

БИОПРЕПАРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ДЕСТРУКЦИИ И ГУМИФИКАЦИИ ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ

¹Петров В.Б., ¹Щербаков А.В., ²Денисенко В.В., ¹Чеботарь В.К.

¹-ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии, г.Санкт-Петербург, Пушкин, bisolbi-inter@rambler.ru

²- ООО «Бисолби-Дон», Ростовская обл., г.Зерноград, info@bisolbi-don.ru

Процесс гумификации органики относится к числу наиболее часто описываемых в почвоведении, но до сих пор, по-видимому, наименее изученных (Лыков, 1985, Кирюшин, 2000). Учеными доказано, а крестьянами понято тысячелетиями, что без гумуса не может быть плодородия почвы, всех ее агрономически важных свойств. Так или иначе, макромолекулы гумусовых веществ обеспечивают полноценную жизнь биоты, устойчивую энергетику, физические и обменные свойства почвы. Гумус в почве образуется и накапливается из нескольких источников органики : главного - надземного и подземного опада и корневых экссудатов растений, второстепенных – перегнивания макро-, мезо- и микробиоты, дополнительного – внесенных органических удобрений, пожнивных остатков (Тейт, 1991). Во всех звеньях процесса гумификации активно и параллельно с климатическими и физико-химическими факторами принимают участие различные группы микроорганизмов. В первую очередь это ризосферные и сапрофитные бактерии, грибы и актиномицеты.

За последние десятилетия на полях зерновых России устоялась практика сжигания пожнивных остатков – соломы и стерни. При этом, помимо нанесения прямого ущерба агроценозу, а именно уничтожения энергоресурсной (к слову – подкормленной дорогими минеральными удобрениями, в современных условиях острой нехватки органических удобрений) органики как источника гумуса, происходит разрушение структуры неподавленной пестицидами полезной почвенной микрофлоры.

Сжигание пожнивных остатков и соломы является нарушением трех законодательных актов: федеральных законов «Об охране окружающей среды», «Об охране атмосферного воздуха» и Кодекса РФ об административных правонарушениях. Предполагаемая ответственность для юридических лиц – штраф от 50 до 200 тысяч рублей. Но, несмотря на это, уборку урожая многие сельхозпроизводители заканчивают именно сжиганием стерни.

Пал нарушает нормальное течение цикла трансформации органических веществ, одного из глобальных биосферных процессов. Органическое вещество пожнивных остатков, которое могло бы частично компенсировать вынос питательных веществ и дефицитный баланс гумуса, сгорает. Нарушаются многие пищевые цепи педоценоза и, соответственно, функционирование почвенной биоты. Названные явления находят отражение в количественных и качественных параметрах комплекса гумусовых веществ почвы – важнейшего компонента наземных экосистем, отвечающего за их продуктивность и устойчивость к долгосрочному аспекту.

В связи с этим, в настоящее время активно разрабатываются альтернативные методы утилизации пожнивных остатков, предполагающих более полное вовлечение их в биологический круговорот.

Во Всероссийском институте сельскохозяйственной микробиологии разработан спектр микробных препаратов, позволяющих ускорить процесс деструкции пожнивных остатков. Традиционный путь – это разработка микробиологических препаратов на основе моделирования ускорения природного процесса гумификации органического вещества путем подбора штаммов для создания грибо-бактериального комплекса. Данный подход, часто эффективный на опытной грядке, оказывается технологически и логистически ущербным при масштабировании на огромные посевные площади. Дело в том, что сложные микробиологические композиции, как правило, оказываются короткоживущими, взаимно антагонистичными, несовместимыми с существующей опрыскивающей и поливной техникой. К тому же, конечной

задачей мы видим превращение органики не в воду, углекислый газ и аммиак, а в гуминоподобные вещества, позволяющие восполнять дефицитный ныне баланс гумуса.

Наиболее перспективным направлением управления преобразованием пожнивных остатков представляется способ осенней обработки полей после уборки зерновых бактериальным препаратом Экстрасол совместно с внесением стартового, закрепляемого в почве для будущего урожая азотного питания. Расход препарата составляет 1 л/га, азотных удобрений – 20-25 по д.в. кг/га. В условиях лабораторных и вегетационных опытов было показано, что такой метод увеличивает целлюлазную активность более чем в 3 раза (Рис.1).

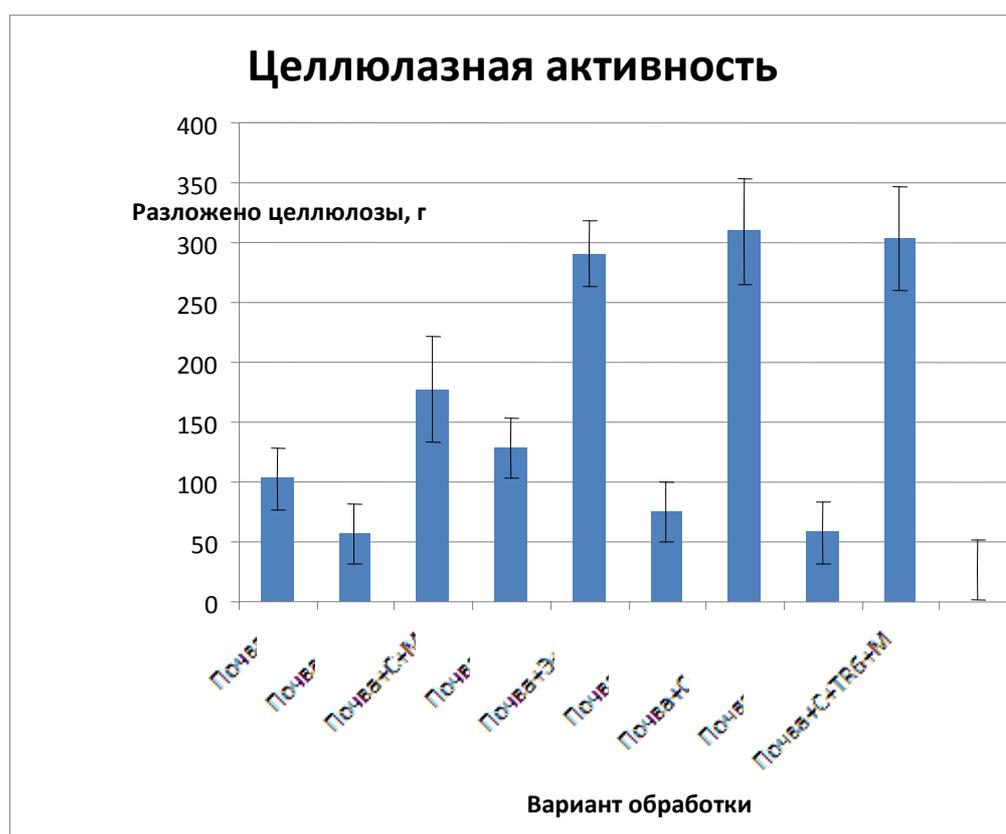


Рис.1. Изменение целлюлазной активности почвы при разложении соломы с использованием микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* в условиях вегетационного опыта.

Обозначения на рис.1: Почва – чернозем южный, С – солома оз.пшеницы, Э – экстрасол (*Bacillus subtilis* шт.Ч-13), TR-6 - экстрасол (*Bacillus subtilis* шт. Tr-6).

Для производственной апробации предложенной технологии 1 августа 2009 г. сотрудниками ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г.Санкт-Петербург) совместно с инновационной компанией «Бисолби-Дон» (г.Зерноград Ростовской обл.) был заложен в ЗАО «Нива», Веселовского р-на Ростовской обл. полевой производственный опыт по использованию микробиологического препарата Экстрасол для биодеструкции пожнивных остатков озимой пшеницы на площади 58 га. Почвы – южные черноземы пахотные среднесуглинистые. Расход препарата составлял 1 л/га. Для обработки пожнивных остатков использовали баковую смесь, состоящую из 500 литров воды, 1 литра Экстрасола и 25 кг/га азота в виде мочевины. Обработку проводили вечером. После опрыскивания пожнивных остатков баковой смесью, они сразу же заделывались в почву. В качестве контроля служил участок поля площадью 116 га, где пожнивные остатки было сожжены. Осенью 2009 г. на контрольном и опытном участках была высажена озимая пшеница с.Ермак.

Визуальный контроль за пожнивными остатками, проводился на протяжении весны-лета 2010 г. и показал практически полное разложение пожнивных остатков на поле, где они были обработаны Экстрасолом. Для более тщательного микробиологического и химического анализа в июле 2010 г. были отобраны репрезентативные образцы почвы (метод конверта) из пахотного горизонта (0-20 см).

При проведении микробиологического анализа использовались стандартные микробиологические методы. Определена влажность почвенных образцов. Были приготовлены серийные разведения почвенной суспензии (10 г на 100 мл воды) до 10^{-6} , посев осуществляли глубинным методом, который в отличие от поверхностного метода дает более точную характеристику параметров состояния микробиоты. Определена численность:

- 1- микромицетов (среда Чапека с молочной кислотой),
- 2- протеолитических (аммонифицирующих) бактерий (МПА),
- 3- амилолитических бактерий и актиномицетов (КАА),

5-азотфиксирующих бактерий (среда Эшби),

6- педобактерий, участвующих в процессах конверсии гумуса (нитритный агар).

Существенные различия в микробном пейзаже были обнаружены на среде Чапека (табл.1). Так, число микромицетов в образце №1 (обработка Экстрасолом) было в два раза больше, чем в образце №2. На чашках наблюдались колонии микромицетов родов *Penicillium*, *Trichoderma* и *Fusarium*. Во втором образце дополнительно наблюдалось появление грибов *Trichoderma* двух видов – белого цвета как в образце №1 и зеленого цвета. Полученные данные свидетельствуют об интенсивном размножении на растительных остатках микромицетов, которые являются основными деструкторами растительных остатков в почве.

На среде МПА, где учитывались аммонифицирующие бактерии, отмечался однообразный пейзаж бактерий порядка трех видов, с преобладанием флуоресцирующих псевдомонад. Результаты анализа показали, что общее число бактерий в образце №1 почвы была выше в 1,72 раза, чем во втором образце. Это также свидетельствует об интенсификации процессов аммонификации в почве. Отмечено преобладание в образце №1 по сравнению с образцом №2 амилолитических бактерий и гуматмодификаторов в 1,9 и 2,54 раза соответственно. В то же время, количество азотфиксирующих бактерий и актиномицетов содержание в исследуемых образцах почвы значимо не отличалось.

Таблица 1. Результаты микробиологического анализа почвенных образцов (в тыс. КОЕ/на г почвы) при различных способах утилизации пожнивных остатков

№ п/п	Показатели	Образец №1, обработка Экстрасолом	Образец №2, сжигание
1.	Микромицеты	19	9
2.	Протеолиты	11670	6560
3.	Азотфиксаторы	60	63

4.	Амилолитические бактерии	35360	18650
5.	Актиномицеты	1373	1727
6.	Гуматмодификаторы	3330	1312
7.	Общее количество бактерий	53812	31366
8.	Влажность, %	12	12

Таким образом, результаты микробиологического анализа позволяют сделать вывод, что применение Экстрасола в качестве биодеструктора приводит к интенсификации в почве микробиологических процессов разложения растительных остатков и конверсии азота,

В условиях лабораторного опыта определена целлюлазная активность образцов исследуемых почв (табл.2). В образце № 1 (вариант - Экстрасол) показатель активности оказался в 2,3 раза выше, чем в образце №2 (вариант - сжигание).

Таблица 2.Целлюлазная активность почвенных образцов пахотного горизонта в производственном опыте . Время экспозиции – 72 часа. Повторность – 6 – кратная.

Вариант опыта	вес навески целлюлозы до начала опыта, г	вес навески целлюлозы через 72 часа, г	разложено целлюлозы, г	разложено целлюлозы, % от стартовой навески
Образец №1, обработка Экстрасолом	0.0720	0.0689	0.0031	<u>4.31</u>
Образец №2, сжигание пожнивных остатков	0, 0701	0.692	0.0013	<u>1.85</u>
НСР _{0.05}				<u>2.01</u>

Для определения вектора и направленности первичных процессов преобразования органического вещества пожнивных остатков в различных вариантах производственного опыта сотрудниками кафедры агрохимии биолого-почвенного факультета СПбГУ в исследуемых образцах почв было изучено: содержание общего углерода и азота (по Тюрину), содержание 1 и 2 фракций гумусовых веществ в щелочной непосредственной (0,1 н. NaOH) и пирофосфатной (0,1 М Na₄P₂O₇) вытяжках (по Кононовой-Бельчиковой), их оптическая плотность (по Плотниковой-Пономаревой), содержание и качество (по коэффициенту оптической плотности) лабильных водорастворимых органических веществ (по Шульцу-Кершенсу), комплексный показатель гумусового состояния почв (по Орловой-Плотниковой).

Обе исследованные почвы по количеству и качеству органического вещества, комплексному показателю гумусового состояния и коэффициенту гумификации соответствуют окультуренным южным черноземам юга России (табл.3) .

Таблица 3. Общее содержание и качественные характеристики органического вещества окультуренных южных черноземов.

Вариант опыта	C _{общ.} , %	Обогащен- ность орг. в-ва азотом (C/N)	Гумусовые вещ-ва (ГК + ФК), %	К*	Лабильные формы органич. в-ва	
					C, мг/мл	E _C ^{мг/мл}
1	2,21	10,0	0,81	0,41	0,284	2,2
2	2,23	9,3	0,84	0,55	0,320	2,2

* комплексный показатель гумусового состояния почв.

Несмотря на практически одинаковое содержание общего углерода, в исследуемых образцах наблюдаются значительные различия в содержании 1-ой фракции гуминовых веществ – наиболее подвижной и активной фракции в составе всего органического вещества (табл.4). Увеличение этой фракции в почве, обработанной препаратом «Экстрасол», может указывать на то, что в ней

запущены активные механизмы трансформации и гумификации органического вещества пожнивных остатков.

Таблица 4. Фракционно-групповой состав гумуса окультуренных темно-каштановых почв (абсол. значения*/относ. значения**)

Вариант опыта	ГК			ФК			C _{ГК} / C _{ФК}
	1	2	Сумма	1а+1	2	Сумма	
1	<u>0,11</u> 5,0	<u>0,49</u> 22,2	<u>0,60</u> 27,2	<u>0,16</u> 7,2	<u>0,05</u> 2,3	<u>0,21</u> 9,5	2,86
2	<u>0,08</u> 3,6	<u>0,52</u> 23,3	<u>0,60</u> 26,9	<u>0,15</u> 6,7	<u>0,09</u> 4,0	<u>0,24</u> 10,7	2,51

* к 100 г почвы;

**к 1 г C_{общ.}

Существенно различаются в исследованных почвах и значения коэффициента оптической плотности – важного показателя химической «зрелости» гумусовых кислот (табл.5). Наибольшие различия между образцами наблюдаются также в гуминовых кислотах 1-ой фракции, что позволяет сделать вывод об интенсификации трансформации пожнивных остатков, следствием чего является усиление ароматизации молекул гуминовых веществ и значительном углублении процесса их гумификации уже на начальном этапе процесса.

Таблица 5. Коэффициент оптической плотности гумусовых веществ окультуренных темно-каштановых почв (E_C^{мг/мл})

Вариант опыта	Вытяжки		ГК	
	0,1 н. NaOH	0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇	1	1+2
1	5,4	9,2	10,6	22,7
2	3,7	8,3	5,4	21,1

Возрастание как относительного, так и абсолютного содержания гуминовых кислот 1-ой фракции, сопровождающееся увеличением коэффициента их оптической плотности, безусловно, надо рассматривать как положительную тенденцию, поскольку почвы южных регионов при окультуривании и длительном сельскохозяйственном использовании обедняются именно этими ценными с позиций плодородия органическими соединениями, что зачастую приводит как к структурной деградации самого гумуса, так и общей дегумификации обрабатываемых почв. Именно недостаток гумусовых веществ 1-й фракции, как правило, является фактором, лимитирующим плодородие черноземов и каштановых почв (табл.6).

Таблица 6.Характеристика параметров гумуса в опыте по утилизации пожнивных остатков зерновых с применением биопрепарата Экстрасол(вар.1) и по традиционной технологии сжигания на поле (вар.2)

Вариант опыта	С общ., %	Коэффициент оптической плотности гумусовых веществ (Ес ^{мг/мл})					Содержание гуминовых кислот, %		Содержание фульвокислот, %	
		Лабильные формы водной вытяжке	Общая в вытяжке 0.1 NaOH	Общая в вытяжке 0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇	Гуминовых кислот в вытяжке NaOH	Гуминовых кислот в вытяжке 0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇	ГК-1	Σ	1a+1	Σ
1	2.21	2.24	5,39*	9,18	10,63	22,71	0.11	0.6	0.16	0.21
2	2.23	2.18	3,74	8,31	5,43	21,12	0.08	0.6	0.15	0.24

* Примечание . Жирным шрифтом выделены наиболее существенные различия, свидетельствующие об увеличении ароматизации молекул гуминовых веществ и вовлечении в процесс гумификации пожнивных остатков.

По результатам проведенного исследования можно предположить, что при дальнейшем внесении препарата «Экстрасол», вместо традиционных методов утилизации пожнивных остатков, возможен более выраженный положительный эффект и, соответственно, более контрастное изменение показателей гумусового состояния почв. Однако это предположение требует проведения дальнейших

мониторинговых исследований, выполняемых на должной статистической основе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В производственных опытах, помимо описанных, выявлены следующие дополнительные положительные эффекты от внедрения в биoutilization пожнивных остатков зерновых предлагаемой технологии с применением Экстрасола:

-подавление патогенной микрофлоры, освобождение эконош для развития и активности аборигенной целлюлозолитической и лигниндеструкторной микробиоты;

- мобилизация из почвенного пула и вовлечение в агропроцесс труднодоступных форм фосфора, калия и ряда микроэлементов.

На поле , обработанном в августе 2009 г. Экстрасолом, в процессе уборки урожая зерновых летом 2010 г. выявлен эффект последействия , выразившийся в увеличении урожайности пшеницы на 3 ц/га и повышении содержания клейковины. Полученная прибавка урожая (в денежном выражении – это приблизительно 1400 руб./га) полностью окупает затраты на проведенные обработки пашни микробиологическим препаратом Экстрасол.

Таким образом, учитывая высокую технологичность, безопасность, срок хранения (24 месяца) совместимость с удобрениями и пестицидами, имеющейся в хозяйствах сельхозтехники микробиологический препарат «Экстрасол» может стать реальным средством управления плодородием в долгосрочном аспекте, а также процессами деструкции и гумификации пожнивных остатков на зерновом клине России. Несколько слов о сиюминутной экономике описываемого процесса биодеструкции с применением биопрепаратов. Так, постановлением Администрации Ростовской области от 09.06.2010 № 234 введены штрафные санкции хозяйствам за выявление поджога соломы и стерни с причинением вреда лесополосам до 200 тыс. руб., за сам факт пала до 50

тыс.руб. Отдельно, сопоставимые штрафные суммы начисляются ответственным должностным лицам. Надо сказать, что в Западной и Северной Европе сегодня штрафы уже на 2 порядка больше. За варварское отношение к биоте пахотных почв в ряде случаев судебное преследование доводит дело до лишения прав землевладельца на ведение сельского хозяйства. Пора и в России также жестко оценивать наносимый ущерб как эффективному, так и оставляемому потомкам потенциальному плодородию земли. Остается добавить, что для повышения эффективности предлагаемую схему обработок пашни «Экстрасолом» с азотной поддержкой можно корректировать на региональном уровне, отталкиваясь от свойств почв, агроклиматического и экономического потенциала территории.

Литература.

Лыков А.Д. Гумус и плодородие почвы. М., 1985.с.192.

Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: изд. МСХА, 2000- 473 с.

Тейт Р. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты / Р. Тейт // М.-Мир.-1991.-с.400.