

Влияние сидератов и минеральных удобрений на микробиологическую активность почвы в саду

С.В. Обущенко, д.с.-х.н., ФГБУ «САС «Самарская»;
В.Б. Троц, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Самарская ГСХА

Важной отраслью агропромышленного сектора экономики России является садоводство. По медицинским нормам для полноценного питания человеку в год требуется не менее 100 кг плодов и ягод. Они содержат много биологически активных веществ, благотворно действующих на организм человека. Продукты садоводства являются источниками незаменимых витаминов А, В₁, В₂, В₆, В₉, Е, К, С, РР, а также органических кислот – лимонной, яблочной, винной, бензойной и др. В фруктах и ягодах много калия, кальция, фосфора и других минеральных элементов, играющих важную роль в обмене веществ. Кроме того, плоды и ягоды являются источником энергии. Энергетическая ценность 1 кг плодов варьирует от 440 до 627 ккал, а ягод – от 310 до 480 ккал [1].

Ягоды и фрукты широко используются как сырьё в пищевой, перерабатывающей и кондитерской промышленности. Из них готовят разнообразные вина, варенья, компоты, джемы, желе, мармелад, сиропы, сухофрукты и др. продукты, получают натуральные соки, обладающие высокими диетическими и лечебными свойствами [2].

Среднее Поволжье – традиционная садоводческая зона нашей страны, при этом выращиванием

плодов и ягод здесь занимаются как в крупных хозяйствах, так и в приусадебных и коллективных садах. Однако в последние годы объёмы производства фруктов, и в первую очередь яблок, в регионе заметно сократились. Причин этому много. Наряду с экономическими составляющими низкой эффективности садоводства производство фруктов во многом сдерживается снижением плодородия почв, обусловленным недостаточным внесением органических и минеральных удобрений [3, 4].

Цель исследования – изучение влияния сидеральных растений и минеральных удобрений на микробиологическую активность почвы в орошаемом яблоневом саду.

Материал и методы исследования. Эксперименты были начаты в 2005 г. в 16-м квартале ОПХ «Ягодное» Самарского НИИ садоводства и лекарственных культур «Жигулёвские сады», расположенном в Ставропольском районе Самарской области, и охватывали период до 2015 г. Опытный участок площадью 8,4 га располагался на второй надпойменной террасе реки Волги, имел выравненный рельеф и был занят насаждениями яблони сорта Спартак на подвое Китайка розовая. Размещение вариантов систематическое, в два яруса, учётная площадь делянок 480 м², повторность опыта – трёхкратная. Каждая повторность включала 20 идентичных деревьев, размещённых

по схеме 6×4 м. Почва – чернозём среднemosный, выщелоченный, малогумусный, легкосуглинистый с содержанием гумуса от 1,5 до 2,3%, подвижного фосфора – 16,5 мг и обменного калия – 7,5 мг на 100 г почвы. Плотность твёрдой фазы почвы составляла 2,6 г/см³, плотность ненарушенной фазы почвы – 1,52 г/см³, рН водного раствора – 6,7–6,9, максимальная гигроскопичность – 4,1%, наименьшая влагоёмкость почвы (НВ) – 17,5%, влажность завядания – 6–17%.

Схема опыта предусматривала восемь вариантов содержания почвы в саду: I – пар чёрный (контроль); II – вико-овсяная смесь; III – гречиха; IV – естественная растительность (сорняки); V – пар чёрный с внесением удобрений; VI – вико-овсяная смесь + удобрение; VII – гречиха + удобрение; VIII – естественная растительность (сорняки) + удобрение.

Весной перед посевом во всех вариантах опыта поверхностно с последующей заделкой в почву на глубину 8–10 см бороной дисковой садовой тяжёлой – БДСТ-2,5 вносили азотные минеральные удобрения (мочевину) в норме 30 кг д.в./га (N₃₀). В вариантах опыта V–VIII дополнительно в почву вносили фосфорные (двойной суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения в норме по 60 кг д.в./га (P₆₀K₆₀). Влажность почвы во всех вариантах опыта поддерживалась на уровне 75–85% НВ.

Опыты проводили в соответствии с существующими методическими указаниями [5]. Почвенные образцы для микробиологического анализа отбирали, основываясь на общепринятых методах, с глубины 10–35 см в три срока: май, июль, сентябрь. Численность различных физиологических групп микроорганизмов определяли по методике Е.З. Теппер [6]. На питательной среде крахмало-аммиачного агара (КАА) подсчитывали число бактерий и актиномицетов, использующих минеральные формы азота. На мясо-пептонном агаре (МПА) определяли количество микроорганизмов, потребляющих органический азот. Микроскопические грибы учитывали на подкислённой среде Чапека – Докса, целлюлозоразрушающие бактерии – на среде Тетчинсона, анаэробные азотофиксирующие бактерии (*Clostridium pasteurianum*) – на среде Емцева. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [7].

Результаты исследования. Выявлено, что выращивание сидеральных растений в междурядьях плодового сада способствует существенному повышению микробиологической активности почвы. При этом в пахотном горизонте наблюдается увеличение численности всех изучаемых микроорганизмов. Так, в контрольном варианте (пар чёрный) в течение вегетационного периода в 1 г абсолютно сухой почвы (а.с.п.) отмечалось в среднем 11,4 млн колониеобразующих ед. (КОЕ) актиномицетов и

бактерий, 46,0 тыс. КОЕ – микромицетов, 185,0 тыс. КОЕ – целлюлозоразрушающих бактерий и около 7,6 тыс. КОЕ – анаэробных азотофиксирующих бактерий (табл. 1). В варианте с посевом и последующей заделкой в почву вико-овса численность актиномицетов и бактерий увеличивалась в среднем в 1,6–3,0 раза – соответственно до 19,3–35,2 и 20,0–25,4 млн КОЕ на 1 г/а.с.п. Аналогично возрастала численность микромицетов – в 1,5–2,0 раза и целлюлозоразрушающих бактерий – в 1,7–2,9 раза. Число же и азотофиксирующих бактерий повышалось на несколько порядков – до 225 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п., или почти в 30,0 раза.

Наряду с вико-овсом стимулирующее влияние на почвенную микрофлору оказывали и сидеральные посевы гречихи, однако активизация актиномицетов в этом варианте опыта оказалась ниже, чем в варианте с вико-овсом. Их численность в течение вегетационного периода равнялась в среднем 22,3 млн КОЕ на 1 г/а.с.п., что на 26,1% меньше показателя II варианта опыта. Отмечалось снижение уровня деятельности и других групп микроорганизмов – в среднем на 4,0–18,3%. Очевидно, это вызвано повышенным содержанием в фитомассе гречихи флавоноидов и соединений антрахинона, способных при повышенных концентрациях, особенно в период цветения растений, оказывать депрессивное влияние на живые организмы [8].

Выше контрольных значений оказалось число микроорганизмов и в варианте, где междурядья сада были заняты естественной травянистой растительностью – сорняками. Подсчёт числа актиномицетов и бактерий показал, что их количество было в 1,3–1,6 раза больше, чем в контрольном варианте – соответственно 18,2 и 15,0 млн КОЕ на 1 г/а.с.п. Больше, чем в поле чистого пара, оказалось и микромицетов – в среднем 66,1 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п. В 1,5 раза выше контроля находилось в почве и число целлюлозоразрушающих бактерий – в среднем 274 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п., а количество анаэробных азотофиксирующих бактерий равнялось в среднем 124 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п., что было в 16,3 раза больше, чем в контрольном варианте. Отсюда следует, что при невозможности посева сидеральных культур в междурядьях сада в качестве зелёного удобрения можно использовать и фитомассу естественной травянистой растительности.

По нашему мнению, высокая микробиологическая активность почвы в вариантах с сидеральными растениями и естественной травянистой растительностью обусловлена значительным поступлением в пахотный горизонт органического вещества с надземной и подземной фитомассой растений, а также увеличением концентрации зольных элементов в верхнем слое почвы, поднятых корневыми системами растений из нижних горизонтов почвы. Это повышало объём пищевых ресурсов для различных колоний микроорганизмов. Кроме того, корневые системы растений рыхлили почвенный

1. Влияние сидератов и минеральных удобрений на микрофлору почвы

Вариант	Актиномицеты			Бактерии			Микромицеты			Целлюлозоразрушающие бактерии			<i>Clostridium pasteurianum</i>		
	млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы						тыс. КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы								
	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
Пар чёрный (контроль)	12,3	11,7	10,3	11,6	9,1	10,0	41,6	46,1	50,3	206,0	142,0	198,5	7,7	5,0	10,1
Вико-овёс (N ₃₀)	9,3	35,2	29,9	22,4	25,4	20,0	82,0	77,5	77,3	389,5	411,0	349,5	141,9	388,6	146,8
Гречиха (N ₃₀)	20,0	24,7	22,2	15,9	23,0	18,6	72,7	90,3	68,6	366,0	382,0	430,0	138,2	73,8	47,5
Естественная растительность (N ₃₀)	16,2	19,8	18,3	12,3	19,2	13,5	63,9	67,7	66,7	272,0	249,5	301,5	35,6	43,0	45,4
Пар чёрный (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	19,3	15,0	18,2	17,2	12,9	14,2	58,1	64,4	71,8	311,0	236,5	285,0	26,9	35,8	71,6
Вико-овёс (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	32,3	44,1	35,8	29,3	35,3	28,0	106,4	130,2	80,1	609,0	397,5	470,0	278,9	395,9	400,4
Гречиха (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	29,7	27,9	27,3	24,7	28,7	17,5	101,7	82,6	80,5	536,5	470,0	428,0	437,0	291,8	189,9
Естественная растительность (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	21,8	25,4	27,7	17,2	22,0	19,9	65,9	85,7	87,7	385,5	340,4	388,0	136,6	336,4	108,2
НСР ₀₅	1,24	1,49	2,56	2,11	2,78	3,45	4,20	6,89	6,10	15,70	16,60	18,60	12,20	13,40	10,90

горизонт и тем самым улучшали воздушный и водный режимы гумусового горизонта, оптимизируя жизнедеятельность почвенной биоты.

Исследованием выявлено, что дополнительное внесение фосфорных и калийных удобрений в паровом поле и под сидеральные растения значительно активизирует деятельность почвенных микроорганизмов. Так, даже в удобренной почве чистого пара число колоний актиномицетов, бактерий микромицетов и целлюлозоразрушающих бактерий повышалось по сравнению с контрольным вариантом в среднем в 1,3–1,5 раза, а анаэробных азотфиксирующих бактерий – в 5,8 раза. Микробиологические анализы почвенных образцов под посевами вико-овса показали, что внесение полного удобрения (N₃₀P₆₀K₆₀) увеличивает число актиномицетов, бактерий, микромицетов и целлюлозоразрушающих бактерий в почве в среднем на 28,4–36,5% по сравнению с частично удобренным (N₃₀) вариантом, а анаэробных азотфиксирующих бактерий – в 1,6 раза. Это было практически в 2,2–2,8 раза, а по анаэробным азотфиксирующим бактериям – в 47,1 раза больше значений неудобренного чистого пара (контрольный вариант).

Похожие результаты получены и в варианте с сидеральными посевами гречихи. Внесение полного минерального удобрения повышало микробиологическую активность почвы по сравнению с III вариантом опыта в среднем на 14,4–26,9%, а по деятельности анаэробных азотфиксирующих бактерий – в 3,6 раза. Полученные средние значения численности колоний актиномицетов – 28,3 млн КОЕ на 1 г/а.с.п., бактерий – 23,6 млн КОЕ на 1 г/а.с.п., микромицетов – 88,2 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п. и целлюлозоразрушающих бактерий – 478,4 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п. – в 1,9–2,5 раза, а анаэробных азотфиксирующих бактерий – 306,5 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п. – в 39,5 раза превышали показатели контрольного варианта.

Положительное влияние полного минерального удобрения на деятельность почвенной микрофлоры чётко прослеживалось и в варианте с сидеральным использованием естественной травянистой растительности. При этом численность микроорганизмов в пахотном горизонте увеличивалась по сравнению с частично удобренным (N₃₀) травостоем (вариант IV) в среднем на 20,2–40,3%, а анаэробных азотфиксирующих бактерий – в 4,7 раза. По отношению к контролю микробиологическая активность почвы повышалась соответственно в 1,7–2,1 и 25,4 раза.

Увеличение биологической активности почвы удобренных вариантов опыта, по нашему мнению, напрямую связано с повышением продуктивности сидеральных травостоев и большим поступлением органической массы в почву, а вместе с ней и доступных углеводных, белковых и жировых соединений, являющихся пищевой цепочкой для простейших организмов экосистемы. Кроме того, дополнительно внесённые в почву минеральные вещества изменяли условия существования почвенных микроорганизмов, которые также нуждаются в минеральных макро- и микроэлементах. Это особенно чётко прослеживается на численности азотфиксирующих бактерий.

Опытами выявлено, что особенности деятельности почвенной микрофлоры в различных вариантах опыта оказывали влияние на плодоношение яблони. Установлено, что при содержании междурядий сада по системе чистого пара средняя продуктивность яблоневого сада будет составлять около 10,4 т/га (табл. 2).

Высев в междурядьях сада сидеральных культур с применением стартовой нормы минерального удобрения (N₃₀) наряду с повышением микробиологической активности почвы увеличивает сбор яблок в среднем на 9,6–20,1%, или на 11,4–12,5 т/га. При этом максимальная продуктивность

2. Урожайность яблони, т/га

Вариант	Годы		Среднее	
	2005–2010	2013–2015	т/га	%, к контролю
Пар чёрный (контроль)	8,5	12,2	10,4	100
Вико-овёс (N ₃₀)	10,0	15,0	12,5	120,1
Гречиха (N ₃₀)	9,8	14,0	11,9	114,4
Естественная растительность (N ₃₀)	9,5	13,2	11,4	109,6
Пар чёрный (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	9,1	12,7	10,9	105,0
Вико-овёс (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	10,5	17,8	14,1	135,5
Гречиха (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	10,2	17,0	13,6	131,5
Естественная растительность (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	9,8	14,6	12,2	118,4
НСР ₀₅	0,97	1,26	0,55	–

деревьев отмечалась на варианте с совместными посевами вики и овса.

Внесение полного минерального удобрения (N₃₀P₆₀K₆₀) даже при содержании междурядий по системе чёрного пара обеспечивало прибавку урожая в среднем на 5,0%. Однако наибольшая отдача от применения фосфорных и калийных удобрений отмечалась при их внесении под сидеральные культуры. Продуктивность сада возрастала до 12,2–14,1 т яблок с 1 га, что на 18,4–35,5% больше контрольного варианта. При этом максимальная урожайность во все периоды исследования отмечалась в вариантах с сидеральными посевами вики и овса – 10,5 т/га и 17,8 т/га.

По результатам исследования можно сделать следующие основные **выводы**:

1. Использование в качестве зелёного удобрения (сидератов) в междурядьях яблоневого сада фитомассы вики с овсом, гречихи и естественной травянистой растительности позволяет по сравнению с системой чёрного пара увеличить микробиологическую активность почвы в 1,5–3,0 раза, а деятельность анаэробных азотофиксирующих бактерий – в 16–30 раз.

2. Внесение полного минерального удобрения (N₃₀P₆₀K₆₀) под сидеральные растения повышает микробиологическую активность почвы по сравнению с частично удобренными посевами (N₃₀) в

среднем на 14,4–40,3%, а анаэробных азотофиксирующих бактерий – в 1,6–4,7 раза.

3. Наибольшее количество актиномицетов и бактерий – в среднем 30,8–37,4 млн КОЕ на 1 г/а.с.п., микромицетов – 105,6 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п., целлюлозоразрушающих бактерий – 492,4 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п. и анаэробных азотфиксирующих бактерий – 358,4 тыс. КОЕ на 1 г/а.с.п. имела почва удобренного варианта (N₃₀P₆₀K₆₀) с сидеральными посевами вики с овсом. Этот же вариант обеспечивал и максимальную продуктивность плодового сада – в среднем 14,1 т яблок с 1 га, что на 135,5% больше контрольного показателя.

Литература

- Амосов Н.А. Алгоритм здоровья. М., 2002. С. 39–52.
- Рыкалин Ф.Н. Оптимизация технологии производства яблок при орошении в Среднем Поволжье: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Кинель, 2011. 38 с.
- Обущенко С.В. Агроэкологическая концепция сохранения и воспроизводства плодородия чернозёмов: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Кинель, 2014. 46 с.
- Троц В.Б. Состояние и пути рационального использования почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий Самарской области // Поволжский агросезон 2014 – АПК Самарской области: задачи и ресурсное обеспечение: матер. V форума. Самара, 2014. С. 25–28.
- Кирюшин Б.Д., Усманов Р.Р., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. М.: КолосС, 2009. 398 с.
- Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Агропромиздат, 1987. 177 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.В. Растениеводство. М.: Колос, 1997. С. 202–209.