

УДК 631.872:631.417.1:631.427

## ВЛИЯНИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА НА РАЗЛОЖЕНИЕ СОЛОМЫ

Русакова И.В.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа»,  
Владимир, e-mail: rusakova.iv@yandex.ru

В лабораторном инкубационном опыте изучено влияние биопрепаратов-деструкторов Баркон и Байкал-ЭМ1 и минерального азота на процессы разложения соломы озимой пшеницы в дерново-подзолистой супесчаной почве. Инокулирование соломы биопрепаратами Баркон и Байкал-ЭМ по интенсивности воздействия на скорость ее разложения было несколько выше эффективности минерального азота. Максимальные величины скорости минерализации соломы – 2,26 – 4,02 мг С-СО<sub>2</sub>/100 г почвы – отмечены в вариантах, где действие биопрепаратов сочеталось с внесением минерального азота. Применение биопрепаратов Баркон и Байкал-ЭМ1 увеличило суммарные размеры минерализации углерода на 32 и 64%, соответственно. Максимальный синергетический эффект, фиксируемый по количеству выделившегося С-СО<sub>2</sub>, а также по увеличению размеров его включения в микробную биомассу, получен при совместном применении биопрепаратов и минерального азота. Наибольшую эффективность во всех вариантах опыта изучаемые приемы проявили в начальные сроки инкубации.

**Ключевые слова:** биопрепараты-деструкторы, разложение соломы, эмиссия С-СО<sub>2</sub>, микробная биомасса

## INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND MINERAL NITROGEN ON STRAW DECOMPOSITION

Rusakova I.V.

All Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, Vladimir, e-mail: rusakova.iv@yandex.ru

The paper studied the impact of biopreparations-destroyers Barcon and Baikal-EM1 and mineral nitrogen in the processes of winter wheat straw decomposition in the soddy-podzolic sandy loam soil in a laboratory incubation experiment. Inoculation straw of biopreparations Barcons and Baikal-EM by the intensity of the impact on the rate of its decomposition was slightly higher than the efficiency of mineral nitrogen. The maximum value of the speed of straw mineralization – 2.26 – 4.02 mg C-CO<sub>2</sub> / 100 g soil – fixed in the treatments in embodiments where the effect of biopreparation combined with of mineral nitrogen. The use of biopreparation Barcon and Baikal-EM1 increase the total size of a mineralization of carbon by 32 and 64%, respectively. The maximum synergistic effect, fixed on the amount of generated C-CO<sub>2</sub>, as well as to increase the size of its inclusion in the microbial biomass obtained by the combined use of mineral nitrogen and biopreparations. The maximum efficiency of all studied of receptions observed in initial periods of incubation

**Keywords:** biopreparations-destroyers, straw decomposition, C-CO<sub>2</sub>-emission, microbial biomass

Утилизация отходов растениеводства, ежегодное производство которых в России составляет 100-120 млн т, в настоящее время является одной из актуальных экологических проблем. Одним из самых целесообразных способов их использования является заделка в почву без удаления с поля в целях воспроизводства органического вещества и сохранения функциональных свойств почв в агроценозах [4]. Однако послеуборочные растительные остатки зерновых культур разлагаются довольно медленно из-за высокого содержания лигнина и целлюлозы и низкого содержания азота, что может приводить к снижению урожайности удобряемых культур. Одним из способов ускорения разложения и повышения коэффициента гумификации стерни и соломы, который получает распространение в последние годы в практике АПК, может являться обработка их микробиологическими препаратами-модификаторами. При этом обеспечивается интродукция

высокоэффективных штаммов и консорциумов микроорганизмов-деструкторов непосредственно на солому и в дальнейшем – в почву. В последние годы рынок микробиологических препаратов значительно расширился, различными фирмами-производителями предлагаются различные биопрепараты, изготовленные на основе консорциумов микроорганизмов с высокой ферментативной активностью. Однако по большей части применяют их в сельскохозяйственном производстве без достаточного научного обоснования.

В ряде отечественных и зарубежных исследованиях установлено, что применение биопрепаратов позволяет ускорить процессы минерализации и гумификации соломы в почве [1-3, 5-7, 9]. По мнению van Veen et al (1997), конкуренция с сообществом аборигенной микрофлоры, а также буферность почвенной экосистемы по отношению к внедряемым модификаторам, является основным ограничивающим фактором полу-

чения стойкого положительного эффекта от их применения (цит. по [8]).

Данные экспериментальных исследований по оценке эффективности инокуляции пожнивных остатков биопрепаратами, полученные к настоящему времени российскими учеными, немногочисленны и нуждаются в уточнении и подтверждении результатами дополнительных исследований.

**Цель исследований** – изучить влияние биопрепаратов-деструкторов и добавок минерального азота на процессы разложения соломы озимой пшеницы в дерново-подзолистой супесчаной почве.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследования проводили в лабораторном инкубационном опыте в дерново-подзолистой супесчаной почве. Основным объектом исследований являлся микробиологический препарат на основе культур микроорганизмов-деструкторов целлюлозо- и лигнинсодержащих растительных отходов с рабочим названием Баркон (разработчик ФГБНУ ВНИИСХМ). В качестве эталона сравнения было выбрано микробиологическое удобрение Байкал-ЭМ1, имеющее государственную регистрацию (Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2013 г.). Схема опыта включала следующие варианты: 1. Почва (П); 2. П + Солома (С); 3. П + С + N; 4. П + С + Баркон (Б1); 5. П + С + Б1 + N; 6. П + С + Байкал-ЭМ1 (Б2); 7. П + С + Б2 + N. Измельченную (до 0,5 см) солому озимой пшеницы (С:N=70) вносили в дозе 0,33 г/100 г почвы (132 мг С/100 г почвы), что соответствует 10 т/га. Биопрепараты для инокулирования соломы применяли в дозах, рекомендованных разработчиком. Для создания более благоприятных условий жизнедеятельности микроорганизмов в почву добавляли минеральный азот в форме водного раствора  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  из расчета 10 кг N на 1 т соломы. Почву инокубировали в полиэтиленовых контейнерах, в контролируемых условиях температуры (22-24 °С) и влажности почвы (13%). Продолжительность опыта – 270 суток. Для оценки влияния биопрепаратов и азота на разложение соломы определяли в динамике: эмиссию  $\text{CO}_2$  – абсорбционным методом, ежедневно в течение первых 7 суток, 1 раз в 7-10 дней в последующий период; содержание микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ) – методом регидратации – экстракции; содержание неразложившихся растительных остатков в почве – отмыванием на сите 0,25 мм с последующим высушиванием и взвешиванием. Кумулятивное количество продуцированного за 93 суток углерода рассчитывали суммированием суточных значений его эмиссии. Степень минерализации соломы определяли как процентное соотношение выделившегося за 93 суток  $\text{C-CO}_2$  к его общему количеству, внесенному с соломой.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Интегральным показателем, наиболее полно отражающим интенсивность минерализации органического вещества в почве,

является эмиссия углекислоты. Согласно полученным данным, минимальная скорость выделения  $\text{C-CO}_2$  в течение периода наблюдений (93 сут.) – от 1,13 до 0,14 мг  $\text{C-CO}_2/100$  г почвы – регистрировалась в контрольном варианте без добавок соломы и биопрепаратов. Внесение соломы озимой пшеницы значительно активизировало метаболическую активность микрофлоры и в 2,6-1,6 раза ускорило процессы минерализации углерода, особенно заметно в первые 7 суток. Растительные материалы, характеризующиеся высоким отношением С:N, не обеспечивают достаточного количества азота для метаболизма микроорганизмов при их высокой активности. Поэтому добавление азота к соломе увеличивало скорость выделения  $\text{C-CO}_2$  на 60-11%, в сравнении с вариантом без азота. Действие добавок нитрата аммония на минерализацию соломы и эмиссию углекислого газа было особенно заметно в период с 3 по 28 сутки разложения, постепенно снижаясь в дальнейшем, видимо, за счет биологической иммобилизации внесенного минерального азота и исчерпания его доступных форм (рис. 1).

Инокулирование соломы биопрепаратами Баркон и Байкал-ЭМ 1 по интенсивности воздействия на скорость ее разложения было несколько выше эффективности минерального азота. Максимальные величины скорости минерализации соломы – 2,26 – 4,02 мг  $\text{C-CO}_2/100$  г почвы – отмечены в вариантах, где инокуляция соломы биопрепаратами сочеталась с внесением минерального азота. Следует отметить, что при близкой эффективности этих препаратов без добавления азота, Байкал-ЭМ1 оказал более заметное влияние на минерализационные процессы разложения соломы при добавлении нитрата аммония. Максимальные различия между вариантами отмечены в первые несколько суток, в дальнейшем эти различия постепенно нивелировались, и после 3-месячной инкубации разница была несущественной. Как свидетельствуют данные исследований [10], значительное усиление минерализации пшеничной соломы при внесении целлюлозоразлагающей микробной системы также отмечено лишь на ранней стадии инкубации (1-2 недели), в дальнейшем производительность и выживаемость микроорганизмов-модификаторов резко падает.

Всего за 93 суток компостирования размеры кумулятивной эмиссии углекислоты в контрольном варианте опыта составили 30,5 мг  $\text{C-CO}_2/100$  г. Внесение соломы значительно усилило дыхание почвы и увеличило суммарное количество выделившегося

углерода в 1,9 раза – до 57,7 мг С-СО<sub>2</sub>/100 г почвы (рис. 2). За счет разложения органического вещества соломы выделилось 27,2 мг/100 г углерода, или 20,6% от вне-

сенного (табл. 1). Инокулирование соломы биопрепаратами Баркон и Байкал-ЭМ1 увеличило суммарные размеры минерализации углерода на 32 и 64 %, соответственно.

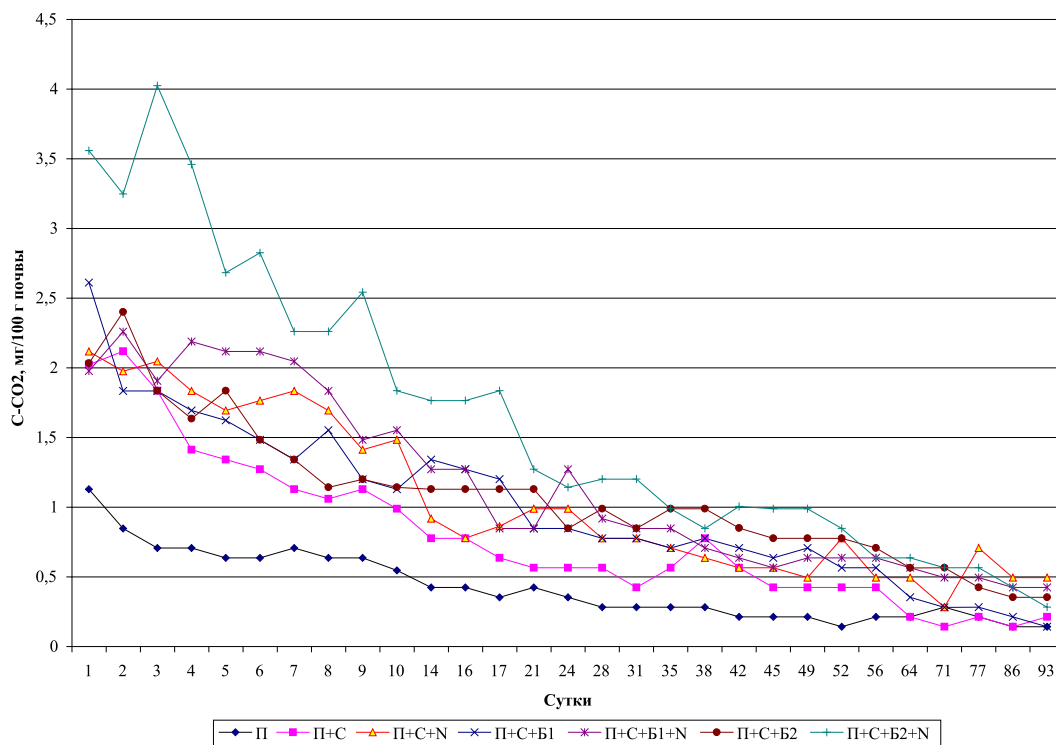


Рис. 1. Динамика эмиссии С-СО<sub>2</sub> из почвы опыта

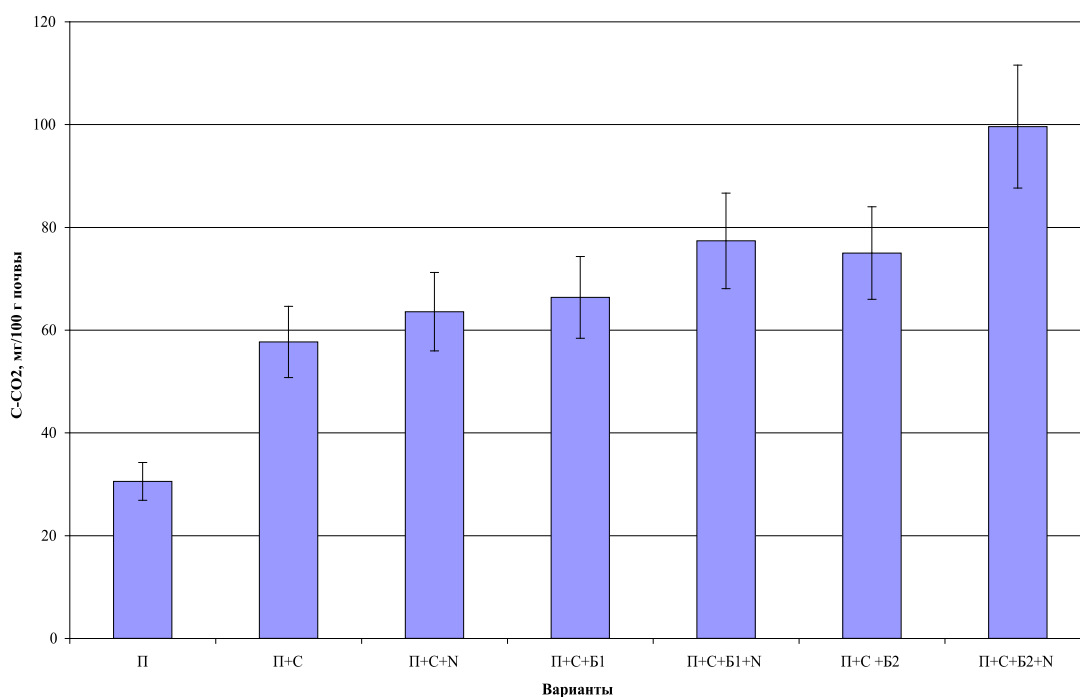


Рис. 2. Кумулятивная эмиссия С-СО<sub>2</sub> из почвы опыта за 93 сут.

## Минерализация органического вещества почв и соломы за 93 суток инкубации

Вариант	Кумулятивное количество C-CO <sub>2</sub> , мг/100 г почвы		Степень минерализации соломы, %
	Всего (почва + солома)	C-CO <sub>2</sub> <sub>соломы</sub>	
П	30,5	—	—
П + С	57,7	27,2	20,6
П + С + N	63,6	33,1	25,1
П + С + Б1	66,4	35,9	27,2
П + С + Б1 + N	77,4	46,9	35,5
П + С + Б2	75	44,5	33,7
П + С + Б2 + N	99,6	69,1	52,3

Пр и м е ч а н и е . Стандартное отклонение от средней величины составляло ± 8-15%.

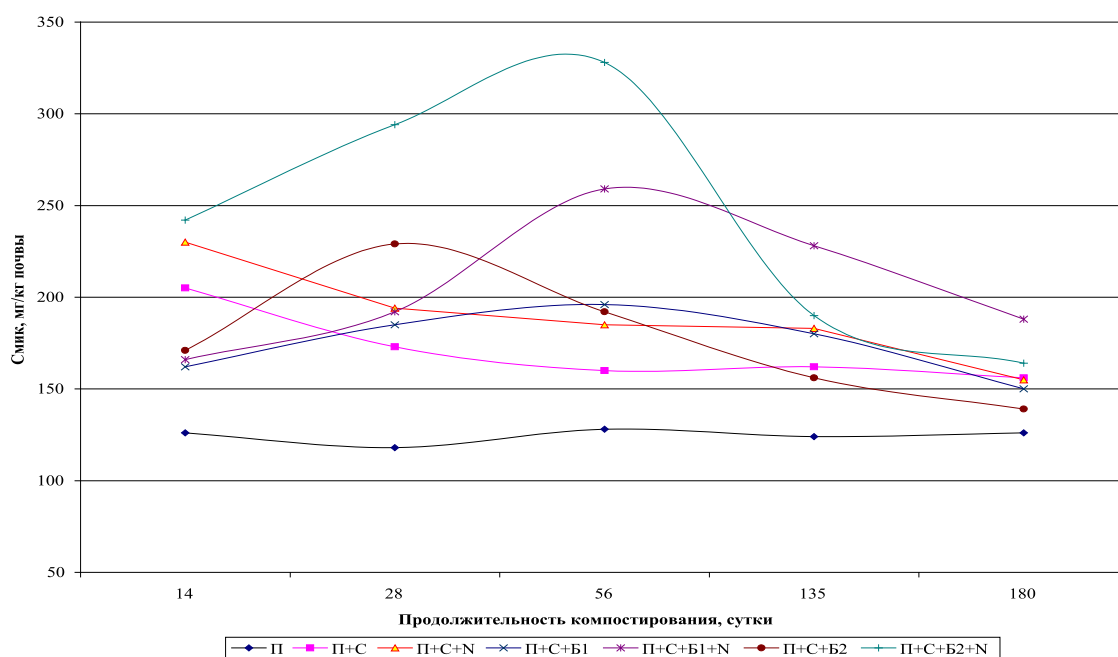


Рис. 3. Динамика содержания микробного углерода в почве

Полученные данные согласуются с результатами исследований [7] в инкубационном опыте (73 сут.), согласно которым внесение соломы в почву увеличивало эмиссию C-CO<sub>2</sub> на 39% по сравнению с контролем, а обработка биопрепаратом – еще на 10%.

В целом за весь период наблюдений действие биопрепаратов было более эффективным при сочетании с минеральным азотом, его добавление способствовало увеличению эмиссии углерода и степени минерализации внесенной соломы в 1,31 и 1,55 раза в варианте с Барконом и Байкалом-ЭМ1, соответственно.

В процессе трансформации растительных остатков только часть органических соединений минерализуется до CO<sub>2</sub>, часть используется микроорганизмами для по-

строения биомассы, в результате чего в почве увеличивается содержание микробного углерода. Согласно полученным данным, в первые 2 недели компостирования содержание C<sub>мик</sub> особенно заметно повысилось в вариантах без биопрепаратов «П + С» и «П + С + N» – со 126 до 205 и 230 мг/кг соответственно. Интродуцированным на солому и в почву микроорганизмам-деструкторам, видимо, необходим период адаптации, поэтому их активный рост начинается в более поздние сроки. Так, в данном эксперименте максимальная эффективность биопрепаратов в отношении накопления микробной биомассы отмечена на 28 и 56 сутки, когда содержание C<sub>мик</sub> при инокуляции Барконом и Байкалом было выше, чем в варианте «П+С» на 12 – 36 и 56-32 мг/кг, со-

ответственно. Максимальные значения  $C_{\text{мик}}$  составившие 259 и 328 мг/кг, отмечены при сочетании биопрепаратов с минеральным азотом через 2 месяца компостирования. В дальнейшем содержание микробной биомассы во всех вариантах имело тенденцию к снижению и к 180 суткам проведения опыта различалось не существенно (рис. 3).

Увеличение содержания углерода микробной биомассы было установлено в исследованиях [9] при внесении в почву соломы, инокулированной биопрепаратом на основе культуры гриба *T. reesei*.

Если размеры выделения  $C-CO_2$  при разложении растительных остатков характеризуют их минерализацию, то такой показатель, как убыль массы этих остатков в пересчете на углерод представляет собой сумму минерализации и гумификации. Анализ динамики содержания (массы) неразложившихся, оставшихся в почве растительных остатков показал, что оно наиболее резко снижалось в начальный период инкубации, когда при инокуляции Барконом на 28 сутки в почве обнаружено 51,4 (без азота) и 50,5% (с азотом), на 56 сутки – 41,4 и 37,1%, а в варианте с внесением необработанной соломы – 68,6% и 50% от массы внесенной соломы, соответственно. Начиная с 4,5 мес. до окончания опыта процесс разложения внесенных растительных остатков значительно замедлился, через 9 мес. различия между вариантами с инокуляцией соломы и без нее были небольшими. Через 270 суток от начала инкубирования в почве было обнаружено от 31,7 (П + С + Б1 + N) до 38,3% (П + С) от массы внесенной соломы.

Таким образом, в лабораторных исследованиях при оптимальных условиях влажности и температуры почвы установлено положительное влияние микробиологических препаратов Баркон и Байкал-ЭМ1 на разложение соломы озимой пшеницы: скорость минерализации, степень разложения, накопление микробной биомассы. Максимальный синергетический эффект, фиксируемый по количеству выделившегося  $C-CO_2$ ,

а также по увеличению размеров его включения в микробную биомассу, отмечен при совместном применении биопрепаратов и минерального азота. Наибольшую эффективность все изучаемые приемы проявили в начальные сроки инкубации. Полученные результаты дают основание для продолжения экспериментальных исследований по изучению эффективности биопрепаратов в вегетационных и полевых опытах с растениями и разработки в дальнейшем приемов их применения для инокуляции соломы в целях ускорения ее разложения.

#### Список литературы

1. Безлер Н.В. Запашка соломы ячменя и продуктивность культур в зернопропашном севообороте // Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 11–13.
2. Богатырева Е.В. Использование соломоразлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого разложения Ставропольского края // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 14–16.
3. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Управление деструкцией и гумификацией пожнивных остатков зерновых культур с использованием микробиологического препарата Экстрасол // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 3. – С. 103–108.
4. Русакова И.В. Оценка влияния длительного применения соломы на воспроизводство органического вещества дерново-подзолистой почвы // Доклады Российской сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 5. – С. 28–31.
5. Русакова И.В. Влияние биопрепарата Баркон на процесс гумификации соломы // Агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 48–55.
6. Сергеев Г.Я., Каверович В.В., Костенко Т.А. Влияние препарата Байкал ЭМ1 на скорость разложения соломы // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 14–15.
7. Abro S., Tian X., You D., Ba Y., Li M., Wu F. Influence of microbial inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes // African Journal of Microbiology Research. – 2011. – V. 4(19). – P. 3054–3061.
8. Esther O.J., Hong T.X., Hui G.C. Influence of straw degrading microbial compound on wheat straw decomposition and soil biological properties // African Journal of Microbiology Research. – 2013. – V. 7(28). – P. 3597–3605.
9. Gaiand S., Nain L. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants // Biodegradation. – 2007. – V. 18(4). – P. 495–503.
10. Li P., Zhang D.D., Wang X.J., Wang X.J., Cui Z.J. Survival and performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil // J. Microbiol. Biotechnol. – 2012. – I. 22. – P. 126–132.