

## Агрохимия

УДК 579.64: 631.8

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019537-40>РАЗРАБОТКА НОВОГО АЛГОРИТМА ПОЛУЧЕНИЯ  
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО БИОУДОБРЕНИЯ ИЗ ТОРФОПОМЕТНЫХ СМЕСЕЙ

Г.Ю. Рабинович, доктор биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель,  
170530, Тверская область., Калининский район, п.Эммаус, 27  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Во Всероссийском научно-исследовательском институте мелиорированных земель давно и плодотворно работают по созданию биоудобрений и полифункциональных биопрепаратов, получаемых методом направленной биоконверсии. Представлены инновационные элементы принципиально новой технологии получения перспективного биоудобрения. Разработка нового алгоритма биоконверсии торфопометных смесей необходима для формирования конкурентоспособного биоудобрения с благоприятной кислотностью, высокой численностью агрономически полезной микрофлоры, наличием элементов питания в форме, доступной для растений и микрофлоры, и связана с выбором наиболее эффективного процесса биоконверсии. Сравнивали 3 различающиеся по параметрам процесса, закладываемых трижды. Их оценивали по содержанию в исходных торфопометных смесях и в конечных продуктах (вариантах нового биоудобрения) аммонифицирующих и амилотических микроорганизмов, санитарно-показательной микрофлоры (энтеробактерий), грибов, актиномицетов, по активности оксидоредуктаз, уровню агрохимических показателей. Показано, что алгоритм ведения процесса ферментации включает кислотный гидролиз исходной смеси и две температурные стадии. На первой, протекающей при 55-60 °С в течение 24 ч, достигается необходимая экологичность биоудобрения, характеризуемого минимумом санитарно-показательной микрофлоры – энтеробактерий и низким содержанием микроорганизмов порчи – грибной флоры. На второй, протекающей при температуре 36-39 °С в течение 96 ч, активно развивается микрофлора, участвующая при использовании данного удобрения в формировании структуры почвы, высокого уровня ее эффективного плодородия. В процессе разработки осуществлен выбор варианта ведения процесса ферментации, отличающийся от прочих повышенным содержанием агрономически полезной микрофлоры, минимумом микроорганизмов рода *Enterobacter* и высоким содержанием ключевых элементов питания (азота, фосфора, калия) для роста растений.

DEVELOPMENT OF A NEW ALGORITHM FOR OBTAINING  
HIGHLY EFFECTIVE BIO-FERTILIZER FROM MIXTURES OF PEAT AND BIRD DROPPINGS

Rabinovich G.Yu.

All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands,  
170530, Tverskaya oblast, Kalininskij rajon, Emmaus, 27  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

VNIIMZ has long and fruitfully been working on the creation of bio-fertilizers and multifunctional bio drugs produced by the method of directional bioconversion. This article reflects the innovative elements of a fundamentally new technology for producing promising bio-fertilizers. The development of a new bioconversion algorithm for peat and bird droppings mixtures was aimed at creating a competitive bio-fertilizer with favorable acidity, a high number of agronomically beneficial microflora, the presence of nutrients in a form available for plants and microflora, and was done by choosing the most effective bioconversion process. Compared 3 different process parameters, laid three times. Their assessment was carried out according to the content in the initial peat and bird droppings mixtures and in the final products (variants of the biological fertilizer) ammonifying and amyolytic microorganisms, sanitary indicative microflora (enterobacteria), fungi, actinomycetes, on the activity of oxidoreductases, on the level of agrochemical parameters. The algorithm for conducting the fermentation process includes acid hydrolysis of the initial mixture and two temperature stages. At the first stage, proceeding at 55-60°C within 24 hours, the necessary ecological bio-fertilizer is achieved, characterized by a minimum of sanitary and representative microflora - enterobacteria and low content of spoilage microorganisms - fungal flora. At the second stage of bioconversion, occurring at a temperature of 36-39 °C for 96 hours, the microflora actively develops, participating when using this fertilizer in the formation of soil structure, a high level of its effective fertility. During the development process, the choice was made of the option of conducting a fermentation process, which differs from the others by a higher content of agronomically beneficial microflora, a minimum of microorganisms of the genus *Enterobacter* and a high content of key nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) for plant growth.

**Ключевые слова:** биоудобрение, биоконверсия, процесс получения, новый алгоритм, микробиологические и агрохимические показатели

**Key words:** biological fertilizer; bioconversion, the process of obtaining, the new algorithm, microbiological and agrochemical indicators

Известны способы оптимизации роста и развития сельскохозяйственных культур за счет использования различных стимуляторов не только при получении различных биосредств биоконверсией органического сырья, но и при их непосредственном применении в течение вегетации. В любом случае выбор эффективного стимулятора очень важен для использования в растениеводстве [1-12].

В течение трех десятилетий во Всероссийском НИИ мелиорированных земель ученые ведут разработки биотехнологий, в основе которых лежат процессы ферментации органических ресурсов и сопутствующие

приемы [13-16]. Эти разработки связаны с добавлением в составленную заранее исходную смесь различных веществ, что в целом обеспечивает появление на рынке экономически выгодных и экологически приемлемых технологий получения биоудобрений. Один из разработанных нами алгоритмов привел к созданию нового биоудобрения, представляющего собой однородную сыпучую массу темно-коричневого цвета, не имеющую специфического запаха.

Разработка нового алгоритма получения биоудобрения сопровождалась исследованиями, позволяющими усовершенствовать имеющийся прототип, в частности,

использовать введение добавок микроэлементов, а также отладить дополнительный блок технологических операций для получения оптимального биосредства [17].

**Методика.** Процесс подготовки исходной смеси для ферментации включает предварительное измельчение помета и торфа (50:50) до частиц не более 10 мм. В дальнейшем измельченную исходную смесь тщательно перемешивают и подвергают кислотному гидролизу. Гидролиз сопровождается введением неорганического стимулятора, содержащего микроэлементы, которые способны обеспечивать благоприятное течение процесса биоконверсии и в конечном итоге – направленное воздействие на рост и развитие растений.

Процесс переработки (биоконверсии), представленный на схеме, осуществляют в 2 стадии: на первой, которая длится 24 ч, используют высокотемпературный интервал 55-60 °С, на второй (96 ч) – мезофильный температурный интервал 36-39 °С. В процессе биоконверсии ферментируемую смесь в течение 30 мин подвергают периодической (через каждые 24 ч) продувке воздухом в продольном и поперечном направлениях для обеспечения активной работы аэробно ориентированной микрофлоры, способной к более эффективным процессам трансформации.

Разработка нового алгоритма получения биоудобрения проходила путем выбора наиболее эффективного процесса биоконверсии. Сравнивали 3 различающиеся по параметрам процесса, закладываемых трижды. Их оценивали по содержанию в исходных торфопометных смесях и конечных продуктах (вариантах нового биоудобрения) аммонифицирующих и амилолитических микроорганизмов, санитарно-показательной микрофлоры (энтеробактерий), грибов, актиномицетов, по активности оксидоредуктаз и уровню агрохимических показателей.

При получении нового биоудобрения применяли микробиологические и агрохимические методы. Микробиологические показатели и активность оксидоредуктаз в органических субстратах определяли по методикам, адаптированным для органического материала, массовую долю азота, фосфора и калия – по рекомендованным методикам [16] и соответствующим ГОСТ.

**Результаты и обсуждение.** Разработка нового алгоритма получения биоудобрения позволила выбрать наиболее эффективный процесс, характеризуемый введением стимуляторов в оптимальной концентрации. Изучение процесса ферментации позволило также выбрать режим его проведения. При получении нового биоудобрения использовали два достаточно доступных и недорогих стимулятора, которые в исследованных концентрациях не были токсичными для микрофлоры биореактора.

Сравнивали 3 процесса ферментации с кислотным гидролизом – №1, №2, №3, когда в исходную торфопометную смесь вводили азотную кислоту в трех концентрациях (табл. 1-4). Используемый интервал концентраций этих стимуляторов считали физиологичным, то есть достаточным для осуществления стимулирующего эффекта в отношении трансформирующей микрофлоры.

В исходных пробах отмечена довольно высокая численность аммонифицирующей микрофлоры (табл.1), способной к разрушению высокомолекулярных азотсодержащих соединений. К концу процесса их количество несколько уменьшилось во всех партиях биоудобрений в связи с осуществленным процессом трансформации. Кроме того, во всех вариантах ве-

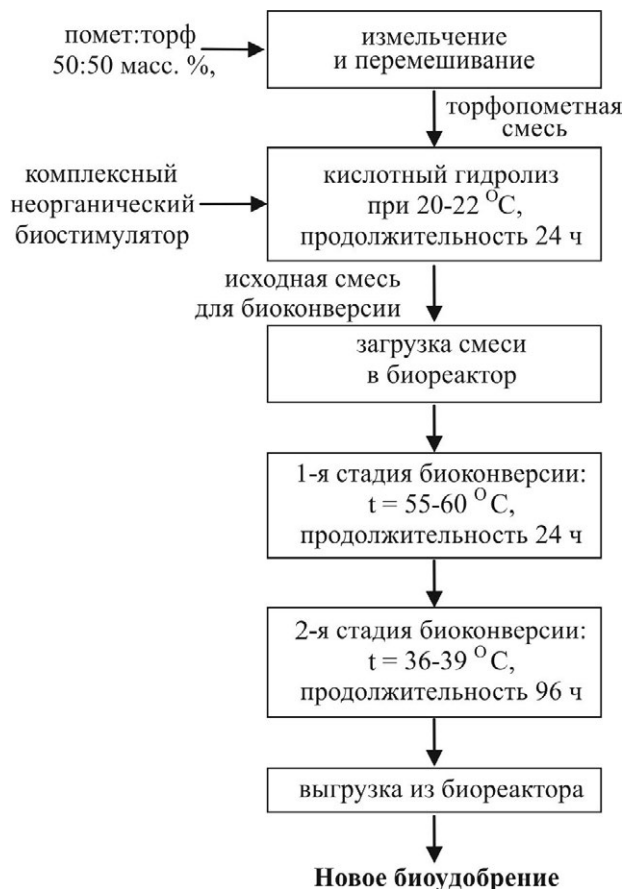


Схема получения нового биоудобрения.

дения ферментации наблюдали тенденцию к уменьшению численности микроорганизмов, способных использовать минеральные формы азота – амилолитических. Количество микроскопических грибов к концу всех ферментационных процессов снижалось очень существенно (в процессах №1 и №2 – почти в 300 раз, в процессе №3 ~ в 150 раз), при этом численность актиномицетов сохранялась на довольно высоком уровне, что отражает ход ускоренной сукцессии физиологических групп в биореакторе (от превалирования грибов к актиномицетам).

Табл. 1. Количество (КОЕ/г) различных физиологических групп микрофлоры в исходных смесях и биоудобрениях (средние данные)

Процесс	Проба	Амилолитические	Аммонифицирующие	Актиномицеты	Грибы	Энтеробактерии
№1	Исходная смесь	5,4x10 <sup>8</sup>	4,5x10 <sup>8</sup>	3,9x10 <sup>5</sup>	6,0x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>5</sup>
	Биоудобрение	5,1x10 <sup>8</sup>	2,3x10 <sup>8</sup>	2,7x10 <sup>5</sup>	5,0 x10 <sup>2</sup>	0,3x10 <sup>3</sup>
№2	Исходная смесь	4,4 x10 <sup>8</sup>	1,0 x10 <sup>9</sup>	3,5x10 <sup>5</sup>	5,8 x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>5</sup>
	Биоудобрение	3,4x10 <sup>8</sup>	3,7 x10 <sup>8</sup>	3,1x10 <sup>5</sup>	8,0 x10 <sup>2</sup>	1,6x10 <sup>2</sup>
№3	Исходная смесь	3,9x10 <sup>8</sup>	5,3x10 <sup>8</sup>	5,7x10 <sup>5</sup>	5,5 x10 <sup>3</sup>	1,0x10 <sup>5</sup>
	Биоудобрение	2,7x10 <sup>8</sup>	4,1x10 <sup>8</sup>	3,3x10 <sup>5</sup>	2,0 x10 <sup>1</sup>	4,0x10 <sup>1</sup>

**Табл. 2. Ферментативная активность исходных смесей и биоудобрений (средние данные)**

Процесс	Проба	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г/мин	Активность дегидрогеназы, мг ТФФ/г/24 ч
№1	Исходная смесь	1,77	0,69
	Биоудобрение	2,23	0,64
№2	Исходная смесь	1,73	0,62
	Биоудобрение	2,06	0,55
№3	Исходная смесь	1,82	0,71
	Биоудобрение	1,78	0,69

Важная особенность получаемого биоудобрения – минимальное количество или полное отсутствие условно патогенной микрофлоры. В то же время в конечном продукте варианта №3 энтеробактерий оказалось существенно меньше, чем в вариантах №1 и №2, и значительно меньше, чем в исходных смесях. Выраженный санитарный эффект в целом достигался сочетанием кислотного гидролиза и высокого температурного режима, применяемых в процессе биоконверсии.

Следует отметить также, что каталазная активность, обеспечивающая разложение перекиси водорода, в вариантах №1 и №2 к концу процессов возрастала (табл.2), а в варианте №3 снижалась, что показывает более быструю завершенность процесса ферментации.

Активность дегидрогеназы во всех вариантах оказалась достаточно высокой к концу биоконверсии

(наибольшая – в варианте № 3), что свидетельствует об активизации синтетических реакций. Естественно, что образующиеся при этом вещества существенно отличались от имеющихся в исходной смеси вследствие направленной деятельности микробного сообщества на протяжении всего процесса.

Содержание элементов питания во всех партиях нового биоудобрения по отношению к исходным пробам увеличивалось, причем в основном в биоудобрении, полученном в процессе ферментации №3 (табл. 3). Сравнивая 3 разновидности нового биоудобрения, можно сделать вывод о его лучшем качестве, полученном при реализации варианта №3. Данные обобщенной характеристики нового биоудобрения, представленной в табл. 4, свидетельствуют, что этому варианту присущи наибольшие значения агрономически полезной микрофлоры, минимальное содержание санитарно-показательных микроорганизмов рода *Enterobacter* и высокое содержание НРК.

Таким образом, разработка нового алгоритма биоконверсии торфопометных смесей имеет целью формирование конкурентоспособного биоудобрения с благоприятной кислотностью, достаточно высокой численностью агрономически полезной микрофлоры, наличием элементов питания в форме, доступной для растений и микрофлоры. Алгоритм ведения процесса ферментации включает кислотный гидролиз исходной смеси и две температурные стадии. На первой, протекающей при 55-60 °С в течение 24 ч, достигается необходимая экологичность биоудобрения, характеризуемого минимумом санитарно-показательной микрофлоры – энтеробактерий и низким содержанием микроорганизмов порчи – грибной флоры. На второй, протекающей при температуре 36-39 °С в течение 96 ч, активно развивается

**Табл. 3. Содержание элементов питания (% на абсолютно сухое вещество) в исходных смесях и биоудобрениях (средние данные)**

Процесс	Проба	Сухое вещество	pH	N <sub>общ.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub> , мг/кг
№1	Исходная смесь	35	5,8	2,10	мг/кг	2,29	2151
	Биоудобрение	38	7,3	2,66	2,63	2,63	77,38
№2	Исходная смесь	35	6,1	2,10	2,03	2,24	2284
	Биоудобрение	39	7,4	2,57	2,61	2,69	73,35
№3	Исходная смесь	35	6,3	2,33	2,05	2,45	3170
	Биоудобрение	40	7,5	2,68	2,66	2,81	83,40

**Табл. 4. Сравнительная характеристика биоудобрений (средние данные)**

№	Показатель	№1	№2	№3
1	Внешний вид (органолептические свойства)	Однородная сыпучая масса темно-коричневого цвета без специфического запаха		
2	Массовая доля сухого вещества, %	38	39	40
3	Кислотность, pH	7,3	7,4	7,5
4	Массовая доля общего азота на абсолютно сухое вещество, %	2,66	2,57	2,68
5	Массовая доля общего фосфора (в пересчете на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) на абсолютно сухое вещество, %	2,63	2,61	2,66
6	Массовая доля общего калия (в пересчете на K <sub>2</sub> O) на абсолютно сухое вещество, %	2,63	2,69	2,81
7	Содержание нитратного азота, мг/кг	77,38	73,35	83,4
8	Аммонифицирующие микроорганизмы, x10 <sup>8</sup> КОЕ/г	2,3	3,7	4,1
9	Амилитические микроорганизмы, x10 <sup>8</sup> КОЕ/г	5,1	3,4	2,7
10	Актиномицеты, x10 <sup>5</sup> КОЕ/г	2,7	3,1	3,3
11	Микроскопические грибы, x10 <sup>3</sup> КОЕ/г	0,5	0,8	0,02
12	Энтеробактерии, x10 <sup>3</sup> КОЕ/г	0,3	0,16	0,04
13	Каталазная активность, мл O <sub>2</sub> /г/мин	2,23	2,06	1,78
14	Дегидрогеназная активность, мг ТФФ/г/24 ч	0,64	0,55	0,69

микробиота, участвующая при использовании данного удобрения в формировании структуры почвы, высокого уровня ее эффективного плодородия.

В процессе разработки осуществлен выбор варианта ведения процесса ферментации, отличающийся от прочих повышенным содержанием агрономически полезной микрофлоры, минимумом микроорганизмов рода *Enterobacter* и высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора, калия) для роста растений. Разработанный способ получения нового биоудобрения является технологичным, поэтому может быть реализован в промышленных условиях.

### Литература

1. Галынская Н. Биопрепараты для защиты растений от болезней и вредителей. Статья [Электронный ресурс] // Сайт Надежды Галынской. Цветы. URL: <http://kvetky.net/2012/biopreparaty/>.
2. Иванов А.А., Матросова Л.Е., Трёмасов М.Я. Получение и применение биоудобрения на основе птичьего помета // Доклады Россельхозакадемии. – 2013. – № 4. – С. 28-30.
3. Инновационная технология получения компоста и его использование при возделывании картофеля / Н.И. Ряховская, В.В. Гайнатулина, Н.М. Шалагина, В.И. Шиян, М.А. Макарова, Н.Ю. Аргунеева // Плодородие. – 2012. – № 5. – С. 31-34.
4. Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В. Птичий помет – ценное органическое удобрение. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 80 с.
5. Патент РФ № 2125549 Способ получения биоудобрения / Киселева Н.И., Жариков Г.А., Галкина Н.Н., Коломбет Л.В., Боровик Р.В., Дядищев Н.Р., 1997. Оpubл. 27.01.1999.
6. Патент РФ № 2092470 Способ получения органико-минерального удобрения на основе торфа / Павлова Л.Н., Самогин С.К., Розенко Г.Т., Калинин Э.К., Ильмер Е.И., 1997. Оpubл. 10.10.1997.
7. Патент РФ №2529174 Способ компостирования послеуборочных растительных остатков сельскохозяйственных культур / Белоченко И.С., Гужалов В.В., Славгородская Д.А., 2014. Бюл. №27 от 27.09.2014.
8. Наумович В.М.. Торфяные ресурсы на службе сельского хозяйства. – М.: Неора, 1991. – 109 с.
9. Теоретическое обоснование технологий биологизации земледелия / Под ред. А.И. Еськова, М.: Россельхозакадемия, 2005. – 80 с.
10. Chen Z., Jiang X. Microbiological Safety of Chicken Litter or Chicken Litter-Based Organic Fertilizers: A Review // Agriculture. – 2014. – 4(1). – P. 1–29.
11. Golabi M. H., Denney M. J., Iyengar C. Value of Composted Organic Wastes As an Alternative to Synthetic Fertilizers For Soil Quality Improvement and Increased Yield //Compost Science & Utilization. – 2007. – 15(4). – P. 267–271.
12. Hanc A., Thustos P., Szákova J., Habart J., Gondek K. Direct and subsequent effect of compost and poultry manure on the bioavailability of cadmium and copper and their uptake by oat biomass // Plant, Soil and Environment. – 2018. – 54(No.7). – P. 271–278.
13. Патент на изобретение № 2141464 Способ приготовления компоста / Туманов И.П., Малинин Б.М., Ковалев Н.Г., 1997. Оpubл. 20.11.1999.
14. Патент на полезную модель № 71654 Поточная линия для получения жидкофазного биологически активного средства / Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В., Смирнова Ю.Д., 2007. Бюл. №8 от 20.03.2008.
15. Патент на изобретение № 2520144 Способ получения жидкофазного гуминового удобрения / Фомичева Н.В., Рабинович Г.Ю., 2013. Бюл. №17 от 20.06.2014.
16. Рабинович Г.Ю. Научные основы, опыт продвижения и перспективы биотехнологических разработок: монография. – Тверь: Твер. гос. ун-т. – 2016. – 196 с.
17. Патент на изобретение № 2539781 Способ получения биоудобрения / Рабинович Г.Ю., Тихомирова Д.В., 2015. Бюл. №3 от 27.01.2015.

Поступила в редакцию 18.04.19  
Принята к публикации 15.05.19