

В.К. Хлюстов¹, Ю.Г. Безбородов¹, Х. Исмаил¹

¹ Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия, vitakhlustov@mail.ru

АГРОПРАКТИКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ

Аннотация: В работе исследуется воздействие компоста и биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* на изменение кислотности почвы на разных глубинах в аридных условиях района Аль-Ашарра в Сирийской Арабской Республике. Эксперимент включал четыре варианта обработки: контроль, компост, биопрепарат и их комбинация.

Исследование проводилось с целью оценки эффективности этих агротехнических средств в снижении кислотности почвы, что является важным аспектом для улучшения условий роста сельскохозяйственных культур в засушливых регионах. Результаты показали, что наибольшее снижение кислотности наблюдалось при совместном применении компоста и биопрепаратов, что подтверждено данными дисперсионного анализа. Также был произведен расчёт наименьшей значимой разницы (НСР), который продемонстрировал статистически значимые различия между различными вариантами внесения растительного биомелиоранта и микробиологического катализатора.

Полученные данные указывают на значительный синергетический эффект от совместного применения компоста и биопрепаратов. Эти результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению агротехнических практик и повышению продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях аридного климата, что особенно актуально для регионов с аналогичными природными условиями.

Ключевые слова: аридный климат, кислотность почвы, компост, биопрепараты, *Bacillus*, дисперсионный анализ, НСР.

Введение: Использование органических удобрений и биопрепаратов для улучшения агротехнических характеристик сельскохозяйственных культур является важным аспектом современного земледелия. Одним из перспективных направлений в этой области является исследование влияния этих факторов на кислотность почвы. В данном исследовании рассматривается воздействие компоста и биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* на изменение кислотности почвы на различных глубинах.

Применение органических удобрений и биопрепаратов является ключевым направлением в современном сельском хозяйстве. Одной из перспективных областей является исследование их влияния на кислотность почвы. В данном исследовании анализируется влияние компоста и биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* на изменение кислотности почвы на различных глубинах.

Сельское хозяйство в САР сталкивается с множеством проблем. Основные из них включают:

Климатические условия: САР характеризуется аридным климатом с жарким и сухим летом и холодной зимой. Среднегодовое количество осадков составляет примерно 150 мм, что недостаточно для ведения продуктивного сельского хозяйства без дополнительных мер. Летние температуры могут достигать 45°C, а зимние опускаться до -1°C, создавая неблагоприятные условия для выращивания многих культур. Жаркие летние условия, сопровождаемые тепловыми волнами, вызывают стресс у растений и требуют дополнительного орошения для поддержания их жизнеспособности.

Почвенные условия: Большая часть сельскохозяйственных земель в САР страдает от засоления и изменений кислотности. Почвы в районе исследования классифицируются как "типичные Кальцигпсиды" и "типичные Гаплокальциды", что означает высокое содержание карбоната кальция и гипса. Эти почвы имеют песчаную и суглинистую текстуру, что ухудшает их структуру и водопроницаемость. Высокое содержание карбоната кальция снижает доступность таких питательных веществ, как фосфор и микроэлементы, для растений.

Водные ресурсы: Недостаток водных ресурсов является одной из самых острых проблем для сельского хозяйства в САР. Основные источники воды, такие как река Евфрат, активно используются для орошения, но их объем часто не удовлетворяет все потребности сельскохозяйственного производства. Ситуация осложняется значительными потерями воды из-за испарения и неэффективного управления водными ресурсами.

Степень изученности вопроса

Исследование влияния органических удобрений и биопрепаратов на изменение кислотности почвы является актуальной и значимой задачей, так как кислотность почвы оказывает существенное влияние на её плодородие, структуру и способность поддерживать рост сельскохозяйственных культур. Поэтому сформулированы основные положения по решаемой проблеме:

1. Кислотность почвы, измеряемая в значениях pH, определяет множество химических и биологических процессов в почве. Высокая кислотность (низкий pH) может ограничивать доступность питательных веществ для растений и увеличивать токсичность некоторых элементов, таких как алюминий. Нейтральная или слабокислая почва способствует оптимальному росту растений и повышению урожайности.

2. Кислотность почвы может изменяться с глубиной почвенного профиля. Верхние слои почвы обычно более подвержены изменениям pH из-за воздействия органических веществ, осадков и агротехнических мероприятий. Глубокие горизонты имеют более стабильный pH, но также могут подвергаться влиянию природных и антропогенных факторов, таких как использование удобрений и орошение.

3. Органические удобрения, такие как компост, способны изменять кислотность почвы. Они улучшают структуру почвы, повышают её биологическую активность и способствуют нейтрализации кислотности. Внесение компоста может снизить кислотность верхних слоев почвы за счет внесения щелочных веществ и повышения микробной активности.

4. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* могут влиять на кислотность почвы за счет своей метаболической активности. Бактерии *Bacillus* разлагают органические вещества, производят органические кислоты и щелочные соединения, что способствует изменению pH почвы и улучшению её структуры.

Перечень исследований показывает важность комплексного подхода к регулированию кислотности почвы с использованием органических и биологических методов.

Цель исследования

Цель исследования заключалась в выявлении закономерностей изменения кислотности почвы под воздействием компоста и биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* в аридных условиях. Особое внимание уделяется анализу влияния этих биомелиорантов на различные глубины почвы. Исследование направлено на определение наиболее эффективных комбинаций органических и микробиологических средств для улучшения почвенных условий и повышения их плодородия в условиях ограниченных водных ресурсов и высокого уровня засоления.

Задачи исследования

1. Изучить влияние различных методов обработки почвы, включая компост, биопрепараты и их комбинацию, на уровень кислотности на различных глубинах почвенного профиля.

2. Провести дисперсионный анализ для выявления статистически значимых различий в кислотности почвы между различными методами обработки.

3. Рассчитать НСР для подтверждения значимости наблюдаемых изменений кислотности почвы при использовании различных методов обработки.

4. Определить, как совместное применение компоста и биопрепаратов *Bacillus* влияет на изменение кислотности почвы и выявить возможный синергетический эффект от их комбинированного использования.

Место проведения исследования

Исследование проводилось в районе Аль-Ашарра, расположенном приблизительно в 60 км к востоку от Дейр-эль-Зора, на высоте 203 метра над уровнем моря. Координаты места эксперимента: 34°55'13" северной широты и 40°33'34" восточной долготы. Район Аль-

Ашарра отличается уникальными природными и климатическими условиями, что делает его идеальной площадкой для исследования воздействия органических удобрений и биопрепаратов на почву в аридных условиях. Почвы данного региона характеризуются суглинистой и песчаной текстурой, что делает их склонными к эрозии и ухудшению структуры. Высокое содержание карбоната кальция и гипса в этих почвах требует специфических методов управления их плодородием и структурой, особенно в условиях склонности к засолению, что может негативно влиять на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Экспериментальная площадка была выбрана с особой тщательностью для обеспечения репрезентативности условий исследования. Высота 203 метра над уровнем моря создает специфические микроклиматические условия, важные для анализа результатов. Точные координаты 34°55'13" N и 40°33'34" E обеспечивают возможность точного определения местоположения площадки, что необходимо для воспроизводимости эксперимента и сравнения полученных данных с результатами других исследований.

Схема опыта

Агрономическая часть данного исследования, посвященного изменению кислотности почвы, была тщательно спланирована и организована для проведения двухфакторного эксперимента с повторениями, охватывающими различные глубины взятия образцов. Основная цель заключалась в том, чтобы определить, как различные способы внесения компоста на основе люцерны и биопрепаратов влияют на кислотность почвы на разных уровнях глубины.

Для достижения этой цели был заложен эксперимент, полностью рандомизированный по четырём вариантам обработки: контрольный, компост, биопрепарат и их комбинация. Схема распределения делянок представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид опытных участков

Каждый вариант опыта был повторен трижды для обеспечения надежности и воспроизводимости полученных данных. В результате получилось три группы, каждая из которых состояла из трёх участков земли размером 2×3 квадратных метра каждый. Всего было подготовлено девять экспериментальных участков, что позволило тщательно сравнить различные методы обработки почвы.

Перед началом эксперимента почва на каждом участке была подготовлена: в неё вносили компост на основе люцерны и биопрепараты. Компост добавляли из расчета 2 килограмма на квадратный метр почвы. Биопрепараты, содержащие микроорганизмы рода *Bacillus*, использовали для повышения микробиологической активности и улучшения структуры почвы. Эти вещества вносили непосредственно перед вспашкой, что обеспечивало их равномерное распределение по всей обрабатываемой почве.

Определение кислотности почвы является важным аспектом агрономических исследований, так как уровень pH влияет на доступность питательных веществ для растений и активность микроорганизмов. Исследования кислотности почв проводились с

использованием потенциометрического метода. Метод основан на измерении рН водной вытяжки почвы с помощью рН-метра и включал следующие процедуры:

1. Отбор проб: пробы почвы отбираются на разных глубинах (например, 0-25 см, 26-50 см, 51-75 см, 76-100 см).
2. Приготовление вытяжки: 10 г воздушно-сухой почвы смешиваются с 25 мл дистиллированной воды. Смесь встряхивается в течение 30 минут.
3. Измерение рН: Водная вытяжка фильтруется, после чего измеряется рН с помощью калиброванного рН-метра.
4. Инструменты: рН-метр, дистиллированная вода, мерные цилиндры, фильтровальная бумага, магнитная мешалка.

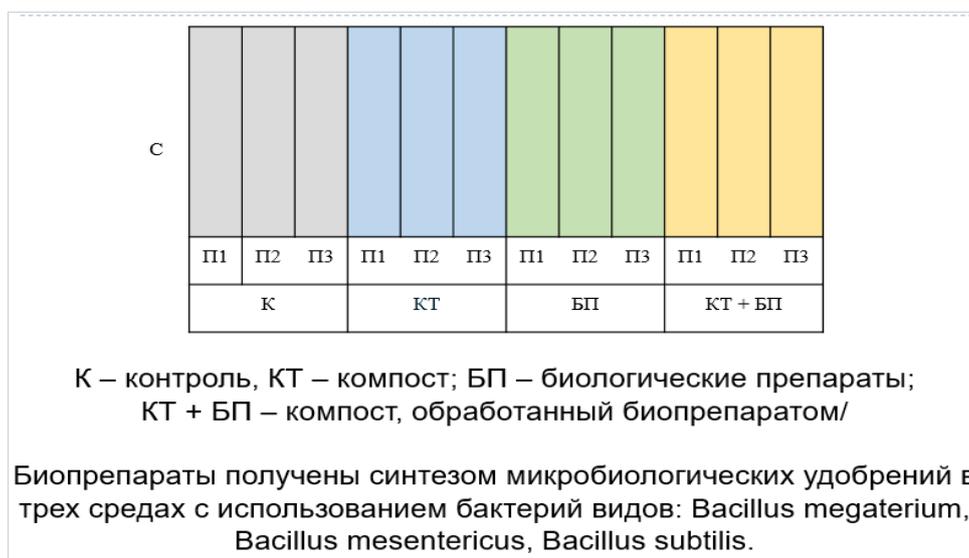


Рисунок 1- Схема вегетационного опыта при систематическом размещении вариантов в 3-кратной повторности

Результаты и обсуждение

Данные для двухфакторного дисперсионного анализа изменения кислотности почвы (рН водной вытяжки) по вариантам опыта на разной глубине почвенного слоя представлены в таблице 1.

Таблица 1- Кислотность среды (рН водной вытяжки) в зависимости от обработки почвы и глубины взятия образцов

Глубина взятия образца (см)	Контроль	Компост	Биопрепарат	Компост + Биопрепарат
0-25	7,92	7,35	6,90	6,71
0-25	7,86	7,34	6,79	6,31
0-25	7,89	7,33	6,80	6,33
26-50	7,82	7,46	7,21	6,79
26-50	7,82	7,49	6,98	6,58
26-50	7,81	7,49	7,11	7,33
51-75	7,74	7,65	7,56	7,10
51-75	7,73	7,69	7,68	7,40
51-75	7,75	7,76	7,62	7,55
76-100	7,15	7,12	7,11	6,70
76-100	7,12	7,15	7,11	7,10
76-100	7,15	7,15	7,10	7,20

По данным таблицы 1 представлена диаграмма "ящики с усами", которая визуализирует распределение кислотности почвы на различных глубинах для разных вариантов внесения биологических мелиорантов (Рис. 3).

Наряду с графическим представлением данных опыта был проведён двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями. Результаты анализа указывают на статистически значимое различие между вариантами опыта и глубиной почвенного слоя. Во всех случаях F-критерий Фишера превышает теоретические значения критерия на 5 и 1-процентном уровнях значимости (табл. 2).

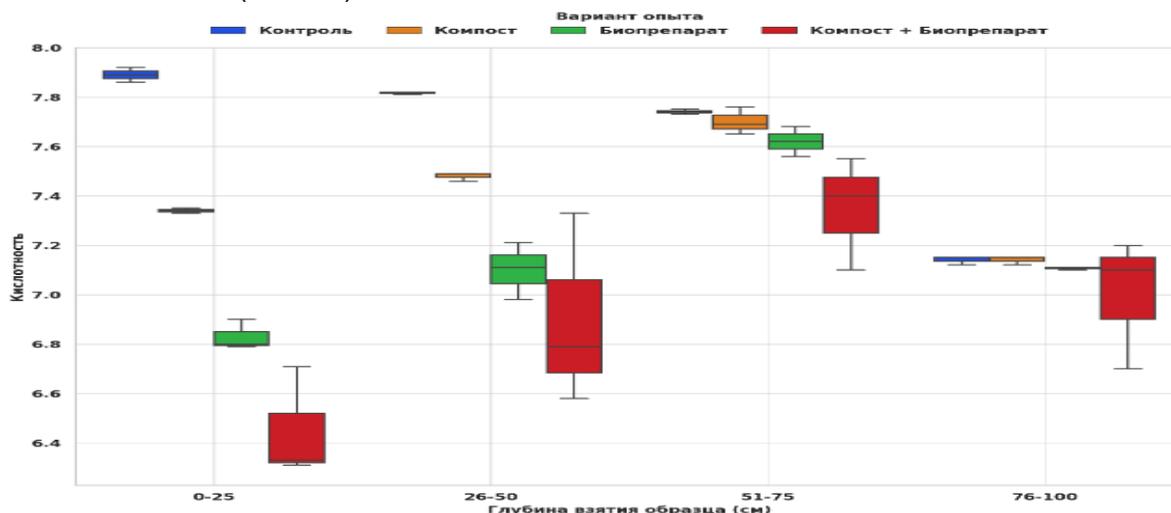


Рисунок 3 - Диаграмма (ящики с усами) изменения кислотности почвы по вариантам опыта и глубине взятия образцов почвы

Таблица 2 - Результаты дисперсионный анализ влияния на кислотность почвы биомелиорантов и глубины почвенного слоя

Источник вариации	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (MS)	F _{расч.}	F _{05/01}
Глубина	0,962	3	0,321	5,67	3,01/4,72
Варианты опыта	1,472	3	0,491	8,67	3,01/4,72
Взаимодействие	0,785	9	0,087	1,53	2,17/3,25
Внутри	2,542	24	0,106	-	-
Итого	5,761	35	-	-	-

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о том, что применение компоста и биопрепаратов значительно влияет на изменение кислотности почвы по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшее снижение кислотности было зафиксировано при совместном использовании компоста и биопрепаратов. В наибольшей степени на изменение кислотности почвы влияет фактор "Варианты обработки", что указывает на существенное воздействие типа биомелиоранта на pH почвы.

Расчёт наименьшей значимой разницы (НСР)

Для определения статистически значимых различий между средними значениями различных методов внесения мелиорантов используется наименьшая значимая разница (НСР). Для расчёта НСР применяются стандартная ошибка среднего (SE) и табличное значение критерия t для 5-ти процентного уровня значимости. Этот расчет позволяет установить, какие из наблюдаемых различий в кислотности почвы являются статистически значимыми.

Таблица 3 - Средние значения pH водной вытяжки глубинам взятия образцов

Глубина (см)	Контроль	Компост	Биопрепарат	Компост + Биопрепарат
0-25	7,89	7,34	6,83	6,45
26-50	7,82	7,48	7,10	6,90
51-75	7,74	7,70	7,62	7,35
76-100	7,14	7,14	7,11	7,00

Внутригрупповая дисперсия: $S^2_{\text{внутри}}=0,106$

Стандартная ошибка $SE = \sqrt{\frac{S^2_{\text{внутри}}}{n}} = \sqrt{\frac{0,106}{12}} = 0,094$

Теоретическое значение t-критерия для 5-процентного уровня значимости для 24 степеней свободы равно 2,064

Расчёт наименьшей существенной разницы (НСР)

$НСР = t_{05} \times SE = 2,064 \times 0,094 = 0,194 \text{ т/га.}$

Таким образом, наименьшая значимая разница (НСР) для сравнения средних значений кислотности почвы при различных вариантах опыта составляет 0,194 т/га. Это означает, что различия между средними значениями вариантов, превышающие это значение, являются статистически доказанной на 5-процентном уровне значимости.

Результаты дисперсионного анализа показывают, что совместное использование компоста и биопрепаратов значительно влияет на кислотность почвы, больше, чем каждый из этих вариантов по отдельности или контроль. Рассчитанное значение НСР подтверждает, что наблюдаемые различия в кислотности почвы между вариантами опыта являются статистически значимыми, подчеркивая важность выбора типа мелиоранта для управления уровнем рН почвы.

На рисунке 4 построена диаграмма изменения кислотности почвы по вариантам опыта и глубине взятия образцов почвы.

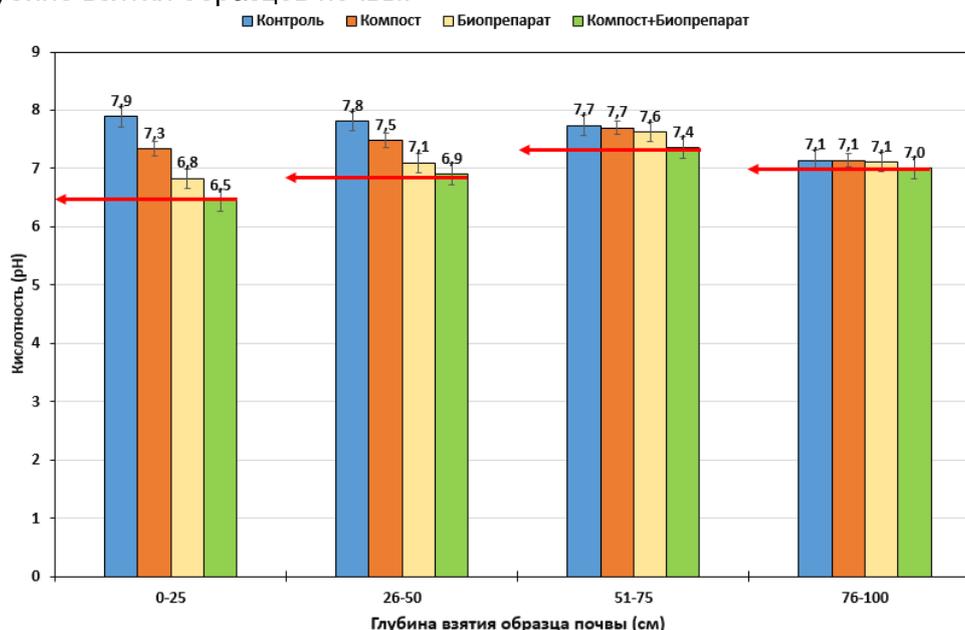


Рисунок 4 - Диаграмма изменения кислотности почвы по вариантам опыта и глубине взятия образцов почвы

Графическая интерпретация результатов дисперсионного анализа позволила описать закономерные изменения кислотности почвы под влиянием различных вариантов внесения биомелиорантов и разной глубины взятия образцов почвы.

Выводы

1. В условиях аридного климата применение компоста и биопрепаратов рода *Bacillus* статистически значимо снижает кислотность почвы.

2. Совместное использование компоста и биопрепаратов даёт наибольший эффект, что подтверждает синергетическое действие фитомелиоранта-люцерны и микробиологического препарата, выступающего в качестве биокатализатора.
3. Статистический анализ данных методом дисперсионного анализа и расчёт НСР подтверждают статистическую значимость полученных результатов.
4. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению агротехнических мероприятий в условиях аридного климата.

Список литературы

1. Иванов, А. А. Влияние органических удобрений на структуру почвы. *Агрохимия*, 2018, № 2, с. 123-128.
2. Баранов, К. В. Применение органических удобрений и их влияние на кислотность почвы. *Вестник сельского хозяйства*, 2020, № 3, с. 88-94.
3. Smith, J., Brown, P., et al. Effects of compost application on crop yields. *Agricultural Journal*, 2020, vol. 110, no. 5, pp. 1123-1135.
4. Yimin, Y., et al. The role of alfalfa in soil reclamation. *Journal of Agricultural Science*, 2016, vol. 154, no. 3, pp. 456-468.
5. Brady, N. C., Weil, R. R. *The Nature and Properties of Soils*. 15th ed. Pearson Education, Upper Saddle River, 2016, 1102 p.
6. Павлов, Е. В. Кислотность почв: причины и последствия. *Агрохимический вестник*, 2020, № 1, с. 45-52.
7. Петров, С. А., Сидорова, М. А. Влияние глубины почвенного профиля на изменение кислотности в различных агроэкосистемах. *Земледелие*, 2018, № 5, с. 98-104.
8. Баранов, К. В. Применение органических удобрений и их влияние на кислотность почвы. *Вестник сельского хозяйства*, 2020, № 3, с. 88-94.
9. Brown, M., et al. The role of *Bacillus* in agricultural productivity. *Microbial Biotechnology*, 2019, vol. 12, no. 4, pp. 689-704.
10. Smith, J., Brown, P., et al. Effects of compost application on crop yields. *Agricultural Journal*, 2020, vol. 110, no. 5, pp. 1123-1135.

References

1. Ivanov, A. A. The Impact of Organic Fertilizers on Soil Structure. *Agrokhimiya*, 2018, No. 2, pp. 123-128.
2. Baranov, K. V. The Application of Organic Fertilizers and Their Impact on Soil Acidity. *Vestnik Selskogo Khozyaistva*, 2020, No. 3, pp. 88-94.
3. Smith, J., Brown, P., et al. Effects of Compost Application on Crop Yields. *Agricultural Journal*, 2020, vol. 110, no. 5, pp. 1123-1135.
4. Yimin, Y., et al. The Role of Alfalfa in Soil Reclamation. *Journal of Agricultural Science*, 2016, vol. 154, no. 3, pp. 456-468.
5. Brady, N. C., Weil, R. R. *The Nature and Properties of Soils*. 15th ed. Pearson Education, Upper Saddle River, 2016, 1102 p.
6. Pavlov, E. V. Soil Acidity: Causes and Consequences. *Agrochemical Bulletin*, 2020, No. 1, pp. 45-52.
7. Petrov, S. A., Sidorova, M. A. The Impact of Soil Profile Depth on Acidity Changes in Various Agroecosystems. *Zemledelie*, 2018, No. 5, pp. 98-104.
8. Baranov, K. V. The Application of Organic Fertilizers and Their Impact on Soil Acidity. *Vestnik Selskogo Khozyaistva*, 2020, No. 3, pp. 88-94.
9. Brown, M., et al. The Role of *Bacillus* in Agricultural Productivity. *Microbial Biotechnology*, 2019, vol. 12, no. 4, pp. 689-704.
10. Smith, J., Brown, P., et al. Effects of Compost Application on Crop Yields. *Agricultural Journal*, 2020, vol. 110, no. 5, pp. 1123-1135.

В.К. Хлюстов¹, Ю.Г. Безбородов¹, Х. Исмаил¹

¹ Ресей мемлекеттік аграрлық университеті-К. А. Тимирязев атындағы АШМ, Мәскеу, Ресей,
vitakhlustov@mail.ru

ҚҰРҒАҚ АЙМАҚТАРДА ТОПЫРАҚТЫҢ ҚЫШҚЫЛДЫҒЫН ТӨМЕНДЕТУГЕ АРНАЛҒАН АГРО ТӘЖІРИБЕЛЕР

Аннотация: Жұмыста *Bacillus* тектес бактерияларға негізделген компост пен биологиялық заттардың Сирия Араб Республикасындағы әл-Ашарра ауданының құрғақ жағдайында топырақтың қышқылдығының әр түрлі тереңдіктегі өзгеруіне әсері зерттеледі. Эксперимент өңдеудің төрт нұсқасын қамтыды: бақылау, компост, биологиялық және екеуінің тіркесімі. Зерттеу құрғақ аймақтардағы дақылдардың өсу жағдайларын жақсартудың маңызды аспектісі болып табылатын топырақтың қышқылдығын төмендетудегі осы агротехникалық құралдардың тиімділігін бағалау мақсатында жүргізілді. Нәтижелер қышқылдықтың ең үлкен төмендеуі компост пен биологиялық препараттарды бірге қолданғанда байқалғанын көрсетті, бұл дисперсиялық талдау деректерімен расталды. Сондай-ақ өсімдік биомелиоранты мен микробиологиялық катализаторды қолданудың әртүрлі нұсқалары арасындағы статистикалық маңызды айырмашылықтарды көрсететін ең аз маңызды айырмашылықты (NSR) есептеу жүргізілді. Нәтижелер компост пен биологиялық өнімдерді бірге қолданудың айтарлықтай синергетикалық әсерін көрсетеді. Бұл нәтижелер әсіресе ұқсас табиғи жағдайлары бар аймақтарға қатысты құрғақ климат жағдайында ауылшаруашылық тәжірибелерін жақсарту және дақылдардың өнімділігін арттыру бойынша ұсыныстарды әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: құрғақ климат, топырақтың қышқылдығы, компост, биологиялық заттар, Бакиллус, дисперсиялық талдау, NSR.

V. Khlyustov¹, Yu. Bezborodov¹, H. Ismail¹

¹Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, vitakhlustov@mail.ru

AGRICULTURAL PRACTICES FOR REDUCING SOIL ACIDITY IN ARID REGIONS

Abstract: This study investigates the impact of compost and *Bacillus*-based biopreparations on soil acidity changes at different depths under the arid conditions of the Al-Asharra region in the Syrian Arab Republic. The experiment included four treatment options: control, compost, biopreparation, and their combination. The study aimed to assess the effectiveness of these agricultural practices in reducing soil acidity, which is crucial for improving the growth conditions of crops in arid regions. Results showed that the greatest reduction in soil acidity was observed with the combined application of compost and biopreparations, confirmed by the data from the analysis of variance (ANOVA). Additionally, the calculation of the least significant difference (LSD) demonstrated statistically significant differences between the various methods of applying the plant-based soil ameliorant and the microbiological catalyst. The data indicate a significant synergistic effect from the combined use of compost and biopreparations. These results can be used to develop recommendations for improving agricultural practices and enhancing the productivity of crops in arid climates, which is particularly relevant for regions with similar environmental conditions.

Keywords: arid climate, soil acidity, compost, biopreparations, *Bacillus*, analysis of variance, LSD.

Сведения об авторах

Хлюстов В.К. заслуженный лесовод России, академик РАН, МАНВШ, МАНИИПТ, доктор с.-х. наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-8323-5750>, Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия., город Москва, 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, vitakhlustov@mail.ru

Безбородов Ю.Г., доктор технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>, Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия., город Москва, 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, ubezborodov@rhau-msha.ru

Исмаил Х., аспирант, <https://orcid.org/0009-0001-3241-3884>. Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия., город Москва, 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, ihiba873@gmail.com

Information about the authors

Khlyustov V. K., Honored Forester of Russia, Academician of the Russian Academy of Sciences, Higher School of Economics, MANIPT, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8323-5750> , Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia., Moscow, 127434, Russia, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, vitakhlustov@mail.ru

Bezborodov Yu.G., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>, Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia., Moscow, 127434, Russia, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, ubezborodov@rhau-msha.ru

Ismail H., PhD student, <https://orcid.org/0009-0001-3241-3884> . Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia., Moscow, 127434, Russia, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, ihiba873@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер

Хлюстов В. К. Ресейдің еңбек сіңірген орманшысы, РАЕ академигі, МАНВШ, МАНИПТ, доктор С. - х. ғылымдар, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-8323-5750>, Ресей мемлекеттік аграрлық университеті-К. А. Тимирязев атындағы АШМ, Мәскеу, Ресей., Мәскеу қаласы, 127434, Ресей, Мәскеу қ., көшесі. Тимирязевская, 49, vitakhlustov@mail.ru

Безбородов Ю. Г., техника ғылымдарының докторы, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>,., Ресей мемлекеттік аграрлық университеті-К. А. Тимирязев атындағы АШМ, Мәскеу, Ресей., Мәскеу қаласы, 127434, Ресей, Мәскеу қ., көшесі. Тимирязевская, 49, ubezborodov@rhau-msha.ru

Исмаил Х., аспирант, <https://orcid.org/0009-0001-3241-3884>. Ресей мемлекеттік аграрлық университеті-К. А. Тимирязев атындағы АШМ, Мәскеу, Ресей., Мәскеу қаласы, 127434, Ресей, Мәскеу қ., көшесі. Тимирязевская, 49, ihiba873@gmail.com