

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-44-51>

УДК 631.879:631.413



РОЛЬ БИОМЕЛИОРАНТОВ В СНИЖЕНИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ

Исмаил Хеба^{1✉}, В.К. Хлюстов², Ю.Г. Безбородов²¹ Сирийская Арабская Республика² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

Аннотация. Исследование направлено на оценку влияния биомелиорантов на электропроводность и засоленность почвы в аридных условиях Сирийской Арабской Республики. Полевые опыты проводились с использованием компоста, биопрепаратов на основе бактерий вида *Bacillus* и их комбинации. Электропроводность измерялась на четырех глубинах: 0-25 см, 26-50 см, 51-75 см и 76-100 см. Методика исследований включала в себя использование графитовых электродных ячеек и кондуктометра, калиброванного по стандартным растворам хлорида калия (KCl). Образцы почвы отбирались с различных глубин, сушились при температуре 105°C, просеивались через сито с диаметром отверстий 2 мм, смешивались с дистиллированной водой в соотношении 1:2, перемешивались и выдерживались в течение 24 ч. После этого проводились 3 измерения электропроводности для каждого образца. Результаты показали значительное снижение электропроводности почвы при применении биомелиорантов, особенно на глубине 0-25 см. Двухфакторный дисперсионный анализ и тест Тьюки подтвердили статистически значимые различия между вариантами опыта. Вариант с комбинацией компоста и биопрепаратов продемонстрировал наибольшую эффективность в снижении электропроводности. Эти данные свидетельствуют о высокой эффективности биомелиорантов для улучшения почвенных условий и снижения засоленности почвы, что особенно важно для устойчивого сельского хозяйства в аридных зонах. Введение биомелиорантов способствует уменьшению содержания растворимых солей и улучшению структуры почвы, что в итоге может повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: биомелиоранты, электропроводность почвы, засоленность почвы, компост, биопрепарат, аридные условия, Сирийская Арабская Республика, двухфакторный дисперсионный анализ, тест Тьюки

Формат цитирования: Хеба И., Хлюстов В.К., Безбородов Ю.Г. Роль биомелиорантов в снижении электропроводности и засоленности почв // Природообустройство. 2024. № 4. С. 44-51. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-44-51>

Original article

THE ROLE OF BIOMELIORANTS IN REDUCING SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND SALINITY

Ismail Heba^{1✉}, V.K. Khlyustov², Yu.G. Bezborodov²¹ Syrian Arab Republic² Russian state agrarian university – Moscow Timiryazev agricultural academy, Institute of land reclamation, water management and construction named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49, Russia

Abstract. This study aimed to evaluate the impact of bioremediants on soil electrical conductivity and salinity under the arid conditions of the Syrian Arab Republic. Field experiments were conducted using compost, biopreparations based on *Bacillus* bacteria, and their combination. Electrical conductivity was measured at four depths: 0-25 cm, 26-50 cm, 51-75 cm and 76-100 cm. The methodology included the use of graphite electrode cells and a conductometer calibrated with standard potassium chloride (KCl) solutions. Soil samples were collected from various depths, dried at 105°C, sieved through a 2 mm sieve, mixed with distilled water in a 1:2 ratio, stirred, and left for 24 hours. Three measurements of electrical conductivity were then taken for each sample. The results showed a significant reduction in soil electrical conductivity with the application of bioremediants particularly at the 0-25 cm depth. Two-factor ANOVA and Tukey's test confirmed statistically significant differences between the experimental treatments.

The combination of compost and biopreparations demonstrated the greatest effectiveness in reducing electrical conductivity. These findings indicate the high efficiency of bioremediants in improving soil conditions and reducing salinity, which is crucial for sustainable agriculture in arid regions. The introduction of bioremediants helped reduce the content of soluble salts and improve soil structure, ultimately leading to increased crop yields.

Keywords: bioremediants, soil electrical conductivity, soil salinity, compost, biopreparation, arid conditions, Syrian Arab Republic, two-factor ANOVA

Format of citation: Heba I., Khlyusov V.R., Bezborodov Yu.G. The role of bioremediants in reducing soil electrical conductivity and salinity // Prirodoobustrojstvo. 2024. № 4. P. 44-51. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-44-51>

Введение. Засоленность почв представляет собой серьезную проблему для сельского хозяйства, особенно в аридных регионах – таких, как Сирийская Арабская Республика. Высокое содержание растворимых солей в почве снижает ее плодородие и ухудшает условия для роста растений. Применение биомелиорантов – таких, как компост и биопрепараты, может существенно улучшить состояние почв за счет снижения электропроводности и, соответственно, засоленности. Актуальность исследований заключается в необходимости поиска эффективных методов улучшения почвенных условий в аридных зонах для обеспечения устойчивого сельского хозяйства. А.И. Поздняков [1] описывает методику измерения электропроводности почвенных растворов с использованием электродов. Эта методика позволяет точно определять содержание растворимых солей в почве, что является важным показателем ее плодородия и степени засоленности.

Р.Ф. Байбеков с соавт. [2] использовал метод вертикального электрического зондирования для оценки деградации почв. Эта методика позволяет проводить быстрый и эффективный мониторинг состояния почвы в полевых условиях [3]. F. Slanker, G. Miller [4] рассматривают использование временной доменной рефлектометрии (TDR) для измерения электропроводности почвы. TDR-методика предоставляет точные данные о состоянии почвы без необходимости извлечения почвенного раствора, что делает ее удобной для полевых условий. M.R. Carter, E.G. Gregorich [5] описывают использование многоэлектродных систем для измерения объемной электропроводности почвы. Эта методика позволяет получать пространственные распределения электропроводности, что полезно для выявления неоднородностей в почвенном профиле. P. Smith, C. Fang, J. Dawson [6] описывают влияние применения биоугля на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Авторы демонстрируют положительное влияние биоугля на улучшение структуры почвы и снижение ее электропроводности. D.L. Jones, V.B. Willett [7]

приводят экспериментальную оценку различных методов определения органического вещества и микробной биомассы в почвах. Авторы сравнивают эффективность этих методов для различных типов почв и дают рекомендации по их применению.

Книга D. Hillel [8] представляет собой руководство по физике почв и включает в себя разделы по водно-физическим свойствам и электропроводности почв. Автор рассматривает как фундаментальные аспекты, так и практические приложения для улучшения состояния почв. N.C. Brady, R.R. Weil в своем учебном пособии [9] охватывают широкий спектр тем, связанных с почвенными науками, включая химические и физические свойства почв, их влияние на электропроводность и методы улучшения состояния почв.

Цель исследований: изучение влияния различных биомелиорантов на электропроводность почв на разных глубинах с целью снижения засоленности почв в аридных условиях Сирийской Арабской Республики.

Материалы и методы исследований. В исследованиях использована методика [1], предназначенная для измерения электропроводности почвенных растворов с использованием электродных ячеек. Этот метод позволяет оценить степень засоленности почвы и ее способность проводить электрический ток. Для измерения электропроводности использовались специальные ячейки с электродами из инертного материала – графита, а также кондуктометр, откалиброванный по растворам известной концентрации солей. Дистиллированная вода использовалась для приготовления почвенных суспензий, которые смешивались в стаканах и перемешивались с помощью мешалки. Точные объемы измерялись с использованием пипеток и мерных цилиндров.

Образцы почвы отбирались с разных глубин (0-25 см, 26-50 см, 51-75 см, 76-100 см) в количестве, достаточном для анализа. Образцы высушивались до постоянной массы при температуре 105°C, чтобы удалить влагу, и просеивались

через сито с диаметром отверстий 2 мм для удаления крупных частиц и органических остатков.

Для каждого образца почвы бралась навеска массой 10 г, к которой добавлялась дистиллированная вода в соотношении 1:2 (10 г почвы + 20 мл воды). Суспензия тщательно перемешивалась с использованием мешалки в течение 5 мин для равномерного распределения солей в растворе, затем оставлялась на 24 ч при комнатной температуре для достижения равновесия.

Кондуктометр калибровался с использованием стандартных растворов хлорида калия (KCl) с известной электропроводностью. Электродная ячейка помещалась в почвенную суспензию, и кондуктометром измерялась электропроводность раствора в десисименсах на 1 м (dS/m). Для достижения требуемой точности проводились 3-кратные измерения для каждого образца, после чего рассчитывалось среднее значение электропроводности. При необходимости значения корректировались с учетом температуры измерений (стандартно – 25°C).

Полученные данные интерпретировались с учетом стандартов и норм по электропроводности для различных типов почв и условий, и результаты сравнивались с контрольными значениями для оценки эффективности применения биомелиорантов.

Схема полевого опыта. Исследования проводились в условиях полевого эксперимента в аридной зоне Сирии. Были организованы следующие варианты внесения в почву биологических мелиорантов: контроль (без внесения мелиорантов); компост из люцерны;

биопрепараты на основе бактерий вида *Bacillus*; компост + биопрепарат. Схема полевого опыта представлена рандомизированным размещением вариантов и контроля в 3-кратной повторности. Данные о электропроводности по вариантам опыта на разной глубине почвы представлены в таблице 1.

Представленные на рисунках 1, 2 ящики с усами отображают распределение электропроводности почв на различных глубинах для каждого варианта опыта. Эти графики позволяют визуально оценить медиану, интерквартильный размах и наличие выбросов в данных по электропроводности.

В целом графики по вариантам опыта характеризуются следующим образом:

1. В варианте «Контроль» электропроводность имеет тенденцию уменьшения с глубиной. Самые высокие значения электропроводности наблюдаются на глубине 0-25 см.

2. В варианте «Компост» – похожая тенденция уменьшения электропроводности с увеличением глубины. Значения электропроводности ниже, чем на контроле.

3. В варианте «Биопрепарат» электропроводность также снижается с глубиной, но менее выражено по сравнению с контролем и компостом. На глубине 76-100 см наблюдаются самые низкие значения электропроводности.

4. В варианте «Компост + биопрепарат» – самые низкие значения электропроводности. Уменьшение электропроводности с глубиной менее выражено, чем в других вариантах.

Заклучения свидетельствуют о том, что различные виды биомелиоранта влияют

Таблица 1. Данные электропроводности почвы по вариантам опыта на разной глубине профиля почвы

Table 1. Data on the electrical conductivity of the soil according to the experimental variants at different depths of the soil profile

Глубина слоя почвы, см <i>Depth of soil layer, cm</i>	Варианты опыта / <i>Variants of the experiment</i>			
	Контроль <i>control</i>	Компост <i>compost</i>	Биопрепарат <i>biopreparation</i>	компост + биопрепарат <i>compost + biopreparation</i>
0-25	8,19	7,43	6,18	5,93
0-25	8,21	7,47	6,20	5,57
0-25	8,23	7,45	6,22	5,31
26-50	7,66	6,93	6,15	5,95
26-50	7,63	6,96	6,20	5,87
26-50	7,66	6,96	6,16	5,88
51-75	6,75	6,18	5,58	5,60
51-75	6,74	6,20	5,60	5,76
51-75	6,76	6,19	5,59	5,41
76-100	6,17	5,71	5,22	5,10
76-100	6,19	5,67	5,22	5,33
76-100	6,25	5,73	5,19	5,22

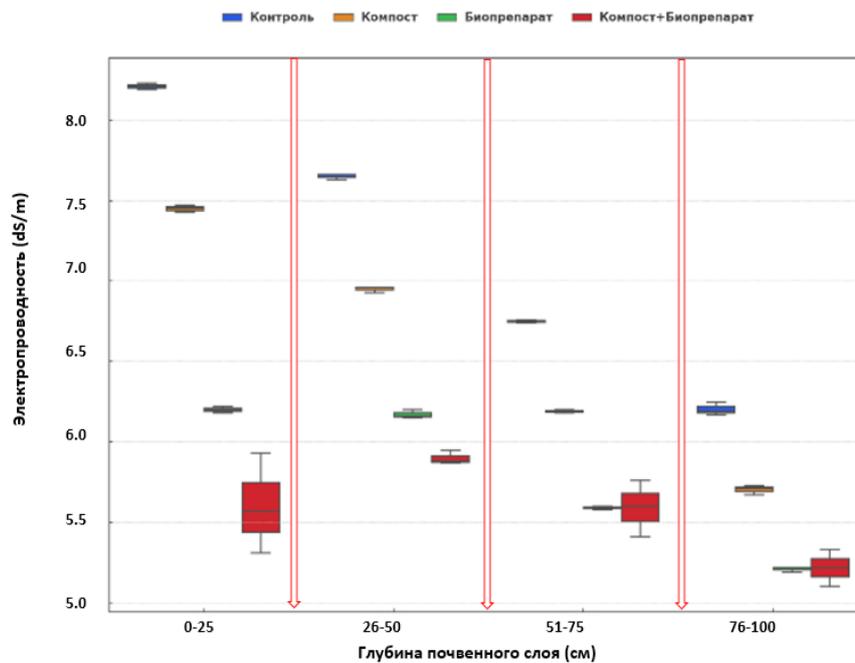


Рис. 1. Ящики с усами распределения электропроводности по вариантам опыта и глубине забора образцов почвы

Fig. 1. Boxes with whiskers for the distribution of electrical conductivity according to the experimental variants and the depth of soil sampling

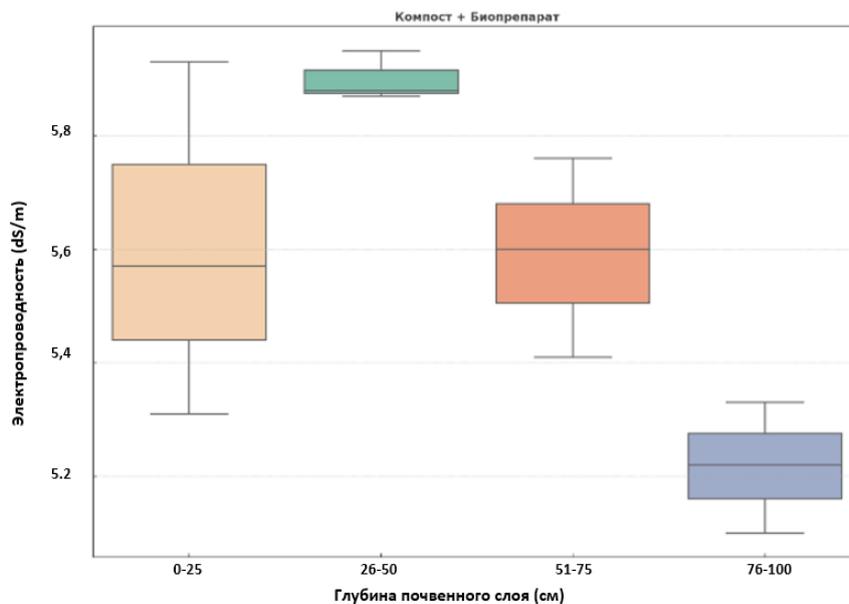


Рис. 2. Ящики с усами распределения электропроводности по лучшему варианту опыта «Компост + биопрепарат» на разной глубине забора образцов почвы

Fig. 2. Boxes with whiskers for the distribution of electrical conductivity according to the best version of the experiment "Compost + biopreparation" at different depths of soil sampling

на электропроводность, что в свою очередь связано с изменением засоленности и других физико-химических свойств почвы.

Результаты и их обсуждение. Данные были проанализированы с использованием двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями для выявления значимости влияния факторов «Вариант опыта» и «Глубина взятия образца» (табл. 2).

Результаты дисперсионного анализа (табл. 2) показали значительное влияние как типа мелиоранта, так и глубины забора образца на электропроводность почвы ($p < 0,05$). Взаимодействие между этими факторами также было статистически значимым. Во всех случаях F-критерий Фишера оказался больше теоретического на 1- и 5-процентном уровне значимости для соответствующего числа степеней свободы.

Таблица 2. Результат двухфакторного дисперсионного анализа оценки влияния на электропроводность биомелиорантов и глубины почвенного

Table 2. Result of two-factor ANOVA analysis assessment of the effect on electrical conductivity of biomeriorants and soil layer depth

Показатели <i>Indicators</i>	Контроль <i>Control</i>	Компост <i>Compost</i>	Биопрепарат <i>Biopreparation</i>	Компост + биопрепарат <i>Compost + biopreparation</i>	Итого <i>Total</i>
Глубина 0-25 см / Depth 0-25 cm					
Повторности / <i>Repetitions</i>	3	3	3	3	12
Сумма / <i>Sum</i>	24,63	22,35	18,60	16,81	82,39
Среднее / <i>Average</i>	8,2100	7,4500	6,2000	5,6033	6,8658
Дисперсия / <i>Dispersion</i>	0,0004	0,0004	0,0004	0,0969	1,1593
Глубина 26-50 см / Depth 26-50 cm					
Повторности / <i>Repetitions</i>	3	3	3	3	12
Сумма / <i>Sum</i>	22,95	20,85	18,51	17,70	80,01
Среднее / <i>Average</i>	7,6500	6,9500	6,1700	5,9000	6,6675
Дисперсия / <i>Dispersion</i>	0,0003	0,0003	0,0007	0,0019	0,5138
Глубина 51-75 см / Depth 51-75 cm					
Повторности / <i>Repetitions</i>	3	3	3	3	12
Сумма / <i>Sum</i>	20,25	18,57	16,77	16,77	72,36
Среднее / <i>Average</i>	6,7500	6,1900	5,5900	5,5900	6,0300
Дисперсия / <i>Dispersion</i>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0307	0,2596
Глубина 76-100 см / Depth 76-100 cm					
Повторности / <i>Repetitions</i>	3	3	3	3	12
Сумма / <i>Sum</i>	18,61	17,11	15,63	15,65	67
Среднее / <i>Average</i>	6,2033	5,7033	5,2100	5,2167	5,5833
Дисперсия / <i>Dispersion</i>	0,0017	0,0009	0,0003	0,0132	0,1864
Итого / Total					
Повторности / <i>Repetitions</i>	12	12	12	12	-
Сумма / <i>Sum</i>	86,44	78,88	69,51	66,93	-
Среднее / <i>Average</i>	7,2033	6,5733	5,7925	5,5775	-
Дисперсия / <i>Dispersion</i>	0,6600	0,4951	0,1881	0,0901	-
Дисперсионный анализ / Dispersion (ANOVA) analysis					
Источник вариации <i>Source of variation</i>	SS	df	MS	F_{расч.}	F_{05/01}
Вариант опыта <i>Variant of the experiment</i>	12,4923	3	4,1641	448,6	2,90/4,49
Глубина, см / Depth, cm	20,0349	3	6,6783	719,4	2,90/4,49
Взаимодействие / Interaction	2,9774	9	0,3308	35,6	2,19/2,98
Внутри / Inside	0,2971	32	MSE = 0,0093		
Итого / Total	35,8017	47			

После дисперсионного анализа и доказательства статистических различий между вариантами опыта и глубиной взятия образцов почвы было произведено парное сравнение средних значений. Для этого был использован тест Тьюки – статистический метод для проведения множественных сравнений средних значений. Основная цель теста Тьюки – выявить, какие конкретные варианты отличаются друг от друга, обеспечивая контроль уровня ошибки при множественных сравнениях (табл. 3).

Шаги для расчета HSD (Tukey's Honest Significant Difference – точная и необходимая разница (ТНР) по Тьюки):

Расчёт HSD производится по формуле:

$$HSD = Q \times \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

где: Q – критическое значение распределения Тьюки, которое выбирается из таблицы стандартных значений коэффициента Q для 5%-ного уровня значимости соответствующего числа вариантов опыта (k) и числа степеней свободы для внутригрупповых ошибок (df). Для k = 4 и степени свободы внутри групп df = 32 коэффициент Q имеет значение 3,8; n – число повторности в вариантах опыта; MSE – значение среднеквадратического отклонения составляет 0,0093 и берется из итоговых результатов дисперсионного анализа (табл. 2).

Таблица 3. Результаты множественных сравнений электропроводности по вариантам опыта и глубинам профиля почв тестом Тьюки
 Table 3. Results of multiple comparisons of electrical conductivity by experimental variants and depths of soil profile by the Tukey test

Сравниваемые варианты опыта Comparison of the experiment options		Разница средних Difference of averages	HSD (ТНР)	p-значение Accurate necessary difference of Turkey	Различия Differences
Глубина 0-25 см					
Контроль / Control	Компост / Compost	0,76	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Биопрепарат / Biopreparation	2,01	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	2,61	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Биопрепарат / Biopreparation	1,25	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	1,85	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Биопрепарат Biopreparation	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,60	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Глубина 26-50 см					
Контроль / Control	Компост / Compost	0,70	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Биопрепарат / Biopreparation	1,48	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	1,75	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Биопрепарат / Biopreparation	0,78	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	1,05	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Биопрепарат Biopreparation	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,27	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Глубина 51-75 см					
Контроль / Control	Компост / Compost	0,56	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Биопрепарат / Biopreparation	1,16	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	1,16	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Биопрепарат / Biopreparation	0,60	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,60	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Биопрепарат Biopreparation	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,00	1,000	>0,05	Нет
Глубина 75-100 см					
Контроль / Control	Компост / Compost	0,50	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Биопрепарат / Biopreparation	0,99	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Контроль / Control	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,99	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Биопрепарат / Biopreparation	0,49	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Компост / Compost	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,49	0,211	<0,05	ЕСТЬ
Биопрепарат Biopreparation	Компост + биопрепарат Compost + biopreparation	0,00	1,000	>0,05	Нет

При всех указанных условиях значение точной и необходимой разницы по Тьюки (*HSD*) рассчитывается по формуле:

$$HSD = 3,8 \times \sqrt{\frac{0,00928}{3}} = 0,211.$$

Таблица 3 включает пары сравниваемых вариантов, разницу средних значений по вариантам опыта, которая оценивается с критическим

значением *HSD*. Если разница средних значений между вариантами опыта больше критического ($HSD = 0,211$), то различия считаются значимыми на 5-ти процентном уровне значимости ($p < 0,05$).

Подтверждением существенности различий в электропроводности между вариантами опыта и глубиной почвенного профиля служит столбчатая диаграмма (рис. 3).

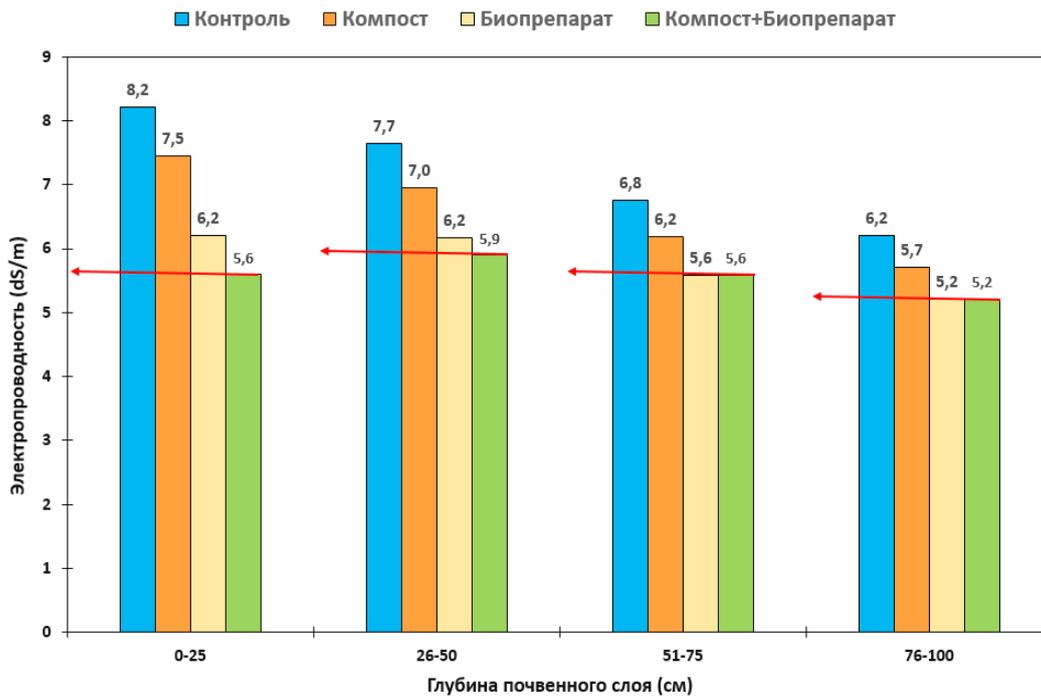


Рис. 3. Изменения параметров электропроводности по вариантам опыта и с глубиной профиля почв

Fig. 3. Changes of electrical conductivity parameters by the experiment variants and depths of soil profile

Наряду со статистической оценкой электропроводности по вариантам опыта с учётом глубины её измерения следует указать на уже известную взаимосвязь электропроводности и водно-физических и химических свойств почв. Так, электропроводность почвы тесно связана с ее водно-физическими и химическими свойствами. При этом важно учитывать следующие явления и параметры:

1. Влажность почвы влияет на электропроводность, так как вода в почве действует как растворитель для солей, повышая проводимость.

2. Гранулометрический состав и плотность почвы влияют на пористость, и соответственно – на движение воды и растворимых веществ.

3. Высокое содержание органического вещества может связывать соли, влияя на электропроводность.

4. Кислотность почвы влияет на растворимость различных солей, что в свою очередь изменяет ее электропроводность.

Также следует учитывать, что засоленность почвы определяется концентрацией растворимых солей, которые могут существенно влиять на электропроводность. Такие соли, как хлориды, сульфаты, карбонаты и бикарбонаты натрия, кальция и магния, увеличивают электропроводность почвы. Таким образом, существует прямая корреляционная связь между содержанием солей и электропроводностью: чем больше концентрация солей, тем выше электропроводность.

Применение биомелиорантов привело к значительному снижению электропроводности почвы, что свидетельствует о снижении содержания растворимых солей. Это особенно важно для верхнего слоя почвы, который наиболее подвержен засолению и наиболее важен для корневой системы растений. Компост и биопрепараты могут способствовать улучшению структуры почвы и увеличению содержания органического вещества, что в свою очередь уменьшает концентрацию солей в почвенном растворе.

Результаты исследований особенно важны для аридных условий Сирийской Арабской Республики, где проблема засоленности почв является сверхактуальной. Введение биомелиорантов может существенно улучшить состояние почв и способствовать устойчивости сельского хозяйства в регионе.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности биомелиорантов для улучшения почвенных условий и снижения засоленности, что может способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Выводы

1. Применение биомелиорантов значительно снижает электропроводность почвы.
2. Наибольшее снижение электропроводности наблюдается в верхнем слое почвы (0-25 см).
3. Комбинированное применение компоста и биопрепарата оказывает наибольший эффект влияния на снижение электропроводности.

Список использованных источников

1. Поздняков А.И. Использование полевых электрофизических методов с целью улучшения методики исследования почв // Пленарные доклады Всероссийской конференции «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации». М.: МГУ, 2005. С. 67-72.
2. Байбеков Р.Ф. Оценка деградации почв с использованием метода вертикального электрического зондирования / Седых В.А., Савич В.И., Устюжанин А.А., Саидов А.К. // Плодородие. 2012. № 5. С. 24-26.
3. Безбородов Г.А., Безбородов А.Г., Безбородов Ю.Г. Совершенствование методики мониторинга солевого режима орошаемых земель // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 29-31.
4. Slanker F., Miller G. Use of Time Domain Reflectometry for Measuring Soil Conductivity // Soil Science Society of America Journal. 1976. Vol. 40, № 4. Pp. 498-502.
5. Carter M.R., Gregorich E.G. Multiple Electrode Systems for Soil Conductivity Measurement // Soil and Tillage Research. 1992. Vol. 24, Iss. 2. Pp. 137-145.
6. Smith P., Fang C., Dawson J. Impact of biochar application on soil properties and crop yield // Agronomy Journal. 2008. Vol. 100, № 3. Pp. 463-472.
7. Jones D.L., Willett V.B. Experimental evaluation of methods to determine soil organic matter and microbial biomass in a range of soil types // Soil Biology and Biochemistry. 2006. Vol. 38, Iss. 6. Pp. 1094-1103.
8. Hillel D. Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations // Academic Press. San Diego. 1998. Pp. 771.
9. Brady N.C., Weil R.R. The Nature and Properties of Soils // Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2008. Pp. 975.

Об авторах

Исмаил Хеба, аспирантка кафедры землеустройства и лесоводства, ihiba873@gmail.com

Виталий Константинович Хлюстов, д-р с.-х. наук, профессор кафедры землеустройства и лесоводства; ORCID0000-0001-8323-5750, Scopus 57210104945, WOS Researcher ID: AAE-7093-2022, РИНЦ ID: 507286, vkhlyustov@rgau-msha.ru

Юрий Германович Безбородов, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой землеустройства и лесоводства; ORCID0000-0001-5293-2342, Scopus 6603491005, WOS Researcher ID: G-7544-2018, РИНЦ ID: 271273, ubezborodov@rhau-msha.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Хеба И., Хлюстов В.К., Безбородов Ю.Г. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов / Authors' contributions

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 16.05.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 25.06.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 25.06.2024

References

1. Pozdnyakov A.I. Use of field electro physical methods for the purpose of improving the methods of soil research // Plenary reports of the All-Russian conference "Experimental information in soil science: theory and ways of standardization. Moscow: Faculty of soil science of Moscow State University, 2005. P. 67-72.
2. Baybekov R.F. Assessment of soil degradation using the method of vertical electric sensing / Sedykh V.A., Savich V.I., Ustyuzhanin A.A., Saidov A.K. // Fertility. 2012. № 5. P. 24-26.
3. Bezborodov G.A. Improvement of the monitoring method of the salt regime of irrigated lands / G.A. Bezborodov, A.G. Bezborodov, Yu.G. Bezborodov // Land reclamation and water economy. 2008. № 6. P. 29-31.
4. Slanker F., Miller G. (1976). Use of Time Domain Reflectometry for Measuring Soil Conductivity. Soil Science Society of America Journal, 1976, Vol. 40, No. 4, pp. 498-502.
5. Carter M.R., Gregorich E.G. (1992). Multiple Electrode Systems for Soil Conductivity Measurement. Soil and Tillage Research, 1992, Vol. 24, Issue 2, pp. 137-145.
6. Smith P., Fang C., Dawson J. (2008). Impact of biochar application on soil properties and crop yield. Agronomy Journal, 2008, Vol. 100, No. 3, pp. 463-472.
7. Jones D.L., Willett V.B. (2006). Experimental evaluation of methods to determine soil organic matter and microbial biomass in a range of soil types. Soil Biology and Biochemistry, 2006, Vol. 38, Issue 6, pp. 1094-1103.
8. Hillel D. (1998). Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations. Academic Press, San Diego, 1998, pp. 771.
9. Brady N.C., Weil R.R. (2008). The Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2008, pp. 975.

Information about the authors

Ismail Heba, post graduate student of the department of land management and forestry; ihiba873@gmail.com

Vitaliy K. Khlyustov, DSc (Agro), professor of the department of land management and forestry; ORCID0000-0001-8323-5750, Scopus 57210104945, WOS Researcher ID: AAE-7093-2022, RSCI ID: 507286, vkhlyustov@rgau-msha.ru

Yuriy G. Bezborodov, DSc (Eng), associate professor, head of the department of the department of land management and forestry; ORCID0000-0001-5293-2342, Scopus 6603491005, WOS Researcher ID: G-7544-2018, RSCI ID: 271273, ubezborodov@rhau-msha.ru

I. Heba, V.K. Khlyustov, Yu.G. Bezborodov carried out practical and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.