также занимают такую экологическую нишу, как нарушенные тем или иным способом участки постоянной растительности [10].

Крестоцветные содержат ряд физиологически активных веществ, среди которых наибольший интерес представляют гликозинолаты (*glucosinolates*), которые в значительных количествах содержатся в растениях. Как минимум 120 гликозинолатов было идентифицировано. Гликозинолаты синтезируются в цитоплазме и накапливаются в вакуолях. При разрушении клетки они ферментативно гидролизуются мирозиназой (*myrosinase*) в аглюкон D-глюкозу (*aglucone D-glucose*), которая, в свою очередь, трансформируется в различные соединения: изотиоцианаты (*isothiocyanates*, ИТС), нитрилы (*nitriles*) и тиоцианаты (*thiocyanates*), являющиеся активными ингибиторами бактерий, грибов, нематод, насекомых и прорастающих семян. Наибольшими биоцидными свойствами обладают изотиоцианаты (летучие соединения) и прежде всего метилизотиоцианаты и пропенилизотиоцианаты [11, 12].

Микромицеты обладают различной чувствительностью к изотиоцианатам. Наиболее чувствительным является *Gaeumannomyces spp.*, а менее чувствительным – *Pythium spp.*, промежуточное положение занимают *Rizoctonia spp.* и *Fusarium spp.* [11]. Среди нематод, по данным J. M. Halbrend и G. Jing [13], высокой чувствительностью обладает *Xiphinema americanum*.

По данным М. Mazzola [14], гликозинолаты стимулируют развитие на поверхности корней яблони *Streptomyces spp.*, за счет которых происходит снижение инфицирования грибами *Rhizoctonia spp.*

Даже простое использование крестоцветных на зеленое удобрение способствует инаktivации токсинов яблони вследствие поступления в почву большого количества органического вещества, изменения группового состава микрофлоры и усиления микробиологических процессов [1].

Отмечается также [9], что две ротации крестоцветных культур за один вегетационный период способствуют более сильному снижению численности патогенных видов нематод.

Таким образом, крестоцветные являются удобной сидеральной культурой, способной в какой-то степени нейтрализовать некоторые из причин почвоутомления.

В связи с открывшимися перспективами в 90-х годах XX века начался отбор видов и сортов крестоцветных, пригодных для биофумигации и разработаны научные программы по селекции на повышенное содержание гликозинолатов [11, 15].

Согласно данным МВТОС за 1998 г., в США, Бразилии, Израиле и Мексике в плодовых питомниках ограничено используется биофумигация почвы [16].

Материалы и методы исследований. Наши исследования проводились в 2000–2003 гг. на опытном поле питомника Института плодоводства НАН Беларуси. Опыт был заложен в 2000 г. на участке, где две ротации подряд (1996–1999 гг.) выращивались саженцы яблони. Участок был поделен на две части: на одной в течение года поддерживался чистый пар (контроль), а на второй – занятой пар (выращивался яровой рапс, который в I декаде августа был запахан). Повторность опыта 4-кратная. Учетных растений на делянке – 30 шт. подвоев яблони (ММ106), в дальнейшем заокучированных сортом Алеся. Схема посадки 70×25 см.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины 1,7–2,0 м моренным суглинком. Мощность пахотного горизонта – 27 см.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта: содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 201 мг/кг почвы, содержание обменного калия (по Кирсанову) 258 мг/кг почвы, содержание гумуса (по Тюрину) 2,7%, обменная кислотность pH_{KCl} 5,1.

Учеты и наблюдения проводили по «Методике изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР» [17]. Саженцы были отсортированы согласно СТБ 1602–2006 [18]. Полученные данные были обработаны методом дисперсионного анализа [19].

Численность микроорганизмов восьми эколого-трофических групп определяли методом посева на твердые питательные среды [20]. Аммонифицирующие микроорганизмы учитывали на мясопептонном агаре (МПА), споровые бактерии – на мясо-сусло агаре (МСА), микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофильные – на среде ЭШБИ, общую численность олиготрофов – на водном агаре (ВА), нитрифицирующие – на голодном агаре с аммонийными солями (ГА), целлюлозоразрушающие микроорганизмы – на среде Виноградского, микромицеты – на среде Чапека. Почвенные образцы для посева получали тщательным смешиванием индивидуальных проб, отобранных со всех делянок (схема – по диагонали) каждого изучаемого варианта, в рядах, на глубине залегания корневой системы подвоев (10–20 см), непосредственно возле корней. Численность исследуемых микроорганизмов в первом поле питомника устанавливали трижды: в мае, июне, октябре. Расчет содержания бактерий и грибов вели на 1 г абсолютно сухой почвы с учетом влажности соответствующих почвенных образцов, определенной одновременно с микробиологическим посевом. Повторность – 3-кратная. Статистическая обработка данных – общепринятая для биологических исследований [21].

Результаты и их обсуждение. Согласно полученным данным (табл. 1), прирост диаметра подвоев за вегетационный период составил 2,0 мм по пару и 2,5 мм по рапсу. Обработка данных дисперсионным анализом существенной разницы по вариантам опыта не выявила.

На следующий год высота саженцев в среднем составила 70,1 см, по пару и 66,2 см по рапсу, а толщина саженцев – 7,6 и 7,3 мм соответственно, что свидетельствует о слабом росте растений (табл. 2). Это отразилось на выходе стандартных саженцев – 4% в варианте с паром и 1% в варианте с рапсом. Статистически достоверной разницы по вариантам опыта выявлено не было.

Т а б л и ц а 1. Влияние предшественника на рост растений подвоя яблони ММ106, 2001 г.

Вариант	Средний диаметр подвоя, мм		Прирост диаметра подвоев, мм
	в начале вегетации	в конце вегетации	
Пар	7,2	9,2	2,0
Рапс	7,3	9,6	2,5
Критерий Фишера			$F_{\phi} < F_T$

Т а б л и ц а 2. Влияние предшественника на биометрические показатели однолетних саженцев яблони (ММ106/Алеся), 2002 г.

Вариант	Высота саженцев, см		Диаметр саженцев, мм		Выход стандартных саженцев, %
	от места окулировки	по сравнению с контролем	на высоте 10 см от окулировки	по сравнению с контролем	
Пар	70,1	—	7,6	—	4
Рапс	66,2	3,9	7,3	0,3	1
Критерий Фишера		$F_{\phi} < F_T$		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

Статистически существенной разницы по биометрическим показателям двухлетних саженцев также не было выявлено (табл. 3), но количество стандартных саженцев по сравнению с однолетками увеличилось до 19% по пару и 13% по рапсу.

Т а б л и ц а 3. Влияние предшественника на биометрические показатели двухлетних саженцев яблони (ММ106/Алеся), 2003 г.

Вариант	Высота саженцев, см	Диаметр штамба, мм	Количество боковых побегов, шт.	Выход стандартных саженцев, %
Пар	107,8	10,7	2,4	19
Рапс	110,4	10,9	2,1	13
Критерий Фишера	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

Важно было выяснить влияние биофумигации яровым рапсом на микрофлору почвы, так как микроорганизмы, участвуя в процессах трансформации поступающих в почву веществ, в том числе и минерализации поступающих в почву растительных остатков, во многом определяют уровень эффективности агроприемов. Обладая высокой чувствительностью на измененные условия среды обитания (почвы), вызванные антропогенным влиянием, и оказывая влияние на почвенное плодородие и непосредственно на растения, микроорганизмы являются именно тем объектом измерения, который характеризует почвенные условия влияющие на рост плодовых культур [5].

Для понимания функционирования комплекса почвенных микроорганизмов мы все исследования проводили в динамике, так как показатели биологической активности почв настолько динамичны, что их одноразовое определение только вводит в заблуждение.

Как показали результаты наших исследований (табл. 4), весной общее содержание микроорганизмов в 2,55 раза было выше в варианте с рапсом, чем по пару. Поступление растительных остатков способствовало интенсивному развитию практически всех групп микроорганизмов (за исключением бацилл). В варианте с рапсом их численность была выше в 1,42–5,94 раза (в зависимости от группы).

Летом численность комплекса микроорганизмов в варианте с рапсом снизилась почти в 2 раза, но все еще превышала таковую по пару в 1,52 раза. В этот период в почве питомника примерно в 5 раз снизилась численность микромицетов и олигонитрофилов и почти наполовину целлюлозоразрушающих микроорганизмов. В варианте по пару более чем в 2 раза увеличилось количество олиготрофов и микроорганизмов, усваивающих минеральный азот.

Осенью в почве увеличилось общее количество микроорганизмов до 63,2 млн КОЕ/г абс. сух. почвы в варианте с паром и 55,5 млн КОЕ/г абс. сух. почвы в варианте с рапсом. В почве по рапсу

Таблица 4. Влияние предшественника на микробиологические показатели почвы в первом поле питомника яблони, 2001 г.

Физиологическая группа	Срок отбора почвенных образцов	Численность микроорганизмов						
			пар		рапс		рапс/пар коэффициент	
			КОЕ / г абс. сух. почвы	%	КОЕ / г абс. сух. почвы	%		
Аммонифицирующие	май	млн	7,4±0,02	100	14,9±0,03	100	2,01	
	июнь		6,2±0,02	84	6,0±0,02	40	0,97	
	октябрь		4,2±0,04	57	15,5±0,008	104	3,69	
Спорообразующие	май		1,65±0,01	100	0,60±0,002	100	0,36	
	июнь		0,24±0,001	14	0,46±0,002	77	1,92	
	октябрь		0,28±0,0003	17	0,60±0,0002	100	2,14	
Усваивающие минеральный азот	май		3,3±0,01	100	19,6±0,03	100	5,94	
	июнь		9,0±0,02	273	20,8±0,03	106	2,31	
	октябрь		2,1±0,03	64	5,2±0,01	26	2,48	
Олигонитрофилы	май	13,0±0,03	100	31,4±0,04	100	2,41		
	июнь	3,1±0,04	24	3,8±0,04	12	1,23		
	октябрь	18,0±0,01	139	22,5±0,01	72	1,25		
Олиготрофы	май	2,7±0,01	100	5,1±0,02	100	1,89		
	июнь	5,9±0,02	219	6,1±0,02	119	1,03		
	октябрь	38,5±0,04	652	11,5±0,07	225	0,30		
Нитрифицирующие	май	6,4±0,002	100	13,6±0,003	100	2,12		
	июнь	8,3±0,003	130	6,0±0,002	44	0,72		
	октябрь	5,0±0,03	78	5,0±0,002	37	1,00		
Целлюлозоразрушающие	май	тыс.	33,0±0,1	100	46,9±0,2	100	1,42	
	июнь		19,0±0,9	58	24,2±1,0	52	1,27	
	октябрь		62,5±0,1	189	153,8±0,3	328	2,46	
Микромицеты	май		23,7±0,002	100	42,8±0,002	100	1,81	
	июнь		6,4±0,003	27	9,6±0,003	22	1,50	
	октябрь		22,4±0,005	94	14,0±0,004	33	0,62	
Общая биогенность	май		млн	28,1	100	71,7	100	2,55
	июнь			24,5	87	37,2	52	1,52
	октябрь			63,2	260	55,5	77	0,88

по сравнению с паром численность микромицетов была ниже примерно в 2 раза, олиготрофов – более чем в 3 раза, а нитрификаторов одинаковым. Растительные остатки рапса все еще поддерживали более интенсивное по сравнению с паром развитие остальных изучаемых физиологических групп микроорганизмов.

Выводы

Биофумигация почвы не эффективна в нейтрализации факторов, вызывающих почвоутомление на данной разновидности почв. В почву, на которой выращивался рапс, поступление большого количества растительных остатков способствовало интенсивному развитию микроорганизмов вначале вегетации, но в дальнейшем наблюдалось снижение их численности. По паре наблюдалась обратная картина. В обоих вариантах летом наблюдалось затухание в развитии почвенной микрофлоры.

Литература

1. Аллелопатия в плодовых садах / П. А. Мороз и др.; отв. ред. А. М. Гродзинский. Киев, 1990.
2. Noestra H. Replant diseases of apple in the Netherlands. Wageningen: H. Veenman & Zonen N. V. 1968.
3. Stevens R. G. An overview of replant problems // Proceedings Washington State Horticultural Association. 1985. N 81. P. 132–142.
4. Аллелопатическое почвоутомление / А. М. Гродзинский, Г. П. Богдан, Э. А. Головки и др. Киев, 1979.
5. Павленко В. Ф., Андриенко М. В. Микроорганизмы почв яблоневых насаждений. Киев, 1995.
6. Савич В. И., Амергужин Х. А., Соловьева А. В. и др. // Агрехимия. 1999. № 1. С. 5–11.

7. Ramsay C., Haglund B., Santo G. Soil fumigation. Washington, 1992.
8. McElroy F. D. A newly registered sterilizant shows strength in field tests // American nurseryman. 1985. Vol. 162. N 10. P. 75–79.
9. Traquair J. A. Etiology and control of orchard replant problems: a review // Canadian Journal of Plant Pathology. 1984. Vol. 6. N 1. P. 54–62.
10. Гродзинский А. М. Санитарная роль крестоцветных культур в севообороте // Аллелопатия и продуктивность растений: Сб. науч. тр. / АН УССР. Центр. респ. бот. сад. Киев, 1990. С. 3–14.
11. Lazzeri L., Manici L. M. The glucosinolate-myrosinase system: a natural and practical tool for biofumigation // Acta Horticulturae no. 532 / Proceedings of the International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfection (Grugliasco, Italy). Editors: M. L. Gullino, J. Katan, A. Matta. International Society for Horticultural Science (ISHS).— Wageningen (Netherlands): ISHS. 2000. P. 41–43.
12. Sarwar M., Kirkegaard J. A., Wong P. T. W., Desmarchelier J. M. Biofumigation potential of brassicans. 3. In vitro toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens // Plant and Soil. 1998. Vol. 201. N 1. P. 103–112.
13. Halbrendt J. M., Jing G. Nematode suppressive rotation crops for orchard renovation // Acta Horticulturae no. 363 / Proceedings of the Third International Symposium on Replant Problems (Penticton, Canada). Editor Utkhede R. International Society for Horticultural Science (ISHS). Wageningen (Netherlands): ISHS. 1994. P. 19–21.
14. Mazzola M. Progress towards development of biologically-based strategies for the management of apple replant disease // International conference on Biological and Proecological methods for control of diseases in orchards and small fruit plantations. Skierniewice, Poland. 29–31 Aug 2005. Editor A. Bielenin. Research Institute of Pomology and Floriculture. 2005. P. 11–12.
15. Halbrendt J. M. Renovation of replant sites with cover crops // The Maryland grapevine. 1995. Vol. 15. N 3. P. 14–15.
16. Sourcebook of technologies for protecting the ozone layer: alternatives to methyl bromide. UNEP, 2001.
17. Методика изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР / Ред. И. Коченова. Елгава, 1980.
18. СТБ 1602–2006. Саженцы семечковых, косточковых культур и ореха грецкого. Введ. 31.01.06. Минск, 2006.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М., 1985.
20. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Т. Г. Мирчинк. М., 1980.
21. Лакин Г. Ф. Биометрия. 3-е изд., доп. и перераб. М., 1980.

V. A. PAPLAUSKI

THE INFLUENCE OF SOIL BIOFUMIGATION WITH SPRING RAPE ON APPLE SAPLINGS QUALITY AND SOIL MICROFLORA PROPAGATION

Summary

The article deals with the data of possible use of soil biofumigation with spring rape in a fruit nursery to prevent replant problems. The data of influence of biofumigation on eight ecotrophic groups such as ammonifiers, sporiferous, prototrophic microorganisms, that use mineral nitrogen compounds, oligonitrophilous, oligotrophs, nitrifiers, cellulose decomposing microorganisms and micromycetes are also presented. Fallow land is used for comparison. During the experiment a slight growth of plants was observed and a very few standard one and two year saplings were received. Statistically, there is no difference between one year and two year saplings in the variations of the experiment. In spring the total content of microorganisms in variation was 2.5 times higher, but during the vegetation period the difference became less and fell to the point of 1.5 and 0.9 in autumn. During the vegetation period the number of prototrophic microorganisms that use mineral nitrogen compounds, oligonitrophilous and cellulose decomposing microorganisms was higher in biofumigation soil.