



УДК 504.3 (571.54)

И.А. Бадмажапова, А.Б. Гынинова, Б.Н. Гончиков

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОГНЕВОГО ФАКТОРА

В статье на примере осушенных почв Посольского болотного массива в Республике Бурятия показано, что в результате пожара торфяные почвы деградируют до пирогенных образований, которые отличаются своеобразными морфологическими и химическими свойствами.

Ключевые слова: торфяные пожары, пирогенные образования, зола, сера, кальций, кислотные осадки, грунтовые воды.

I.A. Badmazhapova, A.B. Gyninova, B.N. Gonchikov

THE CHEMICAL PROPERTY CHANGE OF THE DRAINED PEAT SOILS UNDER THE FIRE FACTOR INFLUENCE

On the example of the Posolskiy marsh massif drained soils in the Buryatia Republic it is shown that as a result of the fire, the peat soils degrade to the pyrogenic formations that differ by the peculiar morphological and chemical properties.

Key words: peat fires, pyrogenic formation, ash, sulfur, calcium, acid precipitation, groundwater.

Введение. Торфяные пожары в последние годы получили широкое распространение на территории России и ее регионов. В 2011 г. на территории Сибирского федерального округа зарегистрировано 504 очага возгораний на общей площади 12,48 тыс. га. Пожары зафиксированы в лесах Бурятии, Тувы, Хакасии, в Красноярском крае, на Алтае. В Забайкальском крае, по данным МЧС, только за одни сутки было зарегистрировано 24 очага лесных и торфяных пожаров на площади 524,5 га [1]. Большинство работ этой тематики освещают вопросы пирогенного влияния на неосушенные и осушенные болотные почвы в Западной Сибири, европейской территории России, Белоруссии, Башкирии. В Сибирском регионе данной проблеме посвящено ограниченное число работ [2, 3]. В Бурятии исследования по влиянию пожаров на свойства почв единичны и посвящены лесным пожарам [4, 5]. Вместе с тем в Байкальском регионе на осушенных болотных массивах также наблюдаются пожары. На крупнейшей в Бурятии осушительной системе в дельте р. Селенга почти ежегодно происходят пожары, последствия которых до настоящего времени не изучались. В условиях континентальности климата изменения почв, происходящие при пожарах, и пути их восстановления, очевидно, будут иметь региональные особенности. Исследование трансформации болотных почв в результате пожаров актуально как с точки зрения изучения послепожарного состояния, так и особенностей восстановления в условиях Байкальского региона.

Цель исследований. Изучение влияния пожаров на химический состав осушенных торфяных почв.

Задачи исследований. Анализ изменений морфологического строения и химического состава почв через 1 год и 7 лет после пожара.

Объекты и методы исследований. Работы проводились в 2011 г. на территории Посольской мелиоративной системы в Кабанском районе Республики Бурятия. Объектами исследований являлись низинные осушенные торфяные и торфяно-глеевые почвы Посольского болота и их пирогенные аналоги. Данный массив площадью 237,87 км² является самым крупным в Бурятии. Активные работы по осушению были начаты в 1958 году. Площадь мелиоративной системы, которая находится в восточной части болота, составляет 87,62 км². Осушенная часть болота в основном используется под сенокосы. В настоящее время отмечается интенсивное зарастание кустарником каналов и коллектора осушительно-оросительной системы. На ее территории наблюдаются частые возгорания торфяников. Во время проведения исследований и в последующие годы также были зафиксированы очаги возгорания.

Полевые методы. На территории мелиоративной системы было заложено два ключевых участка с почвами, пройденными пожаром в 2010 г. (ключевой участок №1) и 2004 г. (ключевой участок №2). Для кон-

троля были взяты почвы, не подвергшиеся действию огня. В полевых условиях проводилось морфологическое описание почвенных разрезов [6] и отбор образцов почв на химические анализы.

Лабораторные методы. В лабораторных условиях фотометрическим методом определены SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 ; CaO , MgO , MnO , Fe_2O_3 – атомно-адсорбционным; CO_2 – титриметрическим; п.п.п., S – гравиметрическим; F – потенциометрическим; Na_2O , K_2O – пламенно-фотометрическим методом [7]. Измерения производились на атомно-адсорбционном спектрофотометре AAS-1N, спектрофотометре Юнико 1201 и ионометре Анион-4100.

Морфологическое описание. Ключевой участок №1. Профиль мелиорированной торфяной почвы (разрез 2-11, рис. 1, а) имеет строение: Т1–Т2–Т3–ТМ (торфо-минеральный) – ВСГ–СГ. В результате воздействия огня в 2010 г. профиль приобрел строение: П (пирогенный) – ВСГ–СГ (разрез 3-11, рис. 1, б).

Ключевой участок №2. Строение мелиорированной торфяно-глеевой почвы: А0–Т1–Т2–ВСГ–Апогр–СГ (разрез 5-11, рис. 2, а). Под торфяной толщей обнаруживается насыпной песчаный горизонт ВСГ, под ним располагается погребенная почва. Профиль пирогенного образования (через 7 лет после пожара): А0–П–А1–СГ (разрез 4-11, рис. 2, б) признаков погребения не обнаруживает. На поверхности золы находится слой неразложившейся ветоши.



Рис. 1. Профили почвы, не нарушенной пожаром, и пирогенного образования: а – осушенная низинная торфяная маломощная почва; б – пирогенное образование (пожар произошел год назад)

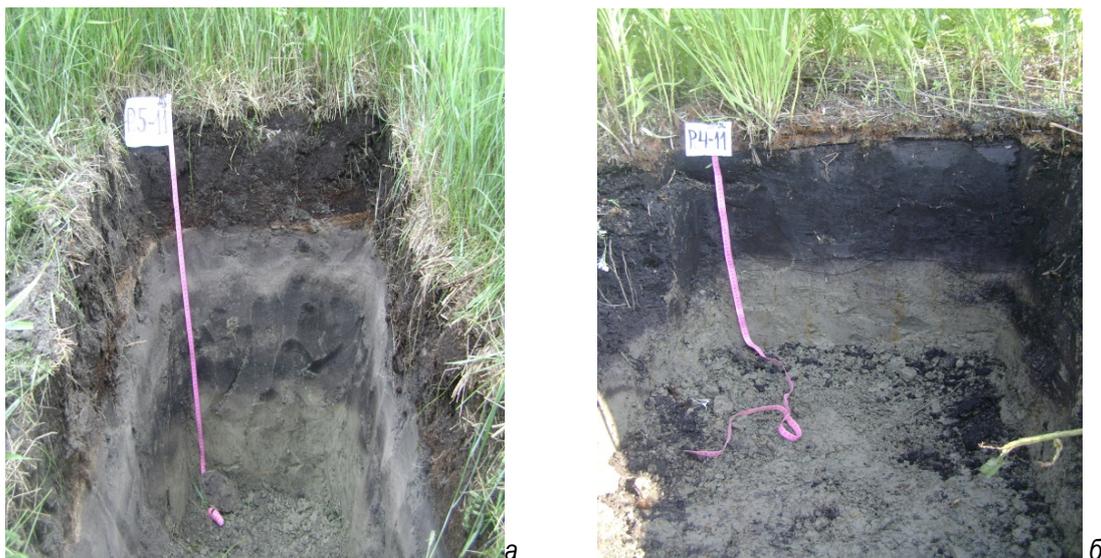


Рис. 2. Профили почвы, не нарушенной пожаром, и пирогенного образования: а – осушенная низинная торфяно-глеевая почва; б – пирогенное образование (пожар произошел семь лет назад)

Результаты исследований и их обсуждение. При сгорании 68 см торфа образуется пирогенный слой П мощностью 10 см, гипсометрическая отметка снижается на 58 см. Слой золы 1-годичной гари характеризуется рыхлым сложением, бесструктурностью и рыжевато-охристым цветом.

Пирогенный слой 7-летней гари мощностью 3 см образовался при сгорании торфа толщиной 31 см. Для него характерна светло-охристая окраска, появление комковатой структуры, скрепленной корнями. Предположительно, что ранее под слоем торфа исходной негоревшей почвы ключевого участка №2 находился торфо-минеральный горизонт, который в результате сгорания органической толщи оказался близко к поверхности, под слоем золы. Под воздействием корней пионерной растительности за 7 лет горизонт преобразовался в гумусовый (А1) мощностью 34 см. Он отличается ореховато-комковатой структурой, темно-серой до черной окраской, обильным включением корней [8]. Таким образом, имеет место так называемая «глубинная» деградация торфяных почв, вызванная сгоранием всех горизонтов торфа и формированием пирогенных образований с укороченным профилем [9].

Зольный состав почв отражает общие зональные геохимические закономерности [10, 11]. Болотные осушенные почвы Посольского болота относятся к высокозольным.

Исследования валового химического состава торфяной и торфяно-глеевой почв показали повышенное содержание макроэлементов SO_3 , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 (табл.). Содержание SiO_2 и Al_2O_3 в золе верхних слоев торфа составляет 33–43 и 7–9 % соответственно. Молекулярное отношение $SiO_2:R_2O_3$ равно 5,6 – 7,1. Учитывая, что в кислых породах (гранит и др.) отношение $SiO_2:Al_2O_3=7-8$, а в глинистых в основном составляет 2,0–4,5 [12]. Это позволяет предполагать, что указанные элементы входят в состав пылеватых частиц, которые попадают в почву с паводковыми водами или в результате осаждения пыли и мелких пылеватых частиц грунта из атмосферы [13]. В горизонте ТМ содержание SiO_2 и Al_2O_3 резко возрастает (66,3 и 16,4 %), что связано с преобладанием минеральных веществ. Также здесь наблюдается увеличение Na_2O и K_2O до 3 %.

Химический состав минеральной части болотных почв и пирогенных образований, %*

№ п/п	Глубина горизонта, см	Сырая зола	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	П.П.П.	Сумма	CO_2	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$
Разрез 2 – 11Д Низинная торфяная маломощная (контроль)																	
1	T1 (0-25/32)	12,46	42,8	0,44	8,4	3,78	0,03	1,53	20,24	1,21	1,13	1,32	12,82	6,92	100,62	4,73	7,1
2	T2 (25/32-45/35)	11,07	40,7	0,50	9,2	4,05	0,12	2,0	20,72	1,04	0,89	0,92	12,97	7,98	101,09	6,16	6,18
3	T3 (45/35-63)	11,82	33,4	0,38	7,7	4,58	0,09	3,12	24,88	1,04	0,84	1,14	10,7	9,02	96,89	6,71	5,6
4	T4 (63-68)	80,11	66,3	0,84	16,4	3,4	0,06	1,45	3,82	3,08	2,77	0,28	0,67	1,88	100,95	-	6,11
5	BCG (68-95)	-	67,1	0,79	16,0	3,3	0,06	1,47	2,71	3,60	3,00	0,17	0,3	1,12	99,62	-	6,22
6	CG (95-132)	-	66,6	0,8	16,2	3,73	0,06	1,67	2,71	3,47	3,13	0,17	0,27	1,26	100,07	-	6,17
Разрез 3 – 11Д Пирогенное образование (пожар в 2010 г.)																	
7	Ппир (0-10)	-	38,4	0,34	7,1	5,13	0,06	1,45	22,17	0,66	0,7	1,18	15,3	7,8	100,29	5,50	6,4
8	BCG (10-37)	-	66,7	0,81	16,1	3,58	0,06	1,45	2,87	3,36	2,97	0,19	0,45	1,28	99,82	-	6,17
9	CG (37-90)	-	66,3	0,83	15,8	4,83	0,07	1,67	2,72	3,62	3,05	0,19	0,27	1,08	100,43	-	6,11
Разрез 5 – 11Д Низинная торфяно-глеевая (контроль)																	
10	T1 (2-23)	60,09	64,7	0,72	14,5	4,72	0,1	1,49	5,08	2,73	2,50	0,47	1,1	2,48	100,59	-	6,35
11	T2 (23-31/32)	29,29	60,0	0,56	11,7	7,55	0,13	1,37	9,76	1,38	1,45	1,12	4,32	4,08	103,42	-	6,81
12	BCG (31/32-45/49/44)	-	73,5	0,44	14,0	1,63	0,03	0,64	2,07	3,64	3,10	0,1	0,25	0,88	100,03	-	8,13
13	Апогр(45/49/44) -69/73)	-	69,6	0,64	15,4	2,76	0,05	0,98	2,29	3,45	2,93	0,14	0,35	1,02	99,26	-	6,82
14	CG (69/73-95)	-	65,0	0,92	17,0	4,37	0,07	1,9	2,29	3,0	2,77	0,14	0,32	1,8	99,58	-	5,4
Разрез 4 – 11Д Пирогенное образование (пожар в 2004 г.)																	
15	Ппир (0-3)	-	62,6	0,61	12,4	5,48	0,12	1,24	7,93	1,72	1,67	1,41	0,25	3,92	99,35	1,43	6,93
16	A1 (3/37-46)	-	66,5	0,88	16,2	3,84	0,06	1,41	2,72	2,93	2,57	0,18	0,47	1,84	99,6	-	6,17
17	CG (37/46-75)	-	65,5	0,88	16,5	4,44	0,07	1,88	2,36	3,15	2,93	0,14	0,27	1,74	99,86	-	5,74

*% на прокаленную почву.

Ключевой участок №1. В исследованных нами почвах северной окраины болотного массива в составе золы отмечено повышенное содержание Ca, Fe и P, которые, очевидно, накапливаются на геохимическом барьере в краевой части болота. Как известно, краевые зоны низинных болот являются геохимическим барьером, в котором задерживаются многие элементы, выщелоченные из почв и коры выветривания [14].

Для низинных болот характерно повышенное содержание кальция [10]. В исследованных почвах количество CaO в горизонтах T1 – T3 достигает 20,24–24,88 % и снижается в горизонте TM (3,82 %). Высокое содержание кальция в золе торфа обусловлено гидрокарбонатно-кальциевым составом болотно-речных вод [15] и связано с его биогенно-водородной аккумуляцией на испарительном и сорбционном барьерах в краевой части болота, где располагался ключевой участок №1. В горизонте TM и минеральных горизонтах аллювиального генезиса этот показатель резко снижается.

Также в почве р. 2-11Д отмечено большое количество серы в верхних трех горизонтах – 10,7–12,97 % и резкое снижение в TM – 0,67 %. Вероятная причина накопления серы на болотном массиве – промышленные загрязнения, которые поступают с речными и делювиальными водами с хр. Хамар-Дабан [15]. Установлено, что в районе дельты р. Селенги выпадают атмосферные осадки, содержащие большие концентрации NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl⁻, HCO_3^- и др. [16]. Только зимой содержание сульфат-иона в осадках может достигать 100 мг/л и более. В отсутствие активных адсорбентов в зоне аэрации эти компоненты могут проникать в грунтовые и почвенные воды. Так, среднее содержание сульфатов, по данным авторов [16], в грунтовых водах Калтусной низины составляет 21,3 мг/л.

Содержание FeO в органической части профиля значительно и составляет 3,4–4,6 %, в минеральной – 3,3–3,7 %. Аккумуляция железа в низинных торфяных почвах обусловлена характером минерализации грунтовых вод. Установлено, что в глеевых водах на щелочном, сорбционном и термодинамическом барьерах осаждаются как кальций, так и железо [17].

Для органогенных горизонтов также характерно некоторое накопление фосфора. Известно, что присутствие свободных форм соединений железа, как правило, сопровождается накоплением фосфора, с которым оно образует нерастворимые соединения. В низинных высокозольных кальциевых почвах большая часть минерального фосфора находится в форме фосфатов кальция [10]. Низкое содержание K_2O и Na_2O , очевидно, обусловлено выносом этих элементов с дренажными водами.

Исследованиями Ф.Р. Зайдельмана [9, 18], И.М. Габбасовой [19], Д.И. Морозовой [20], С.В. Романова [21] показано, что в пирогенном горизонте по сравнению с исходным торфом возрастает содержание макроэлементов (P, K, Ca, Mg, Mn), а также микроэлементов и тяжелых металлов (Pb, Cu, B, Cd, Zn) [9].

Нами было установлено, что через год после пожара произошло увеличение содержания SO_3 в золе с 9,3 (усредненное значение по торфяным горизонтам) до 15,30 % и Fe_2O_3 с 4 (усредненное значение) до 5,13 %. Возможно, что пожары вызвали повышение температуры приземного слоя воздуха и усиление испарительного эффекта, что привело к формированию геохимического барьера, где происходит накопление веществ, наиболее растворимые из которых (K_2O , Na_2O) вымываются атмосферными осадками, дренажными водами, а менее растворимые (кальций, железо) задерживаются. По данным Ф.Р. Зайдельмана [9], при торфяных пожарах происходит значительный вынос Ca, Mg, K, Mn из золы первого года за счет естественно-элювиального выноса. В данном случае в связи с континентальностью климата наблюдается вынос лишь наиболее подвижных элементов калия и натрия.

Ключевой участок №2. Ближе к центральной части болота в составе золы торфа торфяно-глеевой почвы содержание CaO и SO_3 значительно ниже, чем на ключевом участке №1, и составляет: CaO – 5,08–9,76 %, SO_3 – 1,1–4,32 %. В Апогр. данные величины равны 2,29 и 0,13 %. Наибольшее количество SO_3 характерно для горизонта T2 (4,32 %). Максимум накопления Fe_2O_3 наблюдается в верхней части профиля (4,72–7,55 %), минимум – в горизонте BCG (1,63 %). Очевидно это связано с отсутствием геохимического барьера краевой части болота по сравнению с участком №1 и соответственно менее выраженной аккумуляцией элементов. Наблюдается некоторое накопление Na_2O , K_2O в поверхностном слое торфа. По видимому, эти элементы входят в состав минералов, привнесенных с атмосферной пылью.

Через 7 лет содержание оксида серы уменьшилось с 1,1–4,32 % (T1 – T2) до 0,25 % в золе пирогенного образования. Незначительно снизилось содержание K_2O и Na_2O – с 2 до 1,7 %. Это говорит о том, что сера, благодаря высокой подвижности, практически полностью выносятся. Состав остальных макроэлементов в целом остался неизменным. В ряде работ [18, 20] отмечено небольшое уменьшение SiO_2 и увеличение оксидов Fe_2O_3 и MnO в золе пирогенно-перегонного образования с течением времени (через 4 года после пожара). Последние приобретают высокую подвижность в анаэробных условиях, вызванных вторичным заболачиванием.

Выводы

1. В результате пожара на осушенных торфяных почвах верхний органогенный слой сгорает полностью. Имеет место «глубинная» пирогенная деградация. На месте торфяных горизонтов возникает слой золы П (пирогенный).

2. В химическом составе органогенных горизонтов торфяных и торфяно-глеевых почв Посольского болота отмечается высокое содержание макроэлементов CaO, SO₃, Fe₂O₃, P₂O₅, а также K₂O и Na₂O. Накопление кальция, железа и фосфора обусловлено генезисом низинных торфяных залежей. Высокое содержание серы в торфяных горизонтах почв объясняется техногенными причинами.

3. В результате пожара зольные вещества, ранее распределенные во всей толще торфа, теперь сконцентрированы в небольшом слое П, где находятся преимущественно в свободном состоянии и в разной степени способны к миграции. По сравнению с исходным торфом в слое золы П наблюдается увеличение содержания Fe₂O₃ и SO₃, а также вынос K₂O, Na₂O, как наиболее подвижных элементов. Через 7 лет особых изменений по их содержанию не наблюдается, за исключением серы, которая, как наиболее подвижный элемент, практически полностью выносится из золы пирогенного образования.

Литература

1. Торф: возгорание торфа, тушение торфяников и торфокомпозиаты / Л.Б. Хорошавин [и др.]; МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС, 2013. – 256 с.
2. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. Торфяные пожары как экологический фактор развития лесоболотных экосистем // Экология. – 1994. – № 5. – С. 27–34.
3. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. Пирогенная трансформация органического вещества почв лесных болот // Почвоведение. – 2006. – № 12. – С. 1441–1450.
4. Шахматова Е.Ю. Послепожарные изменения в дерново-подбурях в подтаежных ландшафтах Селенгинского среднегорья // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: мат-лы II Междунар. науч. конф., посвящ. 30-летию Ин-та общей и экспериментальной биологии СО РАН (Улан-Удэ, 20–25 июня 2011 г.). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – Т. 1. – С. 154–155.
5. Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. Пирогенное изменение содержания микроэлементов в почвах и растениях сосновых лесов Западного Забайкалья // Сибир. экол. журн. – 2013. – № 5. – С. 661–674.
6. Розанов Б.Г. Морфология почв: учебник. – М.: Академический проект, 2004. – 432 с.
7. Воробьева Л.А. Химический анализ почв: учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
8. Бадмажапова И.А., Гьнинова А.Б. Изменение морфологического строения торфяных почв Прибайкалья в результате пожаров // Мат-лы VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева: в 3 кн. – Петрозаводск, 2012. – С. 464.
9. Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры, земледелие, рекультивация. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 164 с.
10. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
11. Почвы дельты р. Селенга (генезис, география, геохимия) / А.Б. Гьнинова, Л.Д. Балсанова, С.А. Шоба [и др.]. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. – 374 с.
12. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах: учеб. пособие. – Тула: Гриф и К, 2005. – 336 с.
13. Петрович П.И. Торфяные почвы дельты р. Селенга и их сельскохозяйственное использование. – Улан-Удэ: Бур. кн. изд-во, 1965. – 96 с.
14. Перельман А.И. Геохимия природных вод / под ред. А.В. Щербакова. – М.: Наука, 1982. – 154 с.
15. Бадмажапова И.А., Гьнинова А.Б. Влияние речных и грунтовых вод на формирование почв Посольского болотного массива // Вестн. Бурят. ун-та. – Улан-Удэ, 2012. – Вып. 4. – С. 177–183.
16. Дельта р. Селенга – естественный биофильтр и индикатор состояния оз. Байкал / отв. ред. А.К. Тулохонов, А.М. Плюснин; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние; Байкал. ин-т природопользования [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – С. 32–33.
17. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 610 с.

18. Зайдельман Ф.Р., Морозова Д.И., Шваров А.П. Изменение химических свойств пирогенных образований после пожаров на осушенных низинных торфяных почвах // Вестн. МГУ. – 2004. – № 1. – С. 25–29.
19. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р. Оценка состояния и рекультивация пирогенно-деградированных торфяных почв // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2011. – Т. 13. – № 1. – С. 223–228.
20. Морозова Д.И. Пирогенные образования и пирогенно измененные торфяные почвы – свойства, продуктивность, эволюция и особенности минералогии: дис. ... канд. биол. наук. – М., 2006. – 164 с.
21. Романов С.В. Эколого-гидротермическая оценка пирогенно измененных торфяных и дерново-пирогенных почв выработанных торфяных месторождений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2007. – 24 с.



УДК 631.559.2(083)

Т.М. Корсунова

БИОТЕХНОЛОГИЯ КОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ВЕРМИКУЛЬТУРОЙ И ПРИМЕНЕНИЕ БИОГУМУСА

В статье представлены результаты применения биотехнологии для утилизации органических отходов и получения биогумуса методом вермикультуры.

Ключевые слова: биотехнология, дождевой червь, птичий помет, биогумус, вермикультура.

T.M. Korsunova

THE BIOTECHNOLOGY OF CONVERTING ORGANIC WASTE BY VERMICULTURE AND BIOHUMUS APPLICATION

The results on the biotechnology application for the organic waste utilization and biohumus receiving by the vermiculture method are presented in the article.

Key words: biotechnology, the earthworm, poultry excrements, biohumus, vermiculture.

Введение. Вермикультура – это экологически и экономически целесообразный метод биотехнологии по утилизации органических отходов путем переработки их дождевыми червями. Дождевые черви способны перерабатывать в качественное и эффективное биоудобрение практически все органические отходы, в том числе и те, которые создают опасность загрязнения окружающей среды. Биотехнологическая трансформация органических отходов вермикультурой является безотходной технологией, позволяющей получать экологически чистое удобрение – биогумус – с высоким содержанием углерода, калия, фосфора, кальция, обогащенное макро- и микроэлементами, ферментами, активной микрофлорой, с пролонгированным действием при внесении в почву.

Биогумус повышает гумусированность почвы и ее детоксикационные свойства, ускоряет прорастание семян зерновых, овощных и цветочных культур, повышает урожайность и устойчивость растений к вредителям и болезням, особенно в стрессовых ситуациях. При переработке органических отходов в кишечнике дождевых червей уничтожаются гифы и споры патогенных грибов, бактерий, поэтому в биогумусе отсутствуют болезнетворные микроорганизмы, что позволяет получать экологически чистую и безопасную продукцию [1].

Цель исследований. Оценка перспективности использования продукта биотехнологической переработки отходов – биогумуса в качестве биоудобрения для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур.