

О.Д. Пожарская, Ю.В. Хомяков, Т.Н. Данилова, К.М. Кляус

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ В НИХ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ

Введение. В связи с глобальными изменениями климата, которые влекут за собой перераспределение внутригодового выпадения осадков, появляются продолжительные периоды засухи, не свойственные данной территории ранее, что непосредственно влияет на водообеспеченность сельскохозяйственных культур. Для решения этой проблемы созданы различные технологии обработки и разработаны функциональные материалы. Одними из таких материалов являются суперабсорбирующие полимеры, или гидрогели. Многие исследования доказывают, что гидрогели благоприятно влияют на урожайность сельскохозяйственных посевов благодаря своей способности впитывать воду в объеме, превышающем свой собственный в несколько десятков раз, тем самым удерживая влагу в корнеобитаемом слое, не давая ей испаряться и стекать в более глубокие слои почвы. Вода, накопленная гидрогелем, постепенно отдается растению, что помогает ему бороться с засухой. Гидрогели в целом могут изменять свойства почвы, создавая крупные агрегаты, не давая ветру разносить частицы почвы, что предоставляет возможность использовать гидрогели для борьбы с эрозией почвы. Так как гидрогели вносятся в почву без возможности извлечь их оттуда, необходимо провести всестороннее исследование их поведения в почве и большое внимание уделить особенностям протекания процесса деструкции гидрогелей.

Полиакриламид является общим названием широкого класса соединений. Существуют сотни формул полиакриламида, которые различаются по длине полимерной цепи, количеству и видам функциональных групп и т.д. Полиакриламид, синтезированный с помощью сшивок, водонерастворим и при этом способен поглощать воду [Sojka et al., 2007].

Процесс деградации в почве связан с активностью микроорганизмов и ферментов. До настоящего времени микробная деградация полиакриламидных и полиакрилатных гелей остается недостаточно исследованной. Немногочисленные сведения о штаммах бактерий, разлагающих полиакриламид, подтверждают возможность использования микроорганизмами

этого полимера как источника углерода и азота и его полной утилизации [Максимова и др., 2023; Oksińska et al., 2019]. В исследовании [Stahl et al., 2000] проводили эксперимент по биодegradации двух суперабсорбирующих полимеров – сшитого нерастворимого полиакрилата и нерастворимого сополимера полиакрилата/полиакриламида. Было показано, что почвенные микроорганизмы не смогли минерализовать ни один полимер без предварительной обработки. Запустить процесс биодegradации способен грибок белой гнили *Phanerochaete chrysosporium* Burds. Грибок сольбилизировал полимеры, а почвенные микроорганизмы стимулировали минерализацию. В другом исследовании сообщалось, что полиакрилатные гидрогели практически не подвергаются биодegradации, и основная цепь полиакрилата разлагается в суглинистых почвах со скоростью не более 0,12-0,24% за 6 месяцев [Wilske et al., 2014]. Напрямую изучение дegradации гидрогелей по потере массы является маловероятным, потому что гидрогели, впитывая влагу, становятся гелеобразными, и в процессе эксперимента происходит потеря материала, поэтому изучение дegradации возможно по косвенным признакам. Биодegradация гидрогелей влияет на биологическую активность почвы, которую можно оценить по состоянию микробного сообщества, его дыханию и активности ферментов.

Целью исследования является оценка состояния микробного сообщества сельскохозяйственной почвы при инкубации с гидрогелями разных марок в течение 30 дней при постоянной температуре.

Материалы и методика исследования. Для эксперимента были выбраны три марки гидрогелей:

- Ритин-10 представляет собой сшитый сополимер полиакриламида. Синтезирован посредством внешнего воздействия ионизирующего излучения. 1 г гидрогеля удерживает около 300 мл воды, доступность влаги для растений – 95%, производительность в почве – до 5 лет;
- Aquasorb (Франция) – суперабсорбент на основе анионного полиакриламида, представляет собой нерастворимый в воде сшитый сополимер акриламида и акрилата калия. Абсорбент слабо подвержен биодegradации, не гидролизуеться, не биоаккумулируется. 1 г удерживает около 400 мл воды. Производительность в почве – до 5 лет;
- В-415К – сшитый сополимер акриламида акриловой кислоты, калийная соль. 10 г вещества поглощает 400 г воды. Отечественный производитель. Свойства гранул в почве стабильны до 5 лет [Данилова, Табынбаева, 2019].

Гидрогели вносили в образцы дерново-подзолистой супесчаной почвы, отобранной в Меньковском филиале Агрофизического научно-исследовательского института в Ленинградской области. Всего в эксперименте закладывали 4 группы образцов: 10 контрольных образцов, 10 проб с гидрогелем марки «Ритин-10», 10 образцов с гидрогелем марки «Aquasorb», 10 образцов с гидрогелем марки «В-415К». Для активации микроорганизмов почву увлажняли до влажности структурообразования. Образцы инкубировали в термостате при 28°C. Каждые три дня из термостата извлекали по одному образцу из каждой группы. Таким образом, для последних четырех проб время инкубирования составило 30 дней. В извлеченных образцах измеряли базальное дыхание (далее – БД), активность фермента уреазы, рассчитывался углерод микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) с помощью метода субстрат-индуцированного дыхания (СИД) и микробный метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$).

Измерение выделяемого CO_2 проводили с помощью газового хроматографа Кристалл-2000.

Для определения скорости базального дыхания (БД) 10 г высушенной на воздухе почвы увлажнили водой до влажности структурообразования, поместили во флакон объемом 60 мл, герметично закрыли и поместили в термостат на 24 ч при постоянной температуре 22 °С, после чего определили концентрацию CO_2 в газовой фазе и рассчитали БД, выражая его в $\text{mg CO}_2/\text{kg} \cdot \text{сут.}$

Активность фермента уреазы определяли аналогичным способом, вводя в подготовленный образец карбамид (мочевину) (0,05 мл/г) и инкубируя 2 ч при температуре 35 °С. Активность уреазы выражали в $\text{mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{сут.})$.

СИД почвы оценивали по скорости начального максимального дыхания микроорганизмов после обогащения почвы дополнительным источником энергии – глюкозой. В почвенный образец добавляли 0,5 мл раствора глюкозы, результирующая концентрация которой составляла 0,1 г на 10 мл, герметично закрывали и фиксировали время. Обогащенный глюкозой образец почвы инкубировался 2 ч при температуре 28 °С. Скорость СИД выражали в $\text{mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{сут.})$. Скорость СИД выражали в $\text{mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{сут.})$.

Углерод микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) почвы рассчитывали по формуле (1):

$$C_{\text{мик}} \left(\frac{\text{mgC}}{\text{kg}} \text{ почвы} \right) = \text{СИД} \left(\frac{\text{mgCO}_2}{\text{kg} \cdot \text{сут}} \right) \times 40,04 + 0,37. \quad (1)$$

Удельное дыхание микробной биомассы, или микробный метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$) рассчитывали как отношение (2):

$$q\text{CO}_2 = \frac{\text{БД}}{C_{\text{мик}}} \quad (2)$$

согласно [Завьялова и др., 2020; Anderson, Domsch, 1978].

Результаты исследования. Почвенные микроорганизмы – это обязательный компонент любого биогеоценоза, который выполняет многочисленные функции [Дмитракова, Абакумов, 2016]. Количество микроорганизмов в 1 г окультуренной почвы может превышать 10^9 клеток. В обрабатываемой почве основная функция микроорганизмов сводится к поддержанию оптимального питательного режима для сельскохозяйственных растений [Казакова, 2009]. Микроорганизмы, растения и почвенная биота синтезируют и выделяют в почвенную среду ферменты, которые становятся неотъемлемой частью активного компонента экосистемы, так как с помощью ферментов органическое вещество почвы и остатки биоты распадаются на промежуточные либо конечные продукты минерализации, образуя доступные питательные вещества для микроорганизмов и растений [Хазиев, 2015].

Базальное дыхание рассматривается как продуцирование CO_2 микроорганизмами почвы. Важным показателем, характеризующим плодородие почв, является углерод микробной биомассы. Еще в прошлом веке был разработан метод достаточно точного определения содержания микробного углерода, ставший классическим – физиологический метод определения микробной биомассы, или метод субстрат-индуцированного дыхания. Метод основан на постулате, что при первоначальном увеличении дыхания почвы после внесения глюкозы количество выделяемого CO_2 прямо пропорционально содержанию углерода в живой биомассе [Благодатский, Благодатская, 2005].

Полученные значения в почвенных образцах с разными марками гидрогелей отличаются по некоторым статистическим параметрам: среднему значению и размаху вариации (разбросу значений), что хорошо заметно на графике распределения значений концентраций (рис. 1). Минимальное и максимальное значения концентрации CO_2 в пробах с Aquasorb равны 160 и 243 $\text{мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$, пробы с данным видом гидрогеля имеют наибольший размах значений по сравнению с другими образцами. Наименьший размах значений имеют образцы с В-415К: минимальное значение равно 190, а максимальное – 235 $\text{мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$ У образцов с Ритином-10 минимальное и максимальное значения равны 185 и 264 $\text{мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$, у контрольных образцов – 206 и 265 $\text{мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$

Концентрация CO_2 в контрольных пробах менялась незначительно на протяжении всего времени инкубирования, за исключением 12-го дня, где зафиксирована минимальная концентрация – $206 \text{ mgCO}_2/\text{kg}^*\text{сут.}$ Через 30 дней, то есть в последний день инкубирования, концентрация CO_2 в контроле снизилась на 7% от значения концентрации в начале эксперимента и составила $247 \text{ mgCO}_2/\text{kg}^*\text{сут.}$ В образцах почвы с гидрогелями марок «Aquaorb» и «Ритин-10» концентрации CO_2 в конце эксперимента снизились на 28% и 30% и составили 174 и 185 $\text{mgCO}_2/\text{kg}^*\text{сут.}$ соответственно. Значение концентрации в пробах с гидрогелем марки «B-415K» в конце месяца увеличилось на 4% и составило $235 \text{ mgCO}_2/\text{kg}^*\text{сут.}$ (рис. 2).

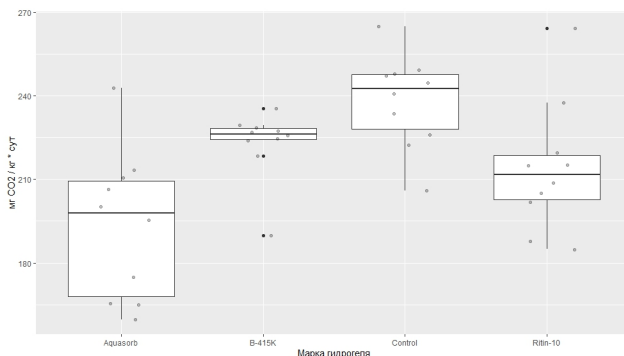


Рис. 1. График плотности распределения значений концентраций
 Fig. 1. Plot of distribution density of concentration values

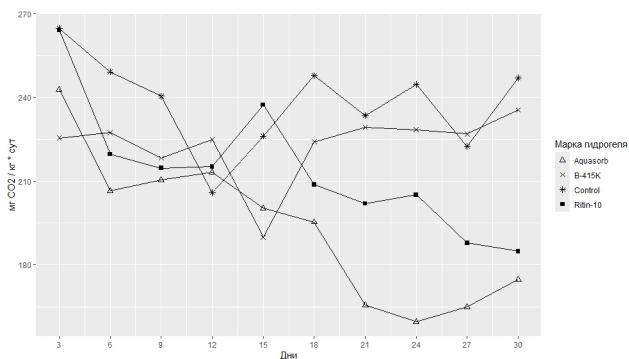


Рис. 2. График концентраций CO_2 ($\text{mgCO}_2/\text{kg}^*\text{сут.}$) в зависимости от вида гидрогеля и времени инкубации
 Fig. 2. Plot of CO_2 concentrations ($\text{mgCO}_2/\text{kg}^*\text{сут.}$) depending on hydrogel type and incubation time

Уреаза является одним из наиболее изученных ферментов. Активность уреазы – это один из основных показателей биологической активности почвы. Уреаза непосредственно не участвует в процессе разложения полимеров, ее активность зависит от количества азотсодержащих соединений, образующихся в процессе разложения какого-либо вещества, например, гидрогелей, другими микроорганизмами.

На рис. 3 представлен график активности уреазы по количеству выделяемого CO_2 . Наибольшая активность наблюдается в контрольных образцах, также здесь зафиксирован большой разброс значений – от минимального $14,6 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$ до максимального $89,5 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$ – на 30-й день. У проб с гидрогелями активность уреазы ниже контрольных, но в целом тенденция к увеличению активности фермента наблюдалась в образцах всех исследуемых видов гидрогелей. Наименьшая активность и меньший разброс значений, вероятнее всего, связаны с присутствием в почве гидрогеля, который впитал часть мочевины, внесенной для активизации работы фермента. Среди проб с гидрогелями наибольший размах значений – у проб почвы с Ритином-10, от минимального $11,5 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$ до максимального $42 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$ на 30-й день. У проб с Aquasorb и В-415К размах значений приблизительно одинаковый. У проб с гидрогелями значения медианы незначительно отличаются: пробы с Ритином-10 – $28,2 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$; Aquasorb – $27,7 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$; В-415К – $28,7 \text{ мгCO}_2/\text{кг}\cdot\text{сут.}$

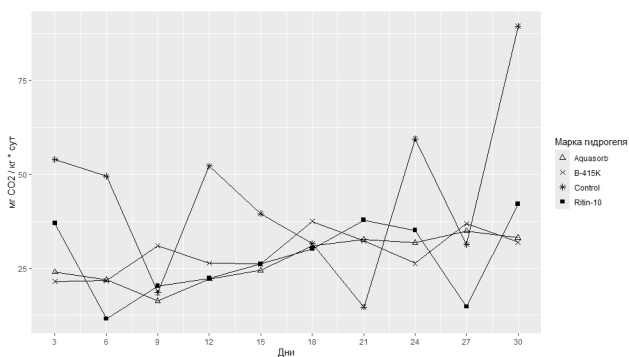


Рис. 3. Активность фермента уреазы по количеству выделяемого CO_2 в течение 30 дней инкубирования

Fig. 3. Urease enzyme activity by the amount of CO_2 released during 30 days of incubation

Полученные с помощью метода субстрат-индуцированного дыхания результаты значений углерода микробной биомассы коррелируют с полученными данными для базального дыхания. В образцах почвы с гидрогелем В415-К микробная биомасса имеет минимальное содержание на 15-й день эксперимента, а в последующие дни происходит ее рост. С 3-го дня эксперимента и по 30-й день микробная биомасса увеличилась на 31% и составила 29 002 мгСО₂/кг*сут. В остальных образцах с гидрогелями и в контрольных микробная биомасса снизилась за 30 дней инкубирования: для проб с Ритином-10 и Aquasorb – на 15%, для контрольных – на 4% (рис. 4).

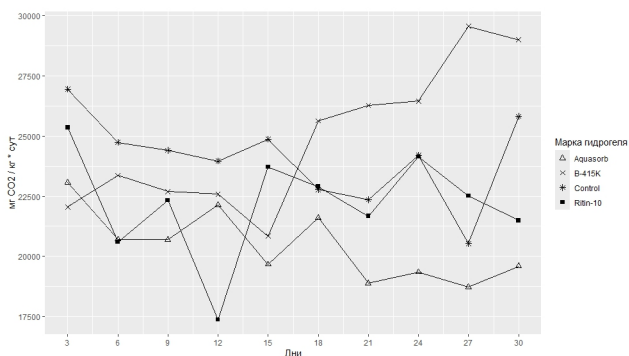


Рис. 4. Изменение биомассы микроорганизмов по количеству выделяемого СО₂ в течение 30 дней инкубирования

Fig. 4. Change in microbial biomass by the amount of CO₂ released during 30 days of incubation

Микробный метаболический коэффициент (qCO₂) – это интегральный показатель биологического состояния почв. Он отражает изменение базального дыхания и микробной биомассы почвы: чем ниже значение, тем лучше состояние микробного сообщества. В контрольных образцах наблюдается увеличение значения показателя к 30-му дню, у проб с гидрогелями этот показатель снижается (рис. 5). Все образцы почвы с гидрогелями улучшили состояние почвенных микроорганизмов. Для всех проб с гидрогелями заметное снижение показателя, а, соответственно, улучшение состояния микробиоты произошло между 15-м и 18-м днем эксперимента.

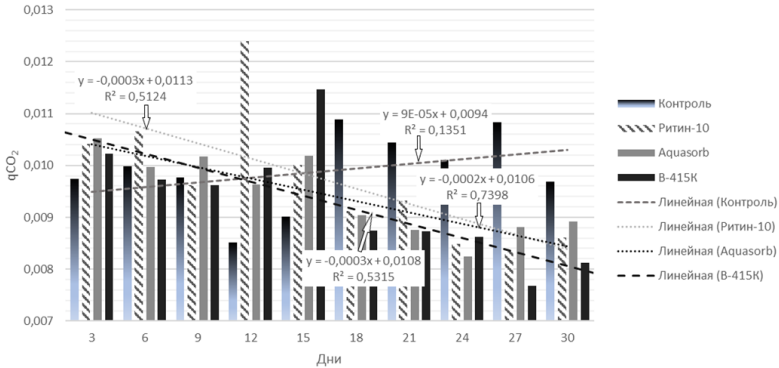


Рис. 5. Изменение микробного метаболического коэффициента
 Fig. 5. Change in microbial metabolic quotient

В табл. 1 приводятся полученные аппроксимационные зависимости концентрации диоксида углерода, активности фермента уреазы и биомассы микроорганизмов как степенные функции дня в пределах месячного интервала. Расчетные формулы дают возможность получить качественную и количественную оценку исследуемых параметров.

Таблица 1

Зависимости для расчетного прогноза базального дыхания, активности фермента уреазы и биомассы микроорганизмов в течение 30 дней инкубирования

Dependencies for the calculated prediction of basal respiration, urease enzyme activity and microbial biomass during 30 days of incubation

Наименование исследуемого параметра	Марка гидрогеля		
	Ритин-10	Aquasorb	B-415K
Базальное дыхание по количеству выделяемого CO ₂ (рис. 2)	$y_1 = 293,12x^{-0,123}$ $R^2 = 0,7291$	$y_1 = 295,77x^{-0,166}$ $R^2 = 0,7875$	$y_1 = 217,70x^{0,0086}$ $R^2 = 0,0115$
Активность фермента уреазы по количеству выделяемого CO ₂ (рис. 3)	$y_2 = 18,345x^{0,1293}$ $R^2 = 0,0561$	$y_2 = 14,481x^{0,2322}$ $R^2 = 0,5943$	$y_2 = 17,01x^{0,1999}$ $R^2 = 0,4988$
Изменение биомассы микроорганизмов по количеству выделяемого CO ₂ (рис. 4)	$y_3 = 23024x^{-0,016}$ $R^2 = 0,0121$	$y_3 = 24718x^{-0,074}$ $R^2 = 0,5883$	$y_3 = 18124x^{0,1185}$ $R^2 = 0,5202$

Примечание: y_1 – базальное дыхание (мгCO₂/кг*сут.); y_2 – активность фермента уреазы (мгCO₂/кг*сут.); y_3 – биомасса микроорганизмов (мгCO₂/кг*сут.); x – день месяца ($1 \leq x \leq 30$)

Стоит отметить, что в начале эксперимента все исследуемые параметры в образцах почвы с гидрогелями уступают контролю. Базальное дыхание и активность фермента уреазы на 3-й день эксперимента имеют наибольшие значения в контрольных образцах. Гидрогели впитывают воду, глюкозу и мочевины, которые добавляли в процессе эксперимента. Тем самым мы получали более низкий отклик микроорганизмов по сравнению с контролем. Минимальный разброс значений базального дыхания в образцах с В-415К говорит о том, что гидрогель в течение месяца более равномерно отдавал воду, что проявилось в слабом колебании значений в течение всего эксперимента. Ритин-10 и Aquasorb в начале эксперимента имели более высокие показатели базального дыхания, но в дальнейшем значения начали снижаться. В образцах с Aquasorb были отмечены минимальные значения базального дыхания, полученные в эксперименте на 18-й день. Они продолжали снижаться до 24-го дня, затем снова стали расти. Увеличение биомассы микроорганизмов в образцах с В-415К можно объяснить двумя способами: гидрогель имеет хорошую структуру, что помогает ему установить и сохранять определенный уровень влажности, обеспечивающий благоприятную среду для микроорганизмов; химическая структура гидрогеля оказалась менее устойчивой, и микроорганизмы получили дополнительный источник углерода и азота, что способствовало наращиванию биомассы.

Заключение. В целом за 30 дней эксперимента обнаружено положительное влияние гидрогелей на сообщество почвенных микроорганизмов. В данном эксперименте невозможно достоверно установить, становится ли гидрогель доступен для микроорганизмов как источник необходимых для жизнедеятельности элементов, но его наличие в почве улучшает состояние микроорганизмов, а в случае с гидрогелем марки «В-415К» еще и способствует увеличению их биомассы.

Вклад авторов. Пожарская О.Д. – сбор данных литературы, проведение анализов и обработка полученных данных; Хомяков Ю.В. – обоснование концепции исследования, постановка эксперимента; Данилова Т.Н. – обоснование концепции исследования, формулировка задачи исследований; Кляус К.М. – обработка полученных данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Благодатский С.А., Благодатская Е.В. Определение содержания микробного углерода в почве на основе дыхательного отклика микроорганизмов на внесение глюкозы // Методы исследований органического вещества почв. Владимир, 2005. С. 385-400.

Данилова Т.Н., Табынбаева Л.К. Полимерные гели для управления водообеспеченностью пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в разных экологических условиях // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 1. С. 76-83. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.76rus.

Дмитракова Я.А., Абакумов Е.В. Микробная биомасса и базальное дыхание карьерно-отвалных комплексов с различными субстратами // Живые и биокосные системы. 2016. № 16. Ст. 9.

Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Фомин Д.С. Микробная биомасса, дыхательная активность и азотфиксация в дерново-подзолистой почве Предуралья при различном сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 2020. № 3. С. 372-378. DOI: 10.31857/S0032180X20030120.

Казакова Н.А. Функциональное биоразнообразие почвенных микроорганизмов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2009. № 1 (8). С. 27-29.

Максимова Ю.Г., Щетко В.А., Максимов А.Ю. Полимерные гидрогели в сельском хозяйстве (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 23-42. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.23rus.

Хазиев Ф.Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2015. Т. 20, № 2 (78). С. 14-24.

Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. Vol. 10, no. 3. P. 215–221. DOI: 10.1016/0038-0717(78)90099-8.

Oksińska M.P., Magnucka E.G., Lejcuś K., Jakubiak-Marcinkowska A., Ronka S., Trochimczuk A.W., Pietr S.J. Colonization and biodegradation of the cross-linked potassium polyacrylate component of water absorbing geocomposite by soil microorganisms // Applied Soil Ecology. 2019. Vol. 133. P. 114-123. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.09.014.

Sojka R.E., Bjerneberg D.L., Entry J.A., Lentz R.D., Orts W.J. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management // Advances in agronomy. 2007. Vol. 92. P. 75-162. DOI: 10.1016/S0065-2113(04)92002-0.

Stahl J.D., Cameron M.D., Haselbach J., Aust S.D. Biodegradation of superabsorbent polymers in soil // Environmental Science and Pollution Research. 2000. Vol. 7. P. 83-88. DOI: 10.1065/espr199912.014.

Wilske B., Bai M., Lindenstruth B., Bach M., Rezaie Z., Frede H.G., Breuer L. Biodegradability of a polyacrylate superabsorbent in agricultural soil // Environmental Science and Pollution Research. 2014. Vol. 21. P. 9453-9460. DOI: 10.1007/s11356-013-2103-1.

References

Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 1978, vol. 10, no. 3, pp. 215–221. DOI: 10.1016/0038-0717(78)90099-8.

Blagodatskiy S.A., Blagodatskaya E.V. Determination of microbial carbon content in soil based on respiratory response of microorganisms to glucose application. *Methods of soil organic matter research*. Vladimir, 2005, pp. 385-400. (In Russ.)

Danilova T.N., Tabynbayeva L.K. Polymer gels to manage water availability for wheat (*Triticum aestivum* L.) under various environment conditions. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 76–83. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.1.76rus. (In Russ.)

Dmitrakova Ia.A., Abakumov E.V. Microbial biomass and basal soil respiration of quarry-dumps systems with different substrates. *Live and bio-abiotic systems*, 2016, no. 16, art. no. 9. (In Russ.)

Kazakova N.A. Functional biodiversity of soil microorganisms. *Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2009, no. 1 (8), pp. 27–29. (In Russ.)

Khaziev F.Kh. Functional role of enzymes in soil processes. *Vestnik of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*, 2015, vol. 20, no. 2 (78), pp. 14-24. (In Russ.)

Maksimova Yu.G., Shchetko V.A., Maksimov A.Yu. Polymer hydrogels in agriculture (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2023, vol. 58, no. 1, pp. 23-42. DOI: 10.15389/agrobiol.2023.1.23rus. (In Russ.)

Oksińska M.P., Magnucka E.G., Lejcuś K., Jakubiak-Marcinkowska A., Ronka S., Trochimczuk A.W., Pietr S.J. Colonization and biodegradation of the cross-linked potassium polyacrylate component of water absorbing geocomposite by soil microorganisms. *Applied Soil Ecology*, 2019, vol. 133, pp. 114-123. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.09.014.

Sojka R.E., Bjorneberg D.L., Entry J.A., Lentz R.D., Orts W.J. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in agronomy*, 2007, vol. 92, pp. 75-162. DOI: 10.1016/S0065-2113(04)92002-0.

Stahl J.D., Cameron M.D., Haselbach J., Aust S.D. Biodegradation of superabsorbent polymers in soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2000, vol. 7, pp. 83-88. DOI: 10.1065/espr199912.014.

Wilske B., Bai M., Lindenstruth B., Bach M., Rezaie Z., Frede H.G., Breuer L. Biodegradability of a polyacrylate superabsorbent in agricultural soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2014, vol. 21, pp. 9453-9460. DOI: 10.1007/s11356-013-2103-1.

Zavyalova N.E., Vasbieva M.T., Fomin D.S. Microbial biomass, respiratory activity and nitrogen fixation in soddy-podzolic soils of the Pre-Urals Area under various agricultural uses. *Soil Science*, 2020, no. 3, pp. 372-378. DOI: 10.31857/S0032180X20030120. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 13.05.2025

Пожарская О.Д., Хомяков Ю.В., Данилова Т.Н., Кляус К.М. Изменение биологической активности почв при внесении в них суперабсорбирующих полимеров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2026. Вып. 257. С. 126–139. DOI: 10.21266/2079-4304.2026.257.126-139

В связи с глобальными изменениями климата, которые влекут за собой перераспределение внутригодового выпадения осадков, появляются продолжительные периоды засухи, не свойственные данной территории ранее, что непосредственно влияет на водообеспеченность сельскохозяйственных культур. Для решения этой проблемы созданы различные технологии обработки и разработаны функциональные материалы. Одними из таких материалов являются суперабсорбирующие полимеры, или гидрогели. Многие исследования доказывают, что гидрогели благоприятно влияют на урожайность сельскохозяйственных посевов, благодаря своей способности впитывать воду в объеме, превышающем свой собственный в несколько десятков раз, тем самым удерживая влагу в корнеобитаемом слое, не давая ей испаряться и стекать в более глубокие слои почвы. В эксперименте использовали три вида гидрогелей: «Ритин-10», «Aquasorb», «B415-K» – и дерново-подзолистую почву из Меньковского филиала Агрофизического института в Ленинградской области. Микробный метаболический коэффициент (qCO_2) – это интегральный показатель биологического состояния почв. Он отражает изменение базального дыхания и микробной биомассы почвы: чем ниже значение, тем лучше состояние микробного сообщества. В контрольных образцах наблюдалось увеличение значения показателя к 30-му дню, у проб с гидрогелями этот показатель снизился. Для всех проб с гидрогелями заметное снижение показателя, а, соответственно, улучшение состояния микробиоты произошло между 15-м и 18-м днем эксперимента. В данном эксперименте невозможно достоверно установить, становится ли гидрогель доступен для микроорганизмов как источник необходимых для жизнедеятельности элементов, но его наличие в почве улучшает состояние микроорганизмов, а в случае с гидрогелем марки «B-415K» способствует увеличению их биомассы.

Ключевые слова: микроорганизмы, дыхание почвы, гидрогель, суперабсорбент, ферменты.

Pozharskaya O.D., Khomyakov Yu.V., Danilova T.N., Klyaus K.M. Changes in the biological activity of soils when adding superabsorbing polymers to them. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicoskoj Akademii*, 2026, iss. 257, pp. 126–139 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2026.257.126-139

Due to global climate change, which entails redistribution of intra-annual precipitation, there are continuous periods of draught, which were not typical for this

territory before, which directly affects the water availability of agricultural crops. The solution of this problem is in development of various technologies and functional materials. One of such materials are superabsorbent polymers or hydrogels. Many studies prove that hydrogels favorably affect the yield of agricultural crops, due to their ability to absorb water in a volume exceeding its own in several tens of times, thereby retaining moisture in the root layer, preventing it from evaporating and flowing to deeper layers of soil. Three types of hydrogels were used in the experiment: «Ritin-10», «Aquasorb», «B415-K» – and sod-podzolic soil from the Menkovo branch of the Agrophysical Institute in the Leningrad region. Microbial metabolic coefficient (qCO_2) is an integral indicator of the biological state of soils. It reflects the change in basal respiration and microbial biomass of the soil: the lower the value is, the better the condition of the microbial community is. In the control samples there was an increase in the value of the indicator by day 30, in the samples with hydrogels this indicator decreased by day 30. For all samples with hydrogels there was a noticeable decrease in the index and, consequently, an improvement in the state of microbiota occurred between day 15 and 18 of the experiment. In this experiment, is impossible to reliably establish whether hydrogel becomes available for microorganisms as a source of elements necessary for life activity, but its presence in the soil improves the state of microorganisms, and in case of hydrogel «B415-K» also contributes to the increase of biomass of microorganisms.

Key words: microorganisms, soil respiration, hydrogel, superabsorbent, enzymes.

ПОЖАРСКАЯ Олеся Дмитриевна – аспирант кафедры общей экологии, анатомии и физиологии растений Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194024, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия;

младший научный сотрудник Санкт-Петербургского научного центра РАН.
AuthorID: 1143289.

199034, Университетская наб., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: olesyapozharskaya@yandex.ru

POZHARSKAYA Olesya D. – PhD student, Department of Ecology, Anatomy and Physiology of Plants, St.Petersburg State Forest Technical University;

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia;

Junior Researcher, Saint Petersburg Research Center of the RAS. AuthorID: 1143289.

199034. Universitetskaya emb. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: olesyapozharskaya@yandex.ru

ХОМЯКОВ Юрий Викторович – доцент кафедры общей экологии, анатомии и физиологии растений Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194024, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия;
заведующий лабораторией биохимии почвенно-растительных систем Агрофизического научно-исследовательского института, кандидат биологических наук. AuthorID: 601515.

195220, Гражданский пр., д. 14, Санкт-Петербург, Россия.

КНОМЯКОВ Yuriy V. – PhD (Biological), Associate Professor, Department of Ecology, Anatomy and Physiology of Plants, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia;
Head of the Laboratory of Biochemistry of Soil and Plant Systems, Agrophysical Research Institute. AuthorID: 601515.

195220. Grazhdanskiy av. 14. St. Petersburg. Russia.

ДАНИЛОВА Татьяна Николаевна – ведущий научный сотрудник лаборатории агроклимата Агрофизического научно-исследовательского института, доктор биологических наук. AuthorID: 672048.

195220, Гражданский пр., д. 14, Санкт-Петербург, Россия.

DANILOVA Tatyana N. – DSc (Biological), Leading Researcher, Laboratory of Agro-climate, Agrophysical Research Institute. AuthorID: 672048.

195220. Grazhdanskiy av. 14. St. Petersburg. Russia.

КЛЯУС Константин Михайлович – старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научного центра РАН. ORCID: 0000-0001-9916-5101.

199034, Университетская наб., д. 5, Санкт-Петербург, Россия.

KLYAUS Konstantin M. – Senior Researcher, Saint Petersburg Research Center of the RAS. ORCID: 0000-0001-9916-5101.

199034. Universitetskaya emb. 5. St. Petersburg. Russia.