

Биолог. журн. Армении, 3-4 (56), 2004

УДК 577.152.2

## О ДИНАМИКЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КОМПСТИРОВАНИЯ

Л.Г. АНТОНЯН

*Республиканский Центр депонирования микробов  
НАН Армении, 378510, г. Абовян*

Изучены и охарактеризованы биохимические процессы при компостировании в производственных условиях смеси навоза различного происхождения и соломы. Выявлены особенности изменения различных форм азота, углерода и фосфора, а также микрофлоры в динамике компостирования.

Ուսումնասիրվել է բնութագրվել են տարբեր ծագման գոմաղբի և ծղոտի խառնուրդների կոմպոստավորման կենսաքիմիական պրոցեսները՝ արտադրական պայմաններում: Պարզաբանվել են ազոտի տարբեր ձևերի, ածխածնի, ֆոսֆորի և միկրոֆլորայի փոփոխությունների առանձնահատկությունները՝ կոմպոստավորման դինամիկայում:

Biochemical patterns of the composting on the industrial scale, of mixture of straw with manure of different origin have been studied and characterized. The peculiarities of changes of different forms of nitrogen, carbon and phosphorus, as well as microflora in dynamics of the composting have been revealed.

### *Компост – ферментация – съедобные грибы*

В производстве съедобных грибов шампиньонов используются растительные субстраты в смеси с навозом различного происхождения, причем до использования они подвергаются компостированию.

Компостирование – сложный биологический процесс, при котором сложные органические вещества, благодаря деятельности микроорганизмов, подвергаются разложению и синтезу с превращением в гуминовые вещества. В процессе компостирования микроорганизмы потребляют гемицеллюлозы, целлюлозы и незначительное количество лигнинов, накапливая в субстрате лигнины и белок микроорганизмов, что создает благоприятные условия для роста съедобных грибов [15]. Проведенные Трешовой [14] эксперименты показали, что основной целью компостирования является накопление лигнина и уменьшение содержания аммиака в навозе. Азотистые вещества, содержащиеся в компосте, подвергаются действию аммонифицирующих бактерий, белки гидролизуются до аминокислот и образуют аммиак, часть которого улетучивается из компоста, а большая часть превращается в белок микроорганизмов. Образование большого количества аммиака в компосте создает щелочную реакцию – благоприятную среду (рН около 8,0) для роста высших грибов [13].

Соломины в субстрате, рассматриваемые под электронным микроскопом, в конце компстирования теряют блеск и покрываются аморфным слоем, состоящим из погибших микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. Согласно Геритсу, это вещество называется лигнинно-гумусным комплексом, обогащенным азотом. Оно нерастворимо в кислоте и содержит большое количество органического азота, сахаров и около 4% фенольных соединений. Доказательством того, что биомасса субстрата является основным источником питания шампиньонов является то, что около 50% этой фракции расходуется в первые 28 дней после заражения его мицелием [6].

Разложение углеводов, равно как и других соединений, в компсте осуществляется разнообразными микробами. Особенно хорошо развиваются термофильные формы целлюлозоразрушающих микроорганизмов при температуре 50-60°. В процессе ферментации меняется химический состав компста и за счет разложения клетчатки, крахмала и пектина теряется 8-12% органических веществ. Происходит накопление в субстрате белковых веществ с изменением цвета компста, температура повышается до 65-70°, и происходит частичная пастеризация субстрата. В компсте на этой стадии преобладают термофильные бактерии, актиномицеты и алкалофильные грибы [2, 7, 8, 12]. Очевидно, для выращивания съедобных грибов определяющее значение имеет правильное компстирование и качество субстрата. Целью работы было изучение микробиологических и биохимических изменений в процессе компстирования.

*Материал и методика.* В работе в качестве субстрата и подстилки были использованы навоз различного происхождения (коровий, овечий, птичий) и пшеничная солома.

Состав подвергаемой компстированию массы соответствует используемому в производстве съедобных грибов. Соотношение соломы к навозу составляет 1:1. В эту смесь вносятся добавки (кг/т): гипс - 125; мел - 30; натриевая селитра - 37; суперфосфат - 25; карбамид - 1. Смачивание смеси проводится проточной водой до достижения 80% влажности. Процесс компстирования включает следующие последовательные стадии. Замачивание соломы в воде на 7 сут с предварительным переминанием (толщина слоя - 0,2 м), затем внесение навоза, перемешивание с соломой с формированием бурта (ширина - 1,8 м, высота - 1,8 м) и выдержкой на открытой площадке в течение 5 сут. Далее проводится послойное добавление смеси гипса и селитры с последующей перебивкой и увлажнением компстируемой массы с выдержкой 3 сут, после чего вносятся смеси суперфосфата, мела и карбамида, с последующей перебивкой массы и выдержкой еще 3 сут. Затем проводится очередное перемешивание бурта с выдержкой 3 сут. С целью охлаждения и проветривания проводится разрыхление и расстилание бурта на бетонной площадке толщиной до 20 см и оставляется на 1 сут. Пастеризация готового компста в камере включает следующие стадии: перенос в пастеризационную камеру и формирование слоя высотой 1,8 м при температуре 24°; повышение парообразователем температуры до 60° (в течение 1,5 сут) с последующей выдержкой 8-12 ч в камере при данной постоянной температуре и активной рециркуляции воздуха. Затем отключением парообразователя и подачей свежего воздуха температура снижается до 54° и выдерживается при постоянной рециркуляции воздуха внутри камеры на 1 сут. С увеличением подачи свежего воздуха температура компста доводится до 24° при рециркуляции воздуха, затем отключается рециркуляция и проветривание камеры, после чего каждые 7 сут берется контрольная проба для химического анализа. Общее время созревания компста составляет 30-32 сут при постоянной влажности около 80% [1, 3].

Компстирование проводили в полиэтиленовых мешках в течение 30 сут. Пробы отбирали через каждые 5 сут.

В процессе компостирования в отобранных пробах определяли состав микрофлоры посевами на соответствующих питательных средах. Общий и аммонийный азот определяли методом микрокьельдаля [5].

Количество редуцирующих сахаров определяли методом Сомоджи – Нельсона [10, 11]. Количество белка – методом Лоури [7]. Содержание фосфора ( $P_2O_5$ ) – методом [4]. Сухой вес и влажность субстрата определяли общепринятым методом.

**Результаты и обсуждение.** Исследования показали, что в процессе компостирования субстратов происходят значительные изменения органических веществ. Как показано в табл. 1, по сравнению с исходным субстратом, количество органических веществ, начиная с 10 сут процесса, уменьшается и в конце ферментации достигает примерно 48-50%. При этом уменьшение органических веществ наблюдается у всех субстратов. Вместе с органическими веществами уменьшается и содержание общего азота, а содержание аммонийного азота увеличивается, по-видимому, благодаря действию аммонифицирующих бактерий. Незначительное увеличение выявлено в содержании фосфора и белка. Из таблицы видно также, что во всех испытанных субстратах наблюдается увеличение редуцирующих сахаров до 4,8-5,0%.

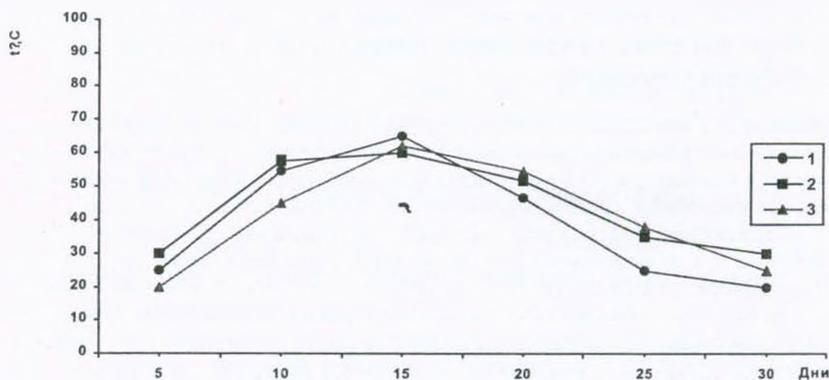


Рис. 1. Изменение температуры в процессе компостирования. 1. Коровий навоз + солома; 2. Овечий навоз + солома; 3. Птичий помет + солома

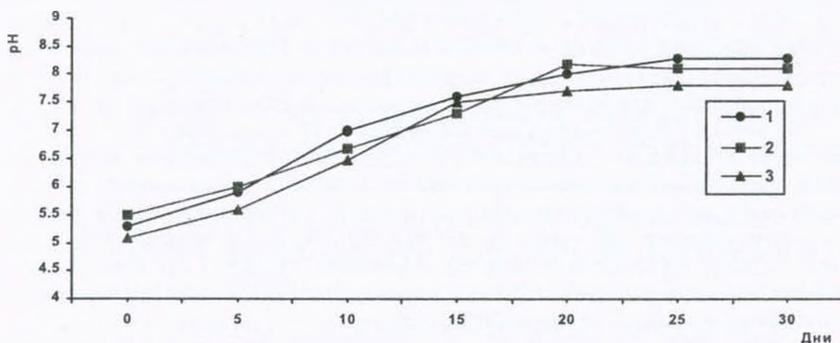


Рис. 2. Динамика сдвига pH в процессе компостирования. 1. Коровий навоз + солома, 2. Овечий навоз + солома, 3. Птичий помет + солома.

Таблица 1. Динамика питательных веществ в процессе компстирования

Питательные вещества, %	Коровий навоз + солома							Овечий навоз + солома							Куриный помет+солома						
	Дни отбора образцов																				
	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30
Вода	77,4	75,0	74,0	65,0	60,0	50,0	40,0	62,0	60,0	55,0	50,0	48,0	45,0	42,0	75,5	74,1	70,1	65,0	60,0	54,0	46,4
Потери массы	-	-	5,20	-	22,50	-	48,2	-	-	12,0	-	23,2	-	33,0	-	-	8,0	-	20,0	-	40,0
Органическое вещество	22,2	-	16,0	-	14,0	-	12,0	28,1	-	18,0	-	14,4	-	11,3	22,2	-	17,0	-	15,0	-	9,8
Редуцирующие сахара	3,0	3,0	3,4	3,6	3,9	4,4	4,7	2,5	2,8	3,0	3,3	4,0	4,6	4,9	3,2	3,4	3,9	3,9	4,0	4,1	4,6
Азот (N) общий	0,54	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,28	0,8	0,7	0,6	0,5	0,44	0,35	0,4	0,95	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5	0,4
Азот аммонийный и аминный	-	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	-	0,12	0,21	0,23	0,25	0,37	0,39	-	0,1	0,15	0,2	0,35	0,37	0,4
Фосфор (P2O5)	0,23	0,24	0,25	0,28	0,3	0,35	0,4	0,21	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32	0,3	0,31	0,33	0,35	0,36	0,38	0,41
Белок	3,4	3,1	3,1	2,8	2,5	2,2	1,7	5,0	4,4	3,7	3,1	2,7	2,2	2,5	5,9	5,0	4,7	4,4	3,7	3,1	2,5

Примечание: знаком (-) отмечено отсутствие данных анализа.

В процессе ферментации повышается температура среды и на 15-16 сут достигает 70-75° (рис.1.). Затем температура падает и в конце компостирования достигает 25-30°, т.е. оптимальной температуры посева мицелия грибов. Во время ферментации в субстрате в первые 5-7 сут развиваются мезофильные микроорганизмы, а затем, с увеличением температуры, начинают бурно развиваться термофильные формы, в основном термофильные актиномицеты. В результате ферментативного гидролиза сложные органические вещества расщепляются в ди- и моносахариды, которые являются благоприятной питательной средой для съедобных грибов.

Так как в процессе компостирования происходит активное дезаминирование азотистых соединений с выделением большого количества аммиака, в субстрате рН среды изменяется в щелочную сторону, достигая 8,0-8,5 (рис.2.), и создаются благоприятные условия для роста базидиомицетов.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что наиболее благоприятной средой для выращивания съедобных грибов является коровий навоз с соломой, где соотношение С/Н 18:1, а содержание фосфора 0,4%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Власюк П.А., Манорик А.В.* Обогащенные компосты. Изд-во с/х литературы, М., 1961.
2. *Громов Н.Г.* Шампиньоны. Изд. 2-е, 168 с., М. Сельхозгиз, 1957.
3. *Мамченков И.П.* Компосты, их приготовление и применение. Изд-во с/х литературы, М., 1962.
4. *Петербургский А.В.* Практикум по агрохимии., 97 –98. М. 1968.
5. *Петербургский А.В.* Практикум по агрономической химии., 99 – 118. М. 1968.
6. *Ранчева Ц.* Интенсивное производство шампиньонов, 31-32 М. 1990.
7. *Fergus C.L.* Mycologia., 56, 2, p. 267 – 284. 1964.
8. *Fordyce C.J.* Appl. Microbiol., 20, 2, 196 – 199, 1970.
9. *Lowry D.H. et al.* J. Biol. Chem., 193, 1, 265 – 275, 1951.
10. *Nelson N.J.* J. Biol. Chem., 153, 375 – 381, 1944.
11. *Somogyi M.* J. Biol. Chem., 195, 1, 19 – 22, 1952.
12. *Stoller B.B., Stauffer J.* Mushroom Sci., 2, 169 – 177, 1953.
13. *Stoller B.B.* Sci. Pract. Mushroom Grow., 1, 3, 237 – 238, 1971.
14. *Treschow C.* Dan.bot.ark., 11, 7, p. 1 – 180, 1944.
15. *Waksman S.A., Nissen W.* Amer.J. Bot. 19, 5, 514 – 537, 1932.

Поступила 02.XI.2004