

УДК 631.452:632.12:631.589

ПЛОДОРОДИЕ И ФИТОСАНИТАРНЫЕ КАЧЕСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЫРЬЕВЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ СМЕСЕЙ¹

© 2023 г. Л. Л. Свиридова^{1,*}, М. А. Севостьянов¹, Е. В. Гришина¹,
А. А. Свиридов¹, Д. Д. Поляков¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
ул. Институт, влад. 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл. 143050, Россия

*E-mail: larina67@bk.ru

Поступила в редакцию 01.03.2023 г.

После доработки 12.04.2023 г.

Принята к публикации 15.08.2023 г.

Использование искусственных почвенных смесей, программируемых под каждый определенный вид растений и условия сельскохозяйственного производственного процесса, позволит существенно повысить урожайность выращиваемых в тепличных комбинатах сельскохозяйственных культур. В работе изучены варианты сформированных искусственных почвенных смесей, проверено их соответствие оптимальному набору плодородных компонентов. В перспективе исследованные почвенные смеси способны восполнить дефицит плодородного почвенного ресурса, особенно в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: искусственные почвенные смеси, агрохимические показатели, плодородные компоненты.

DOI: 10.31857/S0002188123110121, **EDN:** QGXKNS

ВВЕДЕНИЕ

В современном сегменте сельскохозяйственного производства показатели плодородия почвы, оказывающие благоприятное воздействие на количество и качество производимой продукции, находятся в минимуме, т.к. интенсификация производства в земледелии не позволяет сохранять уровень плодородия почв без дополнительного использования значительного количества органических и минеральных удобрений, а также агротехнических приемов, обеспечивающих поступление в почву дополнительных объемов сидератов и растительных остатков. В российском сельском хозяйстве отмечено тесное взаимодействие с научными структурами для поиска решения проблем производства. Полученные результаты составляют основу технологических прие-

мов, которые способствуют решению проблемы сохранения уровня почвенного плодородия.

Для получения качественных показателей истинного состояния плодородия пахотных почв используют элементы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения по следующим критериям оценки: морфологические описания исследованных почв, их агрохимические характеристики, ландшафтно-экологические условия. Одним из способов оценки плодородия почв является метод биоиндикации, который подразумевает исследование почвенной биоты, как показателя почвенного плодородия, а в качестве индикатора рассматривают дождевых червей посредством учета их численности и биомассы [1, 2]. Проанализированные результаты используют в ходе разработки мероприятий по повышению плодородия почв, например, за счет выравнивания пестроты почвенного покрова и доведения содержания питательных элементов в почве до оптимального уровня. Мелиорационные работы по структуризации почвенного покрова проводят в соответствии с предложенными методическими рекомендациями [3]. Такие работы предусмотрены для территорий со сложной структурой почвенного

¹ Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 по теме “Высокотехнологичное производство грунтов методами инновационной переработки отходов” (Контракт № 075-11-2021-059 от 24 июня 2021 г., идентификатор государственного контракта 000000S407521QL90002).

покрова. Например, деградация почв Нижнего Поволжья наносит огромный ущерб плодородию земельных ресурсов данного региона. Ученые наравне с производителями сельскохозяйственной продукции проводят исследовательский поиск решения данной проблемы. Применяют системы основной обработки почвы в севообороте с короткой ротацией, что способствует не только повышению производительности труда, но и улучшению фитосанитарного состояния почвы, а также сохранению эффективного плодородия [4].

Исследования проводят на протяжении многолетних наблюдений в стационарных опытах, с их помощью выявляют негативные процессы, оказывающие отрицательный эффект на показатели плодородия. Ученые Республики Татарстан за более 50-летний период наблюдений проанализировали данные с площадей, насыщенных кислыми почвами. По итогам проведенных исследований, предложен ряд мероприятий по повышению продуктивности пашни, которого можно достичь за счет выращивания сидератов и систематического известкования [5, 6]. Рекомендованные технологические приемы по улучшению плодородия почвы используют с широким применением различных предшественников озимой пшеницы, заправки зеленой массы сидеральной культуры. Проведенные мероприятия оценивают результатами экологической экспертизы [7].

На слитых выщелоченных черноземах для повышения содержания органического вещества используют технологические приемы с внесением органических или пожнивных остатков в виде соломы, данные технологические операции способствуют увеличению продуктивности полевых севооборотов [6]. Для увеличения плодородия также применяют смешанные посевы с нетрадиционным набором культур [7] и используют технологии прямого посева (no-till) [8, 9].

Плодотворная работа по стабилизации показателей плодородия почв часто осуществляется за счет внесения минеральных (в основу которых входят N, P, K) и органических удобрений. Данные технологические приемы в сочетании с технологическими операциями по соблюдению севооборотов с возделыванием кормовых культур необходимо проводить в соответствии с составленными агрохимическими картограммами [10].

Меры по стабилизации агрохимических показателей почвенных ресурсов становятся более доступными и осуществимыми за счет применения информационно-аналитических веб-систем. Каждая из разработанных программ включает в себя базу данных, подсистему авторизации пользователей,

облачное хранилище данных и подсистему резервного копирования, где главное меню состоит из специализированных пунктов, а ключевыми словами являются: почвы, тип деградации, воздействие, вид загрязнения, объект, категория, рекомендуемые технологии и подэтапы [11].

Создаваемые веб-ресурсы формируют за счет результатов, полученных в опытах, а данные исследований получают за счет новых методических рекомендаций. Например, одним из вариантов по улучшению методики выделения зон потенциального плодородия почвенного покрова является версия, когда применяют функции площадной интерполяции. Данные измерений формируют в методическом комплексе геостатистического анализа, при котором учитывают площадь входных объектов [12].

Другим способом повышения выхода сельскохозяйственной продукции с единицы площади является применение добавок к почве или грунтам на ее основе. В настоящее время активно исследуется возможность использования в этом качестве различных субстанций естественного и искусственного происхождения. В научной литературе есть упоминания о примерах использования осадков сточных вод [13], пыли электрофильтров с производств [14], речного ила [15, 19], бурого угля [19]. При добавлении этих и других подобных им субстанций в грунты можно не только решать проблему утилизации этих субстанций, но и менять механические свойства и химический состав грунта, более точно подстраивая его характеристики под выращиваемую культуру. Но такое внесение в почву сторонних субстанций кроме очевидных преимуществ также несет ряд рисков. К таким рискам относится вероятность нахождения во вносимых субстанциях солей тяжелых металлов, а также посторонней микробиоты, не характерной для почвы. Последняя может быть непосредственно патогенной для растений или менять состав почвенного микробиома, что в свою очередь может вести к нарушению почвенных процессов.

Коллектив научных сотрудников Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии проводит испытательные изыскания по выявлению качественных показателей плодородия искусственных и естественных компонентов почвенных смесей для увеличения урожайности выращиваемых на них культур и снижения их себестоимости. Цель работы – исследование перспективных сырьевых образцов (представленных в работе под буквенными обозначениями), их плодородных и фитосанитарных качеств. Искусственные почвенные смеси на данном этапе со-



Рис. 1. Подготовленные образцы почвенных смесей (а), проростки тест-культуры (б) на примере одного из образцов.

временного развития сельскохозяйственного производства играют важную роль в повышении экономической эффективности тепличных комбинатов. Ориентация на данную направленность исследований является стратегическим ходом, при котором возможно использование в качестве сырьевой основы отходов переработки сельскохозяйственного производства и прочих побочных продуктов и субстанций.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной статье приведены результаты исследования показателей плодородия сырьевых образцов, таких как содержание основных элементов питания, органического вещества и тяжелых металлов, влияние на рост и развитие тестовой культуры, а также состав почвенного микробиома. За контроль принят образец с наполнителем из песка без каких-либо добавок, как исходного материала при формировании почвенного плодородия материнской породы (рис. 1). Все остальные образцы находятся на стадии изучения, имеют статус испытуемых и представлены в статье под буквенными обозначениями.

Анализ исследованных образцов на содержание элементов питания и тяжелых металлов (для контроля качества почвенных смесей) проводили методами оптико-эмиссионной спектроскопии по стандартным протоколам [16, 17], с использованием прибора PlasmaQuant 9100. Анализировали содержание калия, фосфора, кадмия, никеля, свинца и стронция. Содержание азота в почве не

приводили, т.к. данный метод не позволяет его определять. Содержание органического вещества определяли по Тюрину [18].

Анализ почвенного микробиома проводили методом искусственных питательных сред. Для этого из каждого образца брали навеску 10 г воздушно-сухой почвы. После гомогенизации этих навесок порции субстрата по 0.1 г раскладывали пинцетом на питательную среду КГА в чашку Петри в количестве 5 шт. Исследование проводили в трехкратной повторности. Чашки Петри со средой инкубировали в течение 7 сут в темном термостате при температуре 24°C. Выросшие на среде микроорганизмы идентифицировали методами оптической микроскопии. Анализ большинства колоний проводили до рода, но при наличии отличительных признаков указывали и вид.

Тест-культурой в исследовании были растения огурца (*Cucumis sativus*) сорта Престиж (F1) с индетерминантным типом роста, не ограниченным в высоту, плети на кустах среднего размера, листья компактные, темно-зеленые, цветение женское. По биологическим показателям вегетационного цикла сорт считается ранним и достигает своей спелости на 42–45-е сут развития.

Для выявления оказанного влияния на ростовые особенности тест-культуры в подготовленные образцы почвы был произведен посев семян огурца. Опыт выполнен в четырехкратной повторности согласно разработанной схеме в Центре коллективного пользования “Лаборатория искусственного климата” ВНИИФ (температура воздуха 25°C, влажность почвенной среды

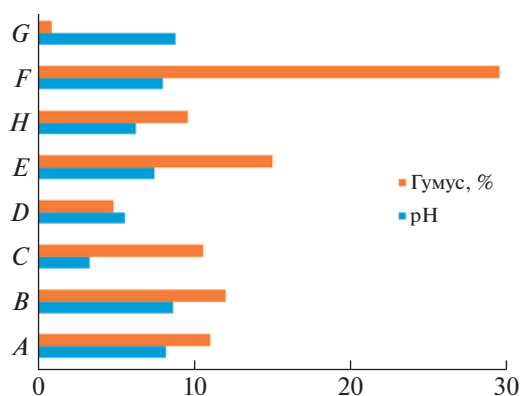


Рис. 2. Величина pH_{KCl} (ед.) и содержание гумуса (по Тюрину, %) почвы испытанных образцов.

75–80% НВ, световой режим — день—ночь). В ходе исследования проводили подсчет количества взошедших семян с фиксацией факта прорастания 20, 50 и 75% посеянных семян. Подсчет проводили каждые 12 ч. Исследование тест-растений проводили на 14-е сут после посева семян с фиксацией формирования первого настоящего листа (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенного испытания в почвенных смесях определяли величину pH, содержание гумуса, элементов питания, поллютантов. Количество Cd, Ni, Pb, Sr было меньше пределов обнаружения прибора (1 мг металла/кг образца). Определение pH_{KCl} показало, что в группу добавок с $\text{pH} < 7.0$ вошли образцы A, D, H, с $\text{pH} > 7.0$ — B, C, E, F, G, почвенные образцы с нейтральной реакцией среды отсутствовали (рис. 2).

Таблица 1. Показатели прорастания растений тест-культуры огурца (14-е сут после посева)

Почвенный образец	Средняя всхожесть	Отклонение от заявленной всхожести, %
	%	
A	54.5	–37.5
B	60.9	–31.1
C	60.2	–31.8
D	52.0	–40.0
E	—	–92.0
H	44.0	–48.0
F	48.0	–44.0
G	61.1	–30.9

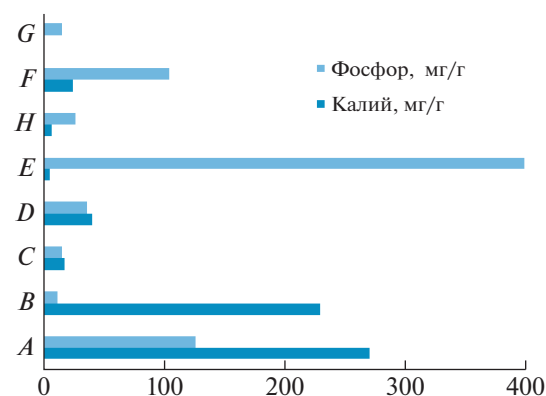


Рис. 3. Содержание доступных калия и фосфора в почве испытанных образцов.

Содержание гумуса в образцах значительно различалось: максимальным оно было в образце F — 29.5, минимальным — в контроле G — 0.84% (рис. 3). По классификации содержания гумуса исследованные образцы характеризовались как:

- сильногумусовые, 9–10% — A, B, C, E, H, F;
- среднегумусовые, 5–9% — не выявлены;
- малогумусовые, 4–5% — D;
- слабогумусовые, <4% — G (контроль).

Содержание калия в доступной форме в образцах почвы было различным. Наибольшее количество калия выявлено в почве образцов A, B, а именно 270 и 229 мг/кг, наименьшее — в образце G (контроле). Содержание доступного фосфора также изменялось. Его максимальное количество выявлено в образце E (397 мг/кг), минимальное — в образце B (11.8 мг/кг).

Полученные результаты показали наличие необходимых для роста и развития растений компонентов плодородия в представленных образцах, при этом отмечена несбалансированность кислотно-щелочных реакций почвенной среды. Фенологические наблюдения за прорастанием семян тест-культуры показали, что испытанные почвенные образцы не обеспечили необходимые условия для первоначального этапа роста и развития растений. При заявленной 92%-ной всхожести семян огурца все почвенные образцы ингибировали прорастание семян и рост проростков. Наибольшие потери всходов выявлены для образца E (–92.0%), средние зафиксировали для образца H (–48.0%), минимальные — в контроле (образец G, 30.9%).

Немаловажным показателем плодородия почвенной смеси является наличие в ее составе мик-

роорганизмов. В образцах было выявлено присутствие следующих микроорганизмов:

A — *Trichoderma* (дополнительно идентифицированы *Penicillium waksmanii*, *Penicillium implicifum*, *Aspergillum nidulans*);

B — *Trichoderma*, *Fusarium*, *Penicillium*;

C — *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* (дополнительно идентифицированы *Fusarium solani*);

D — *Trichoderma*, *Fusarium*, *Clonostachys*, *Pythium*, *Mucor* (дополнительно идентифицированы *Fusarium solani*, *Mucor moelleri*, стерильный мицелий);

E — *Artholofoy*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Homicola*, *Artrobdrys* (дополнительно идентифицированы *Aspergillum nidulans*);

H — *Clonostachys*, *Scopulanopsis*, *Acremonium*, *Botryotrichum*;

F — *Trichoderma*, *Fusarium solani*, *Penicillium*, *Clonostachys*, *Scopulanopsis*, *Coniothyrium*, *Mucor*;

G (контроль) — *Phoma*, *Alternaria*, *Mucor*.

В образцах *B*, *C*, *E* и *G* параллельно с грибами на искусственной питательной среде наблюдали развитие колоний бактерий.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что представленные образцы почвенных смесей по показателям плодородия не пригодны для возделывания тест-культуры огурца. Ни один образец не обладал сбалансированной кислотнo-щелочной реакцией (рН 6.5–7.0). Варьирование величины рН происходило в широком диапазоне: от 3.2 до 8.8 ед.

2. Содержание элементов питания также было различным в образцах: наибольшее содержание калия обнаружено в образцах *A* и *B*, наименьшее — в образце *G* (контроле). Содержание подвижного фосфора было максимальным в образце *E*, минимальным — в образце *B*.

3. Всхожесть семян и рост проростков тест-растений огурца различались в зависимости от показателей плодородия образца, но все исследованные образцы негативно влияли на прорастание семян. Показано, что образец *E* — совершенно не пригодная почвенная среда для проращивания семян тест-культуры, т.к. всхожесть семян уменьшилась на 92.0%. Образец *H* снизил всхожесть на 48.0%, наименьшее негативное влияние на всхожесть показал образец *G* (контроль) — снижение на 30.9% (по сравнению с заявленной).

4. Все образцы протестированы на наличие микроорганизмов, полученные результаты сви-

детельствовали о наличии патогенной биоты, что необходимо учитывать при составлении почвенных смесей из предложенных почвенных ресурсов.

5. Итогом проведенного исследования следует считать анализ исследованных образцов как компонентов почвенных смесей, которые представляют определенную ценность — их использование можно рекомендовать в определенных соотношениях, ограниченных по количеству, совместно с базовыми почвенными смесями с учетом корректирующих факторов и других добавок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зыбалов В.С., Денисов Ю.Н. Оценка основных показателей почвенного плодородия Челябинской области // Научн. ежегодник Центра анализа и прогнозирования. 2018. № 1 (2). С. 244–248.
2. Шабанов В.В., Солошенко А.Д. Количественные методы оценки плодородия для целей точного мелиоративного регулирования // Природообустройство. 2020. № 4. С. 13–22. <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2020-4-13-22>
3. Алманова Ж.С., Кенжегулова С.О., Калакова М.Е. Современное состояние почвенного плодородия пахотных почв Федоровского района Костанайской области // Вестн. Курск. ГСХА. 2021. № 9. С. 81–86.
4. Курдюков Ю.Ф., Азизов З.М., Архипов В.В., Степанченко Д.А. Технологии основной обработки почвы, повышающие эффективное плодородие и биологическую активность почвы // Аграрн. вестн. Юго-Востока. 2018. № 3 (20). С. 37–41.
5. Сулейманов С.Р., Низамов Р.М., Сафиоллин Ф.Н., Логинов Н.А. Мониторинг и приемы повышения плодородия почв Республики Татарстан // Плодородие. 2020. № 3 (114). С. 23–26. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.114.07>
6. Адибекаев Р.Э. Принципы формирования почвенного плодородия и пути его повышения // Студ. наука: взгляд молодых. Мат-лы студ. научн.-практ. конф., Майкоп, 22–26 апреля 2019 г. Майкоп: Майкоп. ГТУ, 2019. С. 44–47.
7. Дробышев А.П., Пугач Д.А., Пугач Е.Д. Поливидовые посевы и промежуточные культуры в кормовых севооборотах как биологический прием регулирования плодородия почвы // От биопродуктов к биоэкономике: Мат-лы III межрегион. научн.-практ. конф. (с международным участием), Барнаул, 07–08 ноября 2019 г. / Под ред. А.Н. Лукьянова. Барнаул: Алтай. ГУ, 2019. С. 25–28.
8. Медведева А.М., Бирюкова О.А. Плодородие чернозема обыкновенного при внедрении системы no-till // Энтузиасты аграрной науки: Сб. ст. по мат-лам Всерос. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры почвоведения Кубан. ГАУ им. И.Т. Трубилина и 80-летию чл.-кор. РАН В.Н. Кудеярова, Краснодар, 05–06 сентября 2019 г. / Отв. за вып. А.Х. Шеуджен. Краснодар: Кубан. ГАУ им. И.Т. Трубилина, 2019. С. 51–53.

9. Осипов А.В., Суминский И.И., Хамитова М.И. Современное состояние плодородия луговых почв Западно-Дельтовой зоны Краснодарского края // Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства: Сб. тез. по мат-лам II науч.-практ. конф. молод. ученых Всерос. форума по селекции и семеноводству, Краснодар, 24–25 октября 2018 г. / Отв. за выпуск А.Г. Кошаев. Краснодар: Кубан. ГАУ им. И.Т. Трубилина, 2018. С. 22–24.
10. Сулейменов Б.У., Сапаров А.С., Сапаров Г.А. Агрохимическая оценка плодородия почв агропарка “Онтустик” // Почвовед. и агрохим. 2020. № 1. С. 50–61.
11. Матвеев А.В., Корженевский Б.И. Разработка информационно-аналитической веб-системы для восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных агроландшафтов // Мелиорат. и водн. хоз-во. 2020. № 1. С. 5–9.
12. Клебанович Н.В., Киндеев А.Л., Кизеева В.С. Применение методов площадной интерполяции при определении зон потенциального плодородия почв сельскохозяйственных земель // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 4. С. 120–134. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-4-27-120-134>
13. Баронин Е.А. Возможность получения рекультиванта из осадка сточных вод городских очистных сооружений // Мат-лы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ., Киров, 24 ноября 2021 г. Киров: Вятск. гос. ун-т, 2021. С. 63–67.
14. Василенко Т.А., Мохаммед А.Х. Применение осадка механической и биологической очистки бытовых и производственных сточных вод в качестве удобрения // Вестн. Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 211–219. EDN VWZDRV.
15. Санаева Л.Г. Использование речного ила для повышения плодородия почвы // Экология речных ландшафтов: Сб. ст. по мат-лам IV Международ. научн. экол. конф., Краснодар, 03 декабря 2019 г. Краснодар: Кубан. ГАУ им. И.Т. Трубилина, 2020. С. 181–186.
16. Тихомиров Н.Е., Каплан М.А., Горбенко А.Д. Исследование компостов в разных фазах закладки на содержание тяжелых металлов // Форум молод. ученых государств-участников СНГ “Наука без границ”: Сб. мат-лов., Н. Новгород, 01–04 ноября 2022 г. Т. 1. М.: АНО СПИД “Центр научно-технических решений”, 2023. С. 178–179.
17. Шольц Я., Мурдаков В. Новый ИСП-ОЭС PlasmaQuant PQ 9000: возможности и преимущества // Аналитика. 2014. № 5 (18). С. 96–98.
18. Макаров В.И., Юскин А.А. Совершенствование методики определения содержания гумуса в почвах по методу Тюрина // Плодородие. 2008. № 6 (45). С. 19–21.
19. Sokolov G., Szajdak L., Simakina I. Changes in the structure of nitrogen-containing compounds of peat-, sapropel-, and brown coalbased organic fertilizers // Agron. Res. 2008. V. 6 (1). P. 149–160.

Fertility and Phytosanitary Qualities of Promising Raw Materials for the Formation of Artificial Soil Mixs

L. L. Sviridova^{a, #}, M. A. Sevostyanov^a, E. V. Grishina^a, A. A. Sviridov^a, and D. D. Polyakov^a

^aAll-Russian Research Institute of Phytopathology

Institute str., vlad. 5, r.p. Bolshye Vyazemy, Odintsovo district, Moscow region 143050, Russia

[#]E-mail: larina67@bk.ru

The use of artificial soil mixtures programmed for each specific type of plants and conditions of the agricultural production process will significantly increase the yield of crops grown in greenhouse plants. The variants of the formed artificial soil mixtures have been studied, their compliance with the optimal set of fertile components has been verified. In the future, the studied soil mixtures are able to fill the deficit of a fertile soil resource, especially in closed ground conditions.

Keywords: artificial soil mixtures, agrochemical indicators, fertile components.