

Н.Н. Терещенко, А.Б. Бубина, С.В. Писаренко

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРФО-МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕРМИКОМПОСТСОДЕРЖАЩИХ ГРУНТОВ

Аннотация. Проведен анализ эффективности ряда торфо-минеральных и органических вермикомпостсодержащих грунтов. Наилучшие показатели вегетативного роста рассады томата обеспечили грунт «Гарант» и торфо-органический грунт с 25%-ным добавлением вермикомпоста. Грунт «Чародей», содержащий в своем составе перегной и дерновую землю, также обеспечил достаточно высокие показатели роста томата и всхожести семян; наименее эффективным показал себя грунт «Фарт» из-за резкого угнетения роста и развития растений. Для соблюдения прав потребителя необходим контроль качества грунтов; основными критериями, наряду с химическими и санитарно-эпидемиологическими свойствами, должны быть признаны микробиологические показатели: актуальная и потенциальная активность азотобактера, численность нитрифицирующих и фосфатмобилизующих бактерий.

Ключевые слова: вермикомпост, грунт, микробиологические показатели качества.

Современный потребительский рынок отличается довольно большим разнообразием искусственных органоминеральных грунтов. Однако несмотря на обилие ассортимента товара, предназначенного для выращивания самых разных растений (от фиалок и кактусов до огурцов), даже поверхностный анализ свидетельствует о том, что чаще всего грунты различаются только надписями на товарной упаковке. Основным отличием искусственных грунтов друг от друга, как правило, является плотность сложения вследствие различного содержания верхового торфа, песка и других рыхлящих компонентов. Попытки оптимизировать химический состав грунта путем добавления минеральных удобрений не гарантируют высоких показателей роста и развития растений.

Растение как живой организм, помимо основных биогенных элементов, нуждается в очень широком спектре органических и минеральных соединений, учесть которые в полном объеме при создании искусственных грунтов практически невозможно, особенно если принять во внимание, что на каждом этапе развития его потребности в питании меняются. Проблема заключается также в том, что искусственные грунты лишены одной важной составляющей – комплекса полезной микрофлоры, которая в основном и определяет режим питания растения в почве, его физиологическую активность и степень подверженности различным заболеваниям.

Реальная альтернатива искусственным грунтам – органические грунты, являющиеся продуктами различных биологических технологий и представляющие собой равновесные саморегулирующиеся системы, управляемые сложным консорциумом микроорганизмов. К числу «умных» принадлежат грунты, получаемые, например, в процессе вермикюльтивирования.

На рынке все чаще появляются грунты, представляющие собой (согласно информации на товарной упаковке) различные смеси торфа, перегноя или дерновой земли, часто даже с добавлением какого-либо вида биогумуса. Казалось бы, ситуация изменяется к лучшему: потребитель наконец-то получит возможность приобретать качественную продукцию. Однако работники специализированных цветочных магазинов по-прежнему жалуются на претензии покупателей к низкому качеству грунтов, в том числе и содержащих «продукты жизнедеятельности дождевых червей». В связи с большим количеством нареканий, «заработанных» многими видами данной продукции, нами была поставлена задача провести сравнительный анализ качественных характеристик нескольких разновидностей торфосодержащих органических грунтов, наиболее широко представленных в торговой розничной сети г. Томска.

Объекты и методы исследования

На отобранных видах грунтов в период с апреля по июнь выращивали рассаду томата в условиях вегетационного опыта, в рамках которого исследовали динамику подвижных форм элементов питания растений в грунте и численности наиболее важных физиологических групп микроорганизмов. Одновременно проводили регулярные фенологические наблюдения за состоянием рассады томата сорта «Земляк», отличающегося хорошей всхожестью и средними значениями высоты стебля (70–75 см), что делает его оптимально пригодным для выращивания в условиях климатической камеры в течение 3 месяцев (согласно инструкции на упаковке).

В эксперименте изучали следующие виды грунтов: «Селигер» (Санкт-Петербург) – торфяной грунт с добавлением перегноя; «Чародей» (Новосибирск) – торфяной грунт с добавлением перегноя и дерновой земли; «Гарант» (Томск) – органический торфосодержащий грунт, получаемый в соответствии с модифицированной технологией вермикюльтивирования животноводческих отходов; «Фарт» (Санкт-Петербург) – торфяной грунт с добавлением «продуктов жизнедеятельности дождевых червей»; составной торфосодержащий грунт с 25%-ным (по объему) содержанием вермикомпоста и 75%-ным – низинного торфа (Томск).

Все вышеперечисленные грунты, за исключением последнего, приобретались в розничной торговой сети г. Томска и применялись согласно инструкции на товарной упаковке. Грунт с добавлением вермикомпоста готовили непосредственно в лаборатории микробиологии СибНИИСХиТ СО Россельхозакадемии. Кроме данного грунта, реальный компонентный состав был известен только для производимого непосредственно в Томске грунта «Гарант». В отношении остальных видов авторы полагались на сведения, приведенные на товарной упаковке.

Рассаду томата выращивали в пластмассовых («рассадных») сосудах емкостью 400 мл. В каждый сосуд высевали по 5 семян, а после появления всходов оставляли по 2 наиболее крупных проростка. Длительность опыта – 85 сут. Пять вариантов опыта соответствовали пяти вышеуказанным разновидностям грунта. Каждый вариант опыта включал 20 вегетационных сосудов с каждым

из исследованных грунтов. Рассадку томата выращивали в вегетационной камере в условиях искусственного освещения лампами дневного света при 14-часовом фотопериоде. Температура воздуха на протяжении опыта изменялась в диапазоне +20...+22°C. Через 3 недели с момента появления всходов на стадии третьего настоящего листа растения пикировали, оставив в каждом сосуде по одному наиболее крупному экземпляру.

Полив в первые 15–20 сут осуществляли сверху до полного водонасыщения грунта. Излишки поливной воды стекали в лотки. После полного разрастания корневой системы растений полив проводили преимущественно снизу в лотки. Исключение делали только для грунта «Чародей», который периодически приходилось поливать сверху из-за формирования коркового слоя на поверхности.

Для обеспечения равномерного освещения каждые 7 дней лотки с растениями меняли местами, перемещая их друг за другом в одном направлении. Образцы грунта на микробиологический и агрохимический анализы отбирали каждые 2 недели. Кроме того, каждые 7–10 дней из трех сосудов отбирали растения на биометрический анализ.

Агрохимический анализ включал определение: pH солевой вытяжки ионно-метрическим методом [1]; влажности [2]; общего азота по Кьельдалю с фотометрическим окончанием в модификации ЦИНАО [2]; нитратного азота с фенолдисульфокислотой [3]; аммонийного азота с реактивом Несслера [3]; подвижных форм фосфора с молибденовой синью из вытяжки Кирсанова (0,2 н HCl) [3]; обменного калия методом пламенной фотометрии из вытяжки Кирсанова [3]. Кроме того, на 35–40-е сут от начала опыта проводился анализ грунтов на содержание водорастворимых солей: хлорида ионов – методом Мора [3]; сульфата ионов – гравиметрическим методом (пересчет на триоксид серы) [4].

Микробиологический анализ включал определение: общей численности микроорганизмов – посевом на МПА (мясопептонный агар) [5]; численности микроорганизмов, преимущественно усваивающих минеральный азот, – посевом на КАА (крахмало-аммиачный агар) [5]; численности фосфатмобилизующих микроорганизмов – посевом на среду Муромцева с фитином в качестве единственного источника фосфора [6]; численности и потенциальной активности азотобактера – методом Виноградского на среде Эшби [5].

В ходе биометрических наблюдений анализировали: значение зеленой массы растений; высоту растений; толщину стеблей у основания; площадь листовой пластинки самых крупных листьев; массу и длину корней (в конце опыта); количество и размер бутонов.

Результаты и обсуждение

Согласно результатам вегетационного опыта наилучшие показатели всхожести семян томата были отмечены в вариантах с грунтами «Фарт» (100%), «Селигер» (96%) и смесью торфа с вермикомпостом (91%). Однако учет всходов, не имеющих дефектов (отсутствие листьев или их деформация), показал, что в варианте с «Фартом» количество нормальных всходов составляло 79%,

тогда как в варианте с добавлением вермикомпоста – 82,6%, что соответствовало максимальным показателям по опыту. Минимальные значения всхожести были отмечены для грунтов «Селигер» и «Гарант», возможно, из-за более высокой, чем у остальных грунтов, плотности сложения и механического травмирования всходов. За исключением «Чародея», все исследованные грунты не содержали семян сорной растительности.

Наилучшие показатели вегетативного роста рассады на протяжении 15–20 сут отмечены в варианте с «Чародем» (табл. 1). Однако с 4-й недели наблюдений максимальные значения сухой зеленой массы растений, площади листовой пластинки и ширины стебля у основания зафиксированы у растений в варианте со смесью торфа и вермикомпоста. При этом максимальные показатели длины растения отмечали в варианте с грунтом «Гарант», также полученным в процессе вермикюльтивирования.

Т а б л и ц а 1

Результаты фенологических наблюдений за растениями томата

Вариант	Высота растения, см	Вес зеленой массы, мг	Площадь листовой пластинки, см ²	Ширина стебля у основания, мм	Отношение высоты растения к ширине стебля
Первые 3 недели наблюдений					
«Селигер»	36,5	202,9	41,0	38,3	66,3
«Чародей»	35,2	279,4	46,2	49,9	69,7
«Гарант»	31,6	251,1	46,5	41,8	72,7
«Фарт»	21,8	109,1	19,9	31,3	66,7
Торф + вермикомпост	31,2	268,3	44,2	47,7	62,5
НСР ₀₅ *	1,7	16,9	3,6	2,8	7,1
4–6-я неделя наблюдений					
«Селигер»	65,5	1338,8	64,3	55,2	120,5
«Чародей»	62,5	1409,6	65,8	53,8	123,2
«Гарант»	69,8	1530,5	68,1	53,5	121,9
«Фарт»	29,0	334,5	25,1	35,0	84,7
Торф + вермикомпост	65,3	1685,7	73,8	60,0	112,9
НСР ₀₅ *	4,5	106,4	6,9	10,7	13,2
8–9-я неделя наблюдений					
«Селигер»	83,6	2299,7	**	63,8	131,0
«Чародей»	73,6	2289,5	**	57,5	128,0
«Гарант»	90,6	2615,2	**	57,5	157,6
«Фарт»	26,1	474,9	**	30,0	87,0
Торф + вермикомпост	85,1	2747,1	**	66,6	128,4
НСР ₀₅ *	6,3	175,2		8,1	17,9

* НСР₀₅ здесь и далее – наименьшая существенная разница при 95%-ном уровне значимости.

** Определение не проводили из-за плохого состояния листьев в результате истощения питательных элементов в большинстве исследуемых в опыте грунтов.

На самых первых этапах эксперимента было отмечено отсутствие каких-либо четких зависимостей между показателями вегетативного роста рассады и содержанием подвижного азота в вариантах. Так, например, несмотря на то что по данным химического анализа в начале опыта грунт «Селигер» отличался максимальным количеством минерального азота, в особенности нитратного, показатели вегетативного роста растений в данном варианте на начальных этапах наблюдения были заметно ниже, чем в вариантах с «Чародей», «Гарантом» и смесью торфа с вермикомпостом (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание подвижных форм элементов питания растений
в исследуемых вариантах грунта, мг/кг а.с.в. (абсолютно-сухого вещества)**

Вариант грунта	pH	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅ : (NO ₃ ⁺ NH ₄)	K ₂ O: (NO ₃ ⁺ NH ₄)
Исходное содержание							
«Селигер»	5,55	792,2	295,5	1776,4	2104,5	1,6	1,9
«Чародей»	6,50	441,3	188,9	3283,5	4461,0	5,2	7,1
«Гарант»	6,88	301,5	288,5	3940,2	5430,6	6,7	9,2
«Фарт»	5,48	593,8	81,77	2587,7	5450,0	3,8	8,1
Торф + вермикомпост	6,54	722,6	210,9	10833,5	3798,6	11,6	4,1
НСР ₀₅	1,1	59,7	33,1	289,5	300,8	2,6	3,4
Первые 3 недели наблюдений							
«Селигер»	6,6	693,7	353,6	1811,7	2181	2,0	2,6
«Чародей»	7,3	319,5	404,9	4173,0	2830,1	4,6	3,5
«Гарант»	7,4	417,8	504,9	5034,8	4885,8	6,4	5,8
«Фарт»	7,1	409,4	295,4	2656	4425,1	3,6	6,2
Торф + вермикомпост	7,3	589,2	255,0	1745,6	3751,8	8,4	5,2
НСР ₀₅	1,3	44,8	29,9	201,5	265,4	1,3	1,9
4–6-я неделя наблюдений							
«Селигер»	6,4	380,2	290,7	1003,9	1144,3	1,6	2,1
«Чародей»	7,2	29,5	279,6	2910,9	1424,2	8,22	4,0
«Гарант»	7,3	155,4	470,3	4167,1	2660,9	5,9	4,7
«Фарт»	6,9	38,7	388,6	1669,5	3625,6	4,8	9,5
Торф + вермикомпост	7,2	645,8	429,4	1501,0	1962,7	1,8	2,2
НСР ₀₅ *	1,0	23,7	20,2	187,3	174,9	0,9	0,8

Ситуация практически не изменилась и спустя месяц от начала опыта. Несмотря на то, что суммарное содержание минерального азота в грунтах «Фарт» и «Чародей» было примерно одинаковым, растения, выращиваемые на грунте «Чародей», отличались высокими показателями вегетативного роста, тогда как в варианте с «Фартом» наблюдалось явное отставание растений в росте и развитии.

По данным Н.М. Глупцова и Т.И. Вятлевой (1989), наиболее оптимальное для закрытого грунта соотношение доступных источников фосфора и калия к минеральному азоту примерно составляет:

$$P_2O_5 : (NO_3 + NH_4) = 4 : 1 \quad \text{и} \quad K_2O : (NO_3 + NH_4) = 4-6 : 1.$$

Простые арифметические подсчеты показывают, что грунт «Селигер» отличается относительно низким содержанием фосфатов и обменного калия. Дисбаланс такого рода, возможно, и обусловил некоторое отставание вегетативного роста растений, несмотря на максимальное по опыту содержание минерального азота (см. табл. 2). Вероятно, для оптимизации минерального состава данного грунта целесообразно либо увеличить в нем содержание фосфора и калия, либо уменьшить содержание азота.

Соотношение подвижных форм фосфора, обменного калия и минерального азота в грунтах «Чародей» и «Гарант» приближается к оптимальному, хотя и имеет место относительный недостаток калия по сравнению с довольно большим относительным содержанием фосфатов. Некоторый дисбаланс содержания фосфатов и минерального азота в конце периода наблюдений обусловлен не столько увеличением количества доступного фосфора, сколько исчерпанием азота в результате его активного выноса растениями (см. табл. 2).

При анализе баланса питательных элементов в грунте, содержащем вермикомпост, обращает на себя внимание явное нарушение оптимального соотношения фосфора и азота в связи с очень высоким исходным содержанием фосфатов. Однако растения в данном варианте опыта отличались весьма высокими показателями роста и развития (см. табл. 1). Вероятно, отрицательное влияние на растения в основном оказывает дисбаланс, характеризующийся относительным недостатком фосфора, а не его избытком. Особенно опасен недостаток доступного фосфора на ранних этапах развития растения, и даже последующая оптимизация грунта по этому показателю не может нейтрализовать негативных последствий фосфорного голодания в начале вегетации. В какой-то степени именно дисбалансом по фосфору можно объяснить отставание в развитии растений в варианте с грунтом «Селигер» (табл. 1).

Примечательно, что грунт «Фарт», отличающийся нормальным соотношением фосфатов, калия и азота, на протяжении всего периода наблюдений характеризовался весьма неблагоприятными условиями для роста и развития растений томата (см. табл. 1). На листьях растений, начиная с 3–4-й недели опыта, наблюдались явные признаки азотного и фосфорного голодания, несмотря на довольно высокое содержание питательных элементов (см. табл. 2). Возможно, причина этого обусловлена не столько химическими, сколько биологическими свойствами грунта.

Микробиологический анализ показал, что микрофлора грунта «Фарт» более чем на 80% представлена монокультурой, формирующей на питательных средах слизистые однотипные колонии (табл. 3). Причем общая численность этих микроорганизмов, начиная с 3-й недели опыта и практически до конца периода наблюдений, держалась на довольно высоком уровне.

Доминирование какой-либо одной группы микроорганизмов, как правило, свидетельствует о неблагоприятной фитосанитарной обстановке в субстрате. Возникающее вследствие каких-то неблагоприятных условий резкое сужение видового разнообразия микроорганизмов в грунте может привести к вспышке численности наиболее устойчивых к этим условиям видов. Подобными устойчивыми формами часто становятся фитопатогены, способные к быстрой

колонизации ризосферы растения, стимулированию его корневых выделений и преимущественному питанию за счет этих выделений.

Таблица 3

Динамика численности микроорганизмов в исследованных вариантах грунта

Вариант грунта	Аммонификаторы, млн клеток в 1 г а.с.в.		Микроорга- низмы, по- требляющие минер. азот, млн клеток в 1 г а.с.в.	Фосфатмо- билизую- щие бакте- рии, млн клеток в 1 г а.с.в.	Актив- ность азото- бактера, %
	Общая числен- ность микро- орга- низмов	Доля бактерий р. <i>Pseu- domonas</i> , % от общей чис- ленности мик- роорганизмов			
Исходное состояние					
«Селигер»	3,7	19,0	9,6	0	*
«Чародей»	96,1	8,2	75,9	1,6	
«Гарант»	34,6	10,5	19,3	4,5	*
«Фарт»	6,7	7,2	57,8	6,7	*
Торф + вермикомпост	74,3	20,0	16,0	2,4	*
НСР ₀₅	9,5	6,2	12,7	1,1	
Первые 3 недели наблюдений					
«Селигер»	443,8	6,8	499,0	15,5	2,8
«Чародей»	134,4	10,0	228,8	9,6	13,0
«Гарант»	188,7	11,5	95,0	3,7	52,0
«Фарт»	945,5**	1,9	1366,4**	12,6	0
Торф + вермикомпост	422,9	26,0	531,7	72,5	92,0
НСР ₀₅	57,3	1,9	103,4	13,7	21,4
4–5-я неделя наблюдений					
«Селигер»	4,9	43,1	13,2	1,4	0
«Чародей»	14,3	47,0	20,0	1,5	3,5
«Гарант»	20,3	69,4	24,8	8,3	14,0
«Фарт»	69,9**	6,5	208,1**	5,5	0
Торф + вермикомпост	15,6	60,4	74,4	10,9	92,6
НСР ₀₅	10,5	7,2	15,2	4,4	9,9
8–9-я неделя наблюдений					
«Селигер»	1,1	21,2	10,4	0,1	0
«Чародей»	5,5	73,2	23,1	0,4	16,0
«Гарант»	12,8	44,7	42,9	1,0	41,5
«Фарт»	50,1**	7,3	216,2**	0,7	0
Торф + вермикомпост	7,8	22,4	66,1	0,8	99,8
НСР ₀₅	2,8	5,5	13,5	0,06	10,7

* Определение не проводили.

** Численность микроорганизмов на 80–90% представлена видом, формирующим одно-
типные слизистые колонии.

Биотест с семенами пшеницы сорта Тулунская-12, обработанными бактериальной суспензией, показал, что доминирующая в грунте «Фарт» бактериальная монокультура стимулирует рост корневой системы пшеницы на 7% и подавляет рост ее зеленой массы на 8,5%. Это один из первых признаков патогенной природы бактериальной культуры. Бактерии стимулируют рост корневой системы, способствуя интенсификации корневых выделений и усилению оттока питательных элементов через корни, что приводит к подавлению роста зеленой массы растения.

Весьма примечательны результаты замера длины и массы корней томата на последних этапах опыта: растения, выращиваемые на грунте «Фарт», в соответствии с данными биотеста, отличались максимальными по опыту значениями длины корневой системы и минимальными – массы (табл. 4). Данные факты можно рассматривать как дополнительное подтверждение возможной фитопатогенной природы бактериальной культуры, доминирующей в составе микробного сообщества грунта «Фарт».

Таблица 4

Показатели роста корневой системы растений томата в вариантах опыта

Вариант грунта	Длина корня, см	Масса корня, мг
«Селигер»	151,7±5,7	91,12±5,2
«Чародей»	173,3±11,2	119,7±13,6
«Гарант»	169,0±6,9	63,5±8,0
«Фарт»	237,3±12,4	54,56±7,2
Торф + вермикомпост	140,3±7,2	84,82±10,1

Одним из наиболее значимых критериев нормальной фитосанитарной обстановки почвы или грунта служат бактерии рода *Pseudomonas*, являющиеся активными антагонистами большинства фитопатогенных микроорганизмов и выполняющие защитные функции по отношению к растению [7]. Они принадлежат к так называемой микрофлоре биоконтроля. Согласно данным микробиологического анализа микробное сообщество грунта «Фарт» отличается крайне низкой (наименьшей в опыте) численностью данных микроорганизмов, что, вероятно, является дополнительной причиной активного размножения в данном грунте фитопатогенных микроорганизмов (см. табл. 3). Кроме того бактерии рода *Pseudomonas* являются продуцентами широкого спектра веществ, стимулирующих рост и развитие растений. Нужно отметить, что в целом все исследованные грунты, за исключением «Фарта», отличаются довольно высокой относительной численностью псевдомонад, что косвенно свидетельствует о присущей им биологической активности.

Основной недостаток физической структуры грунта «Фарт» – его сильное переуплотнение при поливе и, как следствие, развитие анаэробных микробиологических процессов, продукты которых в большинстве своем отличаются высокой токсичностью для растений. Кроме того, высокое содержание сернистых соединений (см. табл. 2) в условиях выраженного анаэробнозиса приводит к накоплению в грунте сероводорода, что сопровождается неприятными запахами.

На примере грунта «Фарт» особенно наглядно подтверждается неправомерность общепринятой практики делать заключения о качестве субстрата на основании данных одного только агрохимического анализа. Согласно результатам анализа нескольких видов грунтов, проведенным в аккредитованной лаборатории аналитического центра химического факультета МГУ, грунт «Фарт» получил весьма лестную оценку как обладающий «высоким уровнем плодородия». У нас нет оснований не доверять выводам квалифицированных специалистов, а также автору статьи «Рассекренная почва» [12].

Проблема состоит в отсутствии четких представлений о том, что можно использовать в качестве показателя «высокого уровня плодородия» грунта. Данные агрохимического анализа, приведенные в вышеназванной статье и отражающие высокое содержание углерода органического вещества, а также азота, фосфора, калия и ряда микроэлементов, могут свидетельствовать лишь о том, что анализируемый грунт имел органическую основу (торф) и был обогащен минеральными компонентами. Даже высокое содержание гуминовых кислот (которое, однако, не определялось) не может рассматриваться как доказательство «живой» природы грунта, полученного биотехнологическим путем, поскольку используемый в качестве основы верховой торф содержит эти соединения в большом количестве. Весьма сомнительны с микробиологической точки зрения и заключения автора статьи (О. Махотиной) относительно возможности использования данных о содержании окислов железа в качестве показателя биологической активности грунта.

Вероятно, наиболее достоверным критерием биологических свойств какого-либо конкретного грунта и степени его принадлежности к «живым» субстратам является микробиологический анализ. Причем исследовать необходимо не только санитарное состояние, но и численность таких важных физиологических групп микроорганизмов, как азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии, микроорганизмы биоконтроля, ответственные за течение основных биохимических процессов в грунте, его фитосанитарное состояние, содержание доступных для растений форм элементов питания и уровень плодородия. Окончательный «вердикт» о качестве грунта может дать только само растение. К сожалению, в отношении грунта «Фарт» результаты исследований свидетельствуют, что грунт, названный «живой землей», является искусственным торфо-минеральным субстратом без каких-либо признаков присутствия вермикомпоста.

Ответ на вопрос, присутствует ли в грунте вермикомпост, можно получить, проанализировав содержание в нем азотобактера и бактерий-нитрификаторов. Данные группы микроорганизмов – своеобразная визитная карточка дождевых червей. Субстрат, в котором обитали черви, еще долгое время после их удаления несет «отпечаток» их присутствия: характеризуется высокой численностью азотобактера и нитрификаторов. Даже природный перегной хорошего качества в случае его простого добавления в грунт оставляет «след» в виде повышенной численности нитрифицирующих и азотфиксирующих бактерий, поскольку тоже является продуктом жизнедеятельности дождевых червей, только не технологической, а природной популяции. Факт увеличения численности нитрифицирующих микроорганизмов в копролитах червей также упоминается в [8].

В нашем опыте интересные данные были получены при сопоставлении интенсивности прироста биомассы растений в вариантах грунтов и изменением содержания в них минерального азота. На рис. 1, 2 видно, что прирост биомассы растений с течением времени сопровождался уменьшением содержания в грунте подвижных форм азота, т.е. имела место классическая схема выноса питательных элементов при активно формирующейся биомассе растений.

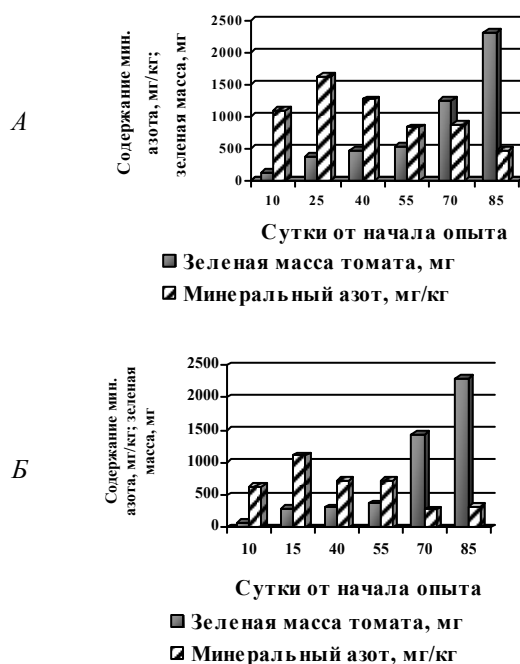


Рис. 1 Прирост зеленой массы томата и содержание минерального азота в грунтах: А – «Селигер»; Б – «Чародей»

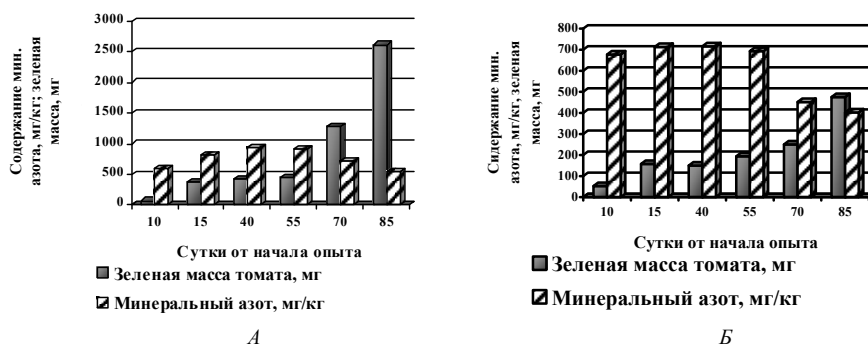


Рис. 2. Прирост зеленой массы томата и содержание минерального азота в грунтах: А – «Гарант»; Б – «Фарт»

Не случайно расчет коэффициентов корреляции между изменением во времени содержания в грунте минерального азота и приростом биомассы растений показал довольно высокую степень обратной зависимости между данными показателями с коэффициентами корреляции: для грунта «Селигер» $r_{xy} = -0,69$; для грунта «Чародей» $r_{xy} = -0,63$; для грунта «Фарт» $r_{xy} = -0,81$; для грунта «Гарант» $r_{xy} = -0,49$. При этом наибольшие показатели отрицательной зависимости были установлены для грунта «Фарт», а наименьшие – для «Гаранта».

Классическая схема снижения содержания запасов минерального азота в грунте в связи с выносом растениями питательных элементов не выполняется только в варианте, где использовали грунт с добавлением 25% вермикомпоста. Как представлено на рис. 3, с 50–55-х суток в грунте наблюдается заметное накопление минерального азота, хотя прирост биомассы растений в этот период в данном варианте был максимальным по опыту, а следовательно, и вынос элементов тоже (см. табл. 1). Коэффициент корреляции между содержанием минерального азота и показателями прироста биомассы томата свидетельствует о довольно высокой прямой зависимости ($r_{xy} = 0,51$).

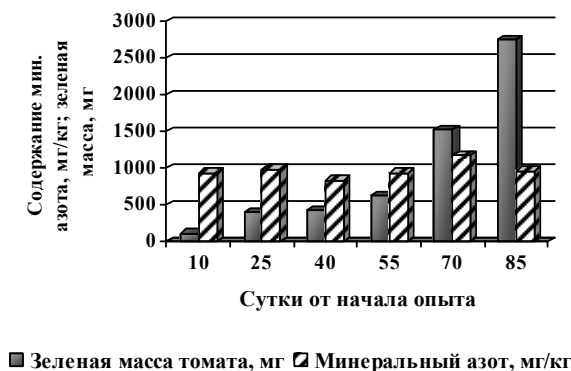


Рис. 3. Прирост зеленой массы томата и содержание минерального азота в торфяном грунте с добавлением 25% вермикомпоста

Причиной столь необычного явления, по-видимому, стал очень высокий уровень активности азотфиксирующих микроорганизмов, на протяжении всего периода наблюдений изменяющийся в диапазоне 92,0–99,8% от максимально возможного для данного грунта (см. табл. 3). К 70-м суткам суммарное содержание минерального азота было максимальным и составляло 1179,4 мг/кг а.с.в. грунта. Интересно, что и через три месяца от начала опыта суммарное количество минерального азота в данном грунте было выше, чем в начальный период наблюдения (см. табл. 2, рис. 3).

Относительно высокая активность азотфиксирующих бактерий в варианте с грунтом «Гарант», получаемым в рамках модифицированной технологии вермикультивирования, хотя и не обеспечила положительного баланса азота, но способствовала значительно более плавному снижению его количества (см. рис. 2).

В грунте «Фарт» суммарное содержание подвижного азота также довольно длительное время сохраняется на одном и том же уровне, хотя этот грунт вовсе не проявлял азотфиксирующей активности. Однако в данном случае динамика содержания азота обусловлена не его притоком в грунт, а отсутствием активного выноса по причине крайне замедленного роста растений. Даже незначительный прирост биомассы рассады томата, наметившийся в конце опыта, привел к резкому снижению содержания азота (см. табл. 2, рис. 2).

Высокая активность азотфиксирующей микрофлоры в грунте с добавлением вермикомпоста и в «Гаранте» обусловлена тем, что оба эти грунта в большей или меньшей степени являются продуктами жизнедеятельности дождевых червей, как правило, способствующих усилению азотфиксации в перерабатываемом ими субстрате, будь то почва или органические отходы [9].

Азотфиксаторы, к числу которых принадлежит и азотобактер, – это одна из наиболее важных групп микроорганизмов, обильно населяющих вермикомпост и грунты на его основе [10]. Данные бактерии способны усваивать азот непосредственно из воздуха и снабжать им растения. Причем количество связываемого бактериями атмосферного азота в большой степени регулируется потребностями самого растения. Если растение не испытывает недостатка в азотном питании, в составе его корневых выделений в большом количестве присутствуют аминокислоты, амины и другие азотсодержащие органические соединения; ризосферным азотфиксирующим бактериям, усваивающим их в качестве энергетического субстрата, нет надобности «включать» механизм связывания азота из воздуха – процесса очень энергозатратного. Однако как только растение начинает испытывать азотное голодание, доля аминокислот в составе его корневых выделений резко сокращается и ризосферным бактериям приходится переключаться на азот воздуха. В процессе азотфиксации микроорганизмы переводят молекулярный газообразный азот N_2 в аммонийную форму NH_4 , которая легко усваивается как самими бактериями, так и растением, в ризосфере которого они обитают.

Следует заметить, что микробиологический азот, в отличие от минерального, усваивается растением на 100% и достается ему почти «бесплатно», т.к. на его связывание бактерии расходуют энергию от расщепления корневых выделений – продуктов фотосинтеза, т.е. энергию солнца. Запасы же азота в воздухе практически неисчерпаемы.

Последнее обстоятельство еще больше подчеркивает экологическую и экономическую эффективность преимущественного использования органических грунтов (продуктов различных биотехнологий) по сравнению с торфо-минеральными, которые являются не более чем искусственными субстратами, аналогичными гидропонным системам. Органические же грунты по своим биологическим свойствам относятся к «живым» равновесным системам, способным к саморегулированию основных биохимических процессов.

Помимо осуществления функций регулирования азотного питания растений, бактерии рода *Azotobacter*, как и псевдомонады, служат активными продуцентами биологически активных веществ – стимуляторов роста растений и биофунгицидов [11]. Большая численность азотобактера является также до-

полнительным свидетельством высокой биологической активности грунтов, получаемых на основе вермикомпостов различного происхождения.

Наличие стимуляторов роста растений в грунте с вермикомпостом и «Гаранте», по-видимому, обусловило максимальные в нашем опыте показатели бутонизации и цветения растений томата (табл. 5).

Таблица 5

Интенсивность цветения растений томата в исследованных вариантах опыта

Вариант грунта	Кол-во бутонов на 1 растение, шт.	Кол-во цветков на 1 растение, шт.	Средняя длина бутона, мм	Кол-во растений с бутонами, % от общего числа
«Селигер»	3,25±0,21	0	2,61±0,06	50,0±4,5
«Чародей»	3,86±0,28	0	2,15±0,08	87,5±7,1
«Гарант»	6,14±0,40	3,0±0,02	4,83±0,08	87,5±9,0
«Фарт»	0	0	0	0
Торф+вермикомпост	4,86±0,11	1	4,20±0,07	100,0±0,04

В варианте с грунтом «Гарант» растения сформировали наибольшее количество бутонов, размеры которых отличались максимальными показателями. В варианте грунта с добавлением вермикомпоста на момент окончания опыта все растения перешли в фазу бутонизации, что свидетельствует о дружности развития.

Таким образом, наилучшие показатели вегетативного роста, бутонизации и цветения рассады томата обеспечили органический грунт «Гарант» и торфо-органический грунт с 25% вермикомпоста. Грунт «Чародей», содержащий в своем составе перегной и дерновую землю, также обеспечил достаточно высокие показатели роста томата и всхожести семян.

Грунт «Селигер», несмотря на высокое содержание минерального азота, оказался менее эффективным, вероятно, из-за дисбаланса основных питательных элементов.

Наименее эффективным показал себя грунт «Фарт» из-за резкого угнетения роста и развития растений. Значительное переуплотнение его при поливе приводит к застою влаги и развитию анаэробных процессов, продукты которых являются токсичными для растений. Большое количество сернистых соединений при низкой аэрации грунта способствует накоплению в нем сероводорода.

Микробиологические свойства грунтов «Селигер» и «Фарт» свидетельствуют о том, что реальный их состав не соответствует сведениям, указанным на товарной упаковке. Велика вероятность того, что данные грунты представляют собой торфо-минеральные субстраты. Микробиологические свойства грунта «Фарт» ставят под сомнение отмеченный на упаковке факт использования дождевых червей при его производстве.

Основной недостаток грунта «Чародей», несмотря на довольно высокие биологические и агрохимические свойства, – быстрое пересыхание поверхности и необходимость частого полива. Излишне «облегченная» верховым торфом стру-

ктура, кроме того, приводит к заметному оседанию субстрата после полива, оголению корней растения и необходимости вторичного подсыпания грунта. Грунт «Гарант», напротив, отличается несколько повышенной плотностью и нуждается в оптимизации физических свойств, возможно, за счет введения рыхлящих компонентов.

Для соблюдения прав потребителя необходим обязательный контроль качества универсальных и цветочных субстратов. При этом важными являются химические и санитарно-эпидемиологические свойства грунтов, а также их микробиологические показатели – актуальная и потенциальная активность азотобактера, численность нитрифицирующих и фосфатмобилизирующих бактерий.

Литература

1. ГОСТ 27753.0-88 – ГОСТ 27753.12-88. Грунты тепличные (методы определения агрохимических показателей). М., 1989.
2. ГОСТ 26715-85 – ГОСТ 26718-85. Удобрения органические (методы анализа). М., 1986.
3. ГОСТ 27894.0-88 – ГОСТ 27894.11-88. Торф и продукты переработки торфа для сельского хозяйства (методы анализа). М., 1989.
4. ГОСТ 10538-87 (СТ СЭВ 5776-86). Топливо твердое, химический состав золы. М., 1987.
5. *Методы почвенной микробиологии* / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1980. 223 с.
6. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. 295 с.
7. Боронин А.М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений // Соросовский журнал. 1998. № 2. С. 25–31.
8. Еськов А.И. Агроэкологические аспекты производства и применения вермикомпостов // Дождевые черви и плодородие почв: Материалы Второй междунар. науч.-практич. конф. Владимир, 2004. С. 131–133.
9. Стриганова Б.Р., Пантош-Деримова Т.Д., Мазанцева П.П., Тиунов А.В. Влияние дождевых червей на биологическую азотфиксацию в почве // Известия АН СССР. Сер. биологическая. 1988. № 6. С. 878.
10. Терещенко Н.Н., Наплекова Н.Н. Влияние различных экологических групп дождевых червей на интенсивность азотфиксации // Известия АН. Сер. биологическая. 2002. № 6. С. 763–768.
11. Базилинская М.Б. Биоудобрения. М.: Наука, 1989. 126 с.
12. Махотина О. Рассекреченная почва // Потребитель. 2004. № 9.