

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ОБРАБОТКИ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ НА МИКРОБИОТУ ПОЧВОПОДОБНОГО СУБСТРАТА С ПОМОЩЬЮ ОДНОФАКТОРНОГО ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА*

Проведен однофакторный дисперсионный анализ воздействия соломы пшеницы, обработанной различными способами, на микробный ценоз почвоподобного субстрата (ППС). Установлено статистически значимое влияние абиотического фактора «способ обработки соломы пшеницы» на численность изучаемых групп микроорганизмов в различных вариантах опыта.

Ключевые слова: солома пшеницы, индикаторные группы микроорганизмов, почвоподобный субстрат, однофакторный дисперсионный анализ.

O.V. Sysoeva, L.S. Tirranen

THE ASSESSMENT OF THE WHEAT STRAW PROCESSING METHOD INFLUENCE ON THE SOIL-LIKE SUBSTRATE MICROBIOTA WITH THE HELP OF ONE-FACTORIAL DISPERSIVE ANALYSIS

The influence one-factorial dispersive analysis of the wheat straw processed by various methods on the micro-biocoenosis of soil-like substrate (SLS) is conducted. The statistically significant influence of the abiotic factor "the method of the wheat straw processing" on the number of the studied microorganism groups in the experiment different versions is established.

Key words: wheat straw, indicator groups of microorganisms, soil-like substrate, one-factorial dispersive analysis.

Введение. В настоящее время существуют различные системы жизнеобеспечения (СЖО), где основными компонентами являются высшие растения [1, 2].

Солома пшеницы, несъедобные остатки растений, выращиваемых в биологической системе жизнеобеспечения, представляют собой возобновляемый источник растительного сырья. N.S. Manukovsky *et al.* [3] предложили переработку растительных отходов в почвоподобный субстрат (ППС) с достаточно высоким плодородием, позволяющим культивировать на нем растения в искусственных условиях.

Цель работы. Исследовать с помощью однофакторного дисперсионного анализа влияние абиотического фактора (способ обработки соломы пшеницы) на микробиоту почвоподобного субстрата, используемого для выращивания культуры редиса *Raphanus sativus* L.

Материалы и методы. При исследовании влияния способа обработки соломы (абиотического фактора) объектом исследований являлась микробиота почвоподобного субстрата (ППС) с выращиваемой на нем культурой редиса *Raphanus sativus* L.

При определении действия способа обработки пшеничной соломы на индикаторные группы микроорганизмов почвоподобного субстрата фоном служила микробиота ППС без выращиваемых растений редиса и без соломы пшеницы. Перед посевом семян редиса в каждый вегетационный сосуд вносили 40 г соломы, обработанной одним из 3 способов:

1 – солому минерализовали физико-химическим способом по методу Ю.А. Куденко и Р.А. Павленко [4]. Полученный раствор в течение всего периода вегетации равномерно добавляли в раствор для полива растений.

2 – в ППС вносили сухую пшеничную солому, не подвергшуюся какой-либо обработке.

3 – солому ферментировали: предварительно замачивали, сутки выдерживали в термостате при температуре 50 °С. Отжатую солому вносили в ППС, а сам отжим равномерно добавляли в раствор для полива в процессе вегетации редиса.

В работе использованы общепринятые методы посева, выделения и учета микроорганизмов [5, 6]. Статистическая обработка данных проведена по Г.Ф. Лакину [7] с помощью программы Microsoft Excel. Влияние различных способов обработки вносимой в ППС соломы пшеницы на численность индикаторных групп микроорганизмов в субстрате оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

* Работа выполнена в Институте биофизики СО РАН, г. Красноярск.

Результаты исследований и их обсуждение. Данные, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о зависимости численности отдельных исследованных групп микроорганизмов почвоподобного субстрата от способа обработки пшеничной соломы (рис. 1–6).

Внесение соломы, обработанной любым из использовавшихся способов, в почвоподобный субстрат (ППС) по сравнению с фоном статистически значимо (рис. 1) изменило численность бактерий, усваивающих органический азот, в ППС для выращивания растений редиса.

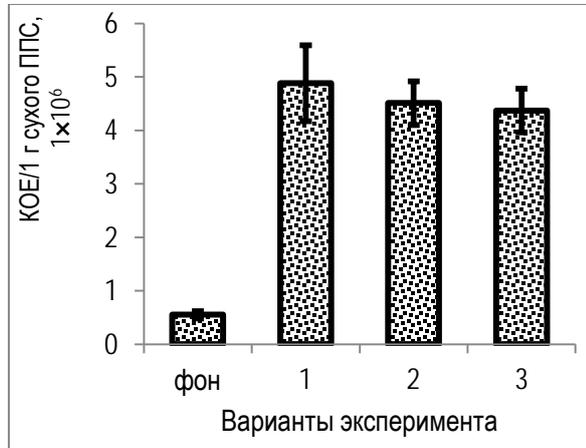


Рис. 1. Численность бактерий, усваивающих органический азот в почвоподобном субстрате в зависимости от способа обработки соломы

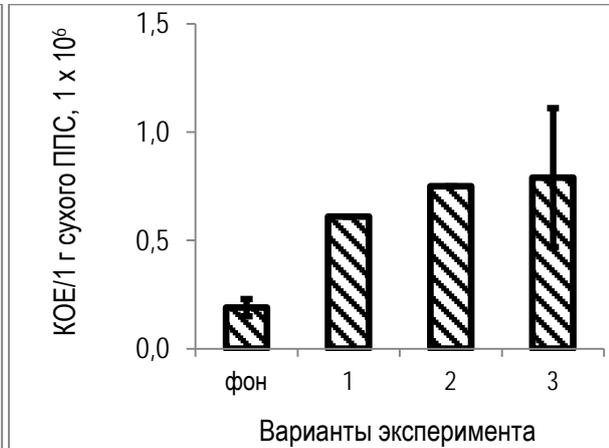


Рис. 2. Численность спорных бактерий в вегетативной стадии в почвоподобном субстрате в зависимости от способа обработки соломы

Примечание. Варианты опыта: фон – ППС без растений и без соломы; 1 – ППС с соломой, минерализованной перекисью водорода; 2 – ППС с сухой соломой; 3 – ППС с ферментированной соломой; КОЕ – колониеобразующие единицы; I – доверительный интервал.

Численность бактерий, усваивающих органический азот, статистически значимо (P -значение $< 0,05$), неслучайно ($F_{\phi} > F_{кр}$) изменялась в зависимости от способа обработки пшеничной соломы, внесенной в почвоподобный субстрат (табл. 1). Сила влияния способа обработки пшеничной соломы на количество бактерий, усваивающих органический азот, составила 60,87 %.

Таблица 1

Однофакторный дисперсионный анализ влияния способа обработки соломы пшеницы на численность бактерий, усваивающих органический азот

Источник вариации	SS	F_{ϕ}	P -значение	$F_{кр}$
Между вариантами способа обработки пшеницы	14,0	7,0	0,02	4,26
Внутри вариантов способа обработки пшеницы	9,0			
Итого	23,0			
Показатель силы влияния, %	60,87			

Примечание: SS – дисперсия; F_{ϕ} – фактическое значение критерия Фишера; P – значение – статистически значимые различия при $P \leq 0,05$; $F_{кр}$ – табличное значение критерия Фишера.

Во всех вариантах эксперимента в почвоподобном субстрате обнаружены спорные бактерии в вегетативной стадии, численность которых была достоверно выше по сравнению с фоном в вариантах с минерализованной и сухой соломой. Ферментированная солома достоверно не повлияла на количество общего числа спорных бактерий в вегетативной стадии (см. рис. 2).

Способы обработки соломы пшеницы, внесенной в почвоподобный субстрат, статистически значимо не влияют (P -значение $> 0,05$; $F_{\phi} < F_{кр}$) на численность спорных бактерий в вегетативной стадии (табл. 2).

Однофакторный дисперсионный анализ влияния способа обработки соломы пшеницы на численность спорообразующих бактерий в вегетативной стадии

Источник вариации	SS	F _ф	P-значение	F _{кр}
Между группами	0	0	1	4,26
Внутри групп	2			
Итого	2			
Показатель силы влияния, %	0			

Примечание: см. таблицу 1.

Во всех вариантах эксперимента в ППС выявлены бактерии группы кишечной палочки (БГКП). Высокая численность бактерий группы кишечной палочки в варианте с минерализованной соломой (рис. 3, вариант 1) является результатом присутствия в растворе легкодоступных для бактерий форм азота: NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ [4].

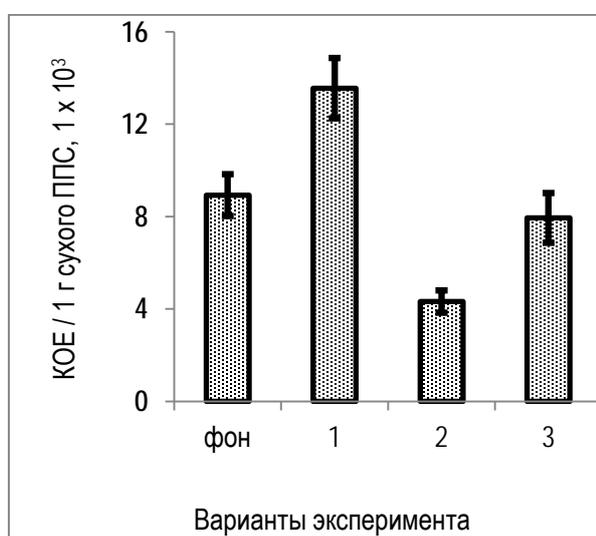


Рис. 3. Количество бактерий группы кишечной палочки в почвоподобном субстрате в зависимости от способа обработки соломы пшеницы

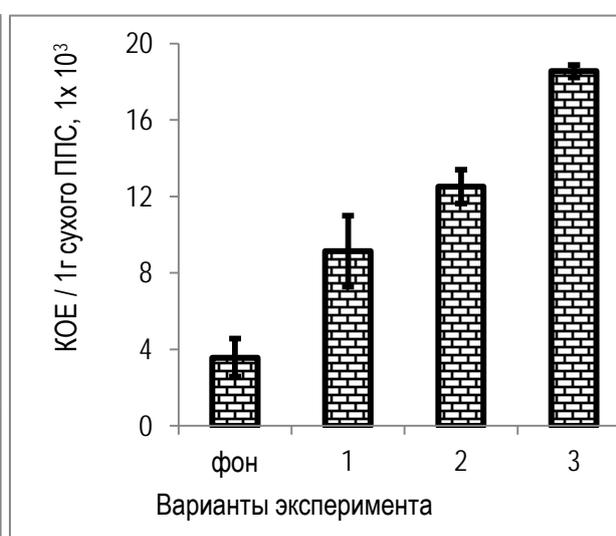


Рис. 4. Численность микромицетов в почвоподобном субстрате в зависимости от способа обработки соломы пшеницы

Примечание. Варианты опыта: фон – ППС без растений и без соломы; 1 – ППС с соломой, минерализованной перекисью водорода; 2 – ППС с сухой соломой; 3 – ППС с ферментированной соломой; КОЕ – колониеобразующие единицы; I – доверительный интервал.

Достоверно более низкая численность БГКП в почвоподобном субстрате в варианте с сухой соломой (рис. 3, вариант 2) объясняется высоким содержанием в пшеничной соломе трудноокисляемых веществ (лигнин, целлюлоза) [8].

Способ обработки соломы пшеницы, внесенной в ППС, оказывает статистически значимое влияние (P -значение $< 0,05$) на численность бактерий группы кишечной палочки в субстрате. Изменения количества бактерий были неслучайны ($F_{ф} > F_{кр}$). Численность БГКП на 94,0 % зависела от способа обработки пшеничной соломы (табл. 3).

Таблица 3

Однофакторный дисперсионный анализ влияния способа обработки пшеничной соломы на численность бактерий группы кишечной палочки

Источник вариации	SS	F _ф	P-значение	F _{кр}
Между группами	587,17	70,46	3,18 x 10 ⁻⁶	4,26
Внутри групп	37,5			
Итого	624,67			
Показатель силы влияния, %	94,00			

Примечание. SS – дисперсия; F_ф – фактическое значение критерия Фишера; P-значение – статистически значимые различия при P ≤ 0,05; F_{кр} – табличное значение критерия Фишера.

Во всех вариантах эксперимента численность микроскопических грибов в ППС выше, чем в фоне (рис. 4). Внесение в ППС ферментированной и сухой соломы (рис. 4) способствовало достоверному увеличению в ППС числа микроскопических грибов по сравнению с фоном.

Способ обработки соломы пшеницы статистически значимо (P-значение < 0,05) влияет на количество микроскопических грибов (табл. 4). Различия в численности микромицетов неслучайны (F_ф > F_{кр}). Показатель силы влияния высок и равен 94,93 % (табл. 4).

Таблица 4

Однофакторный дисперсионный анализ влияния способа обработки пшеничной соломы на численность микроскопических грибов

Источник вариации	SS	F _ф	P-значение	F _{кр}
Между группами	38830,22	56,22	1,3 x 10 ⁻⁴	5,14
Внутри групп	2072			
Итого	40902,22			
Показатель силы влияния, %	94,93			

Примечание: см. таблицу 3.

На численность бактерий-анаэробов (рис. 5, варианты 1 и 2) способ обработки соломы пшеницы, внесенной в почвоподобный субстрат, не оказал статистически значимого влияния (P-значение > 0,05). Изменения были случайны (F_ф < F_{кр}) (табл. 5).

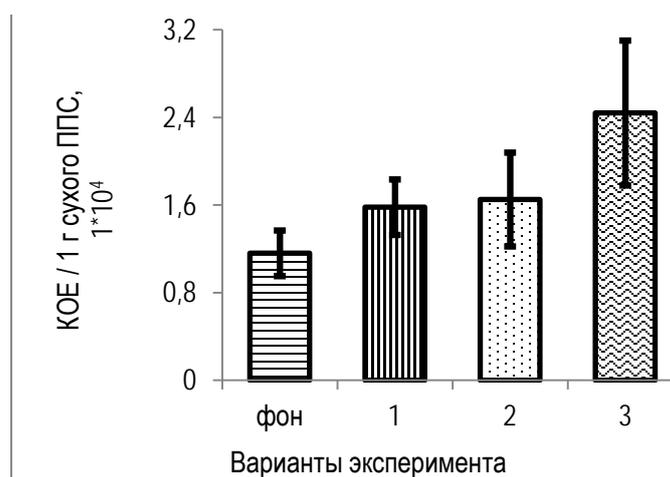


Рис. 5. Численность бактерий-анаэробов в почвоподобном субстрате в зависимости от способа обработки соломы пшеницы

Примечание. Варианты опыта: фон – ППС без растений и без соломы; 1 – ППС с соломой, минерализованной перекисью водорода; 2 – ППС с сухой соломой; 3 – ППС с ферментированной соломой; КОЕ – колониеобразующие единицы; I – доверительный интервал.

Наибольшее число бактерий-анаэробов обнаружено в варианте с ферментированной соломой пшеницы (рис. 5, вариант 3). Более высокое содержание бактерий-анаэробов в 3-м варианте эксперимента может быть результатом создания анаэробных условий, благоприятных для роста численности этой группы бактерий в термостате при замачивании пшеничной соломы. Достоверность различий показана только между численностью бактерий-анаэробов в ППС с ферментированной соломой и фоном (рис. 5).

Таблица 5

Однофакторный дисперсионный анализ влияния способа обработки пшеничной соломы на численность анаэробных бактерий

Источник вариации	SS	F _ф	P-значение	F _{кр}
Между группами	32,24	<1,39	0,30	4,46
Внутри групп	92,67			
Итого	124,91			
Показатель силы влияния, %	25,81			

Примечание. SS – дисперсия; F_ф – фактическое значение критерия Фишера; P-значение – статистически значимые различия при P ≤ 0,05; F_{кр} – табличное значение критерия Фишера.

Выводы

1. При добавлении в почвоподобный субстрат для выращивания монокультуры редиса, соломы пшеницы, обработанной любым из применявшихся способов, численность бактерий, усваивающих органический азот, и количество микроскопических грибов достоверно выше, чем в фоне.

2. При использовании минерализованной соломы пшеницы достоверно ниже численность споровых бактерий в вегетативной стадии, микроскопических грибов в почвоподобном субстрате по сравнению с другими способами обработки соломы.

Литература

1. Оранжевая в составе системы жизнеобеспечения эксперимента со 105-суточной изоляцией: биологические, технологические и психологические аспекты / М.А. Левинских, В.Н. Сычев, В.И. Гушин [и др.] // *Авиакосм. и экол. мед.* – 2010. – Т. 44, № 4. – С. 57–61.
2. Gitelson J.I., Lisovsky H.M., MacElroy. Manmade Closed Ecological Systems. Taylot and Frangis. – London, 2003. – 402 p.
3. Biotransformation of plant biomass in closed cycle / N.S. Manukovsky, V.S. Kovalev, I.G. Zolotukhin [et al.] // *26th International conference on environmental systems.* – Monterey, California USA SAE Technical paper series № 961417. – 1996. – 5 p.
4. Патент 2111939 Российская Федерация, 6 С 05 F 3/00. Способ утилизации отходов жизнедеятельности человека и несъедобной биомассы растений, приводящий к получению из них удобрений / Ю.А. Куденко, Р.А. Павленко. – № (21) 96114242/13; 10.07.96; 27.05.98, бюл. № 15. – 6 с.
5. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология. Университетский курс: учеб. – М.: Академия, 2012. – 384 с.
6. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – С. 270–271.
8. Состав и свойства продуктов каталитической делигнификации соломы в среде уксусной кислоты и пероксида водорода / Б.Н. Кузнецов, В.Г. Данилов, И.Г. Судакова [и др.] // *Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья.* – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2009. – Кн. 1. – С. 19–21.

