

УДК 631.878

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТОРФА

© Л.И. Инишева

Сибирский научно-исследовательский институт торфа, Томск (Россия)
E-mail: decanat@dggf.tsu.tomsk.su

В статье приводится характеристика агрономической ценности торфа и перспективы его использования в качестве основы для приготовления эффективных органических и органо-минеральных удобрений. Освещаются научные предпосылки направленного изменения органического вещества торфа, позволяющие создавать новые, более эффективные для конкретных почв органические и органо-минеральные удобрения на его основе. Рассматриваются свойства органического вещества торфа на примере фракционного и группового составов органического вещества и азота. Приводится перспектива дальнейших исследований.

Введение

Торф – оптимальное растительное сырье для производства многих видов сельскохозяйственной продукции: кормовых дрожжей, мелассы, подстилки в животноводческих помещениях, торфяных грунтов разного состава, торфяных плит для тепличного хозяйства, торфяных полых горшочков, питательных брикетов. Особый вид продукции – это удобрения и мелиоранты на основе торфов разного ботанического состава, с помощью которых можно управлять плодородием почв и получать экологически чистые и высокие урожаи сельскохозяйственных культур. В ряде стран в настоящее время разрабатываются альтернативные системы земледелия, главный смысл которых состоит в резком ограничении или полном отказе от применения минеральных удобрений в земледелии. В этих условиях необходимо разработать новое поколение органических удобрений, которые бы не содержали загрязняющих веществ, обеспечивали бы растения питательными элементами, стимуляторами роста и целенаправленно регулировали органо-минеральный баланс почв.

Исходным сырьем для таких удобрений может служить агрохимическое сырье – торф, свойства которого во многом удовлетворяют вышеперечисленным требованиям. Рассмотрим свойства низинного торфа Западной Сибири.

Агрохимическая характеристика

Торфяные болота и подстилающие их сапропели являются естественными хранилищами весьма ценных в сельскохозяйственном отношении веществ – витаминов, стимуляторов роста, углеводов, аминокислот и многих других метаболитов. Особое агрономическое значение имеет содержание азота в торфе. В различных видах торфа валовое его количество колеблется от 0.7 до 4% (табл. 1). Очень важным является содержание в торфе доступных для растений форм азота: аммиачного, нитратного, легкогидролизуемого, которые при корневых выделениях растений частично могут ими усваиваться. Повышенным содержанием минеральных форм азота характеризуется древесный торф (15.4% от общего азота), затем следуют древесно-осоковый и травяной.

Таблица 1

Содержание общего азота в торфе, % а.с.в.

Вид торфа	Степень разложения более 30%		Степень разложения менее 30%	
	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент вариации, %	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент ва- риации, %
Осоково-гипновый	<u>1.4-1.82</u> 1.61	18.1	<u>1.02-2.99</u> 1.74	34.5
Осоковый	<u>0.41-2.79</u> 1.64	47.6	<u>1.02-4.13</u> 2.15	36.3
Древесный	<u>0.99-2.81</u> 1.89	26.4	<u>0.75-2.37</u> 1.7	25.3
Древесно-травяной	<u>1.47-2.72</u> 1.83	32.2	<u>1.79-2.84</u> 2.13	18.8
Древесно-осоковый	<u>0.93-2.86</u> 1.80	39.4	<u>1.75-2.82</u> 2.33	17.1
Травяной	<u>1.53-2.84</u> 2.34	30.3	<u>0.79-2.83</u> 2.03	26.1

Ближайшим резервом для питания растений является азот легкогидролизуемой фракции. Его содержание достигает 30% от валового азота в осоково-гипновом торфе и далее в осоковом и древесном торфе (табл. 2). Наши прежние исследования также показали, что торф разного ботанического состава характеризуется широкими пределами содержания подвижных и легкогидролизуемых форм азота [1].

Основная часть азота содержится в торфе в труднодоступном состоянии для растений. Это трудногидролизуемые и негидролизуемые формы азота. Значительное количество азота в торфе приходится на гуминовые вещества. Кроме того, он обнаруживается в лигнине и битуме.

Агрономическая ценность торфа определяется также составом и содержанием зольных элемен-

тов. В составе зольных элементов торфа присутствуют большинство известных элементов биосферы. Содержание кальция, например, играет роль регулятора процесса распада органического вещества торфа, нейтрализуя кислотность и увеличивая биологическую активность. Следует отметить, что в составе зольных элементов торфа верхового типа, питающихся в основном за счет поступлений в виде пыли из атмосферы, преобладает кремний. Переходные виды торфа содержат больше алюминия и железа, низинный торф, подпитывающийся минерализованными грунтовыми водами, наряду с алюминием и железом обогащается и кальцием. В условиях высокоминерализованных грунтовых вод возможно формирование особого высокозольного торфа – известкового, с содержанием CaO до 30%.

Таблица 2

Экстремумы содержания минерального и легкогидролизуемого азота в торфе, % от общего азота

Вид торфа	Азот			
	минеральный	коэффициент вариации, %	легкогидролизуемый	коэффициент ва- риации, %
Осоково-гипновый	0.3-2.0	67.8	8.3-30.2	80.0
Осоковый	0.3-2.1	46.7	5.8-26.5	62.6
Древесный	0.3-15.4	187.0	5.5-18.0	32.2
Древесно-травяной	0.5-3.1	47.6	5.1-12.0	22.8
Древесно-осоковый	0.3-5.3	89.9	2.5-14.0	33.4
Травяной	0.4-4.8	80.7	3.0-13.2	18.6

В низинном торфе накопления гидрогенного происхождения отмечаются и по фосфору (до 29%). Это формирующиеся в торфе прослойки вивианита вторичного происхождения – фосфорнокислая соль железа $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \times 8\text{H}_2\text{O}]$. В основном же фосфор в торфе содержится в незначительном количестве 0.1–0.3%, при этом на подвижные формы фосфора приходится около 1% от общего содержания, а 60% его входит в состав органического вещества.

Калия в торфе еще меньше, чем фосфора (0.01–0.24%), и преобладающая его часть аккумулируется в форме малоподвижных соединений.

Таким образом, торф основными элементами питания для растений не обеспечен, за исключением азота, который содержится в недоступной форме.

В торфе обнаружено около 40 микроэлементов, составляющих в сумме до 1% от общей зольности [2]. Наличие агрохимически ценных микроэлементов (марганца, меди, никеля, цинка и бора) в торфе весьма различно. Наибольшие пределы колебаний наблюдаются по марганцу: 15–500 мг/кг. Среднее содержание меди в торфе невысокое – от 0.2 до 35.3 мг/кг, никеля – 0.3–15.1 мг/кг. Цинка и бора содержится несколько больше. В целом содержание этих микроэлементов в низинных торфах недостаточно для обеспечения растений. Поэтому во все формы удобрений на основе торфа, как правило, вносятся расчетные дозы этих микроэлементов.

Состав органического вещества торфа

Агрономическая ценность торфа во многом определяется его органической частью, которая состоит из растительных остатков и продуктов их превращения. Различие органического вещества (ОВ) разного торфа обусловлено неоднородностью химического состава растений-торфообразователей и неодинаковыми условиями перехода торфообразователей в торф. Растительные остатки представлены углеводами, лигнином, аминокис-

лотами и их производными, дубильными веществами, протобитумами, продуктами метаболизма микроорганизмов (физиологически активные вещества, ферменты). Органические вещества торфа, прошедшие стадию трансформации растительных остатков в процессе торфообразования, состоят из битумов, углеводов, негидролизуемых веществ и гуминовых веществ. Гуминовая часть представляет для земледелия особую ценность. Установлено, что гуминовые вещества из торфа – это соединения кислотной природы, содержащие ароматические комплексы и белковоподобные компоненты, отщепляющие при гидролизе аминокислоты [3]. Всего обнаружено 17 аминокислот, с преобладанием глютаминовых кислот, глицина и тренина.

Известны разные методы фракционирования ОВ торфа и торфяных почв. В случае оценки состава ОВ торфов для производства торфяных удобрений, согласно наших исследований, наиболее приемлем метод В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой, в котором гумусовые вещества извлекаются гидроокисью натрия [4]. Отдельные показатели фракционного состава ОВ торфов разного ботанического состава с учетом степени разложения приведены в таблицах 3–6. Степень разложения торфа является важной агрономической характеристикой. Так, например, с возрастанием степени разложения количество углеводов в торфах уменьшается, а гуминовых кислот при этом увеличивается.

Содержание воскоsmол (в% от общего углерода) характеризует обогащенность торфа липидами и является характерной группой веществ торфа, тесно связанной с его геоботаническими особенностями. Содержание воскоsmол в торфе изменяется от 0.9 до 30.9% от общего углерода с максимальным их содержанием в травяном торфе. Минимальные значения характерны для древесного и древесно-осокового торфа. Торф всех видов с высокой степенью разложения содержит больше воскоsmол, чем менее разложившийся (табл. 3).

Общее содержание гуминовых кислот (ГК) в высокоразложившемся торфе составляет от 13.0 до 36.3% (табл. 4). Максимальное количество ГК содержат травяной и древесный виды торфа, в которых средняя степень разложения достигает 35–37%. В торфе со степенью разложения менее 30% содержание ГК ниже – 5.7–33.4%.

Фракция свободных ГК является наиболее окисленной, менее полидисперсной, содержит большое количество функциональных групп, сильнее насыщена минеральными элементами и более гидрофильна [5]. Свободные ГК торфа – наиболее активная фракция ГК.

Содержание свободных ГК изменяется от 1.8 до 10.3% в высокоразложившемся торфе и от 2.1 до 19.4% в слабо-разложившихся (табл. 5). Наибольшее количество свободных ГК независимо от степени разложения торфа содержится в травяном (11.8% в высокоразложившемся и 7.5% в слабо-разложившемся торфе от $C_{\text{общ}}$ или соответственно 38 и 30% от суммы ГК) и древесно-травяном торфе (7.7% и 7.8% от $C_{\text{общ}}$ или 28.1% и 37.4% от суммы ГК); наименьшее содержание свободных ГК – в осоковом и осоково-гипновом торфе.

Таблица 3

Содержание воскоsmол в торфе, % а.с.в.

Вид торфа	Степень разложения более 30%		Степень разложения менее 30%	
	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент вариации, %	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент ва- риации, %
Осоково-гипновый	<u>4.0-9.0</u> 6.5	53.8	<u>5.2-6.5</u> 6.0	9.8
Осоковый	<u>4.5-8.8</u> 7.0	22.8	<u>5.0-10.0</u> 7.4	26.8
Древесный	<u>2.5-8.5</u> 6.1	27.9	<u>3.3-6.5</u> 4.4	24.0
Древесно-травяной	<u>0.9-10.3</u> 5.9	57.6	<u>5.9-9.0</u> 7.2	13.3
Древесно-осоковый	<u>5.6-7.2</u> 6.6	13.6	<u>6.0-7.0</u> 6.9	2.1
Травяной	<u>8.1-30.9</u> 16.3	77.9	<u>1.9-11.9</u> 6.9	38.9

Таблица 4

Содержание гуминовых кислот в торфе, % а.с.в.

Вид торфа	Степень разложения более 30%		Степень разложения менее 30%	
	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент вариации, %	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент ва- риации, %
Осоково-гипновый	<u>13.0-26.3</u> 19.6	47.9	<u>5.7-30.1</u> 18.3	54.6
Осоковый	<u>16.8-30.5</u> 23.0	25.6	<u>18.7-32.4</u> 25.3	19.2
Древесный	<u>22.2-37.8</u> 30.4	13.5	<u>17.8-28.5</u> 21.2	17.9
Древесно-травяной	<u>15.6-35.6</u> 27.2	27.9	<u>20.8-30.0</u> 20.9	45.7
Древесно-осоковый	<u>13.0-27.2</u> 22.3	35.9	<u>16.9-32.6</u> 24.8	44.6
Травяной	<u>22.9-36.3</u> 30.8	22.7	<u>19.1-33.4</u> 24.9	32.2

Таблица 5

Содержание свободных гуминовых кислот, % а.с.в.

Вид торфа	Степень разложения более 30%		Степень разложения менее 30%	
	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент вариации, %	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент ва- риации, %
Осоково-гипновый	<u>2.5-9.8</u> 6.1	85.2	<u>3.6-6.7</u> 5.6	25.0
Осоковый	<u>3.3-5.2</u> 4.4	15.9	<u>4.0-8.3</u> 6.0	26.7
Древесный	<u>4.4-12.0</u> 7.3	35.6	<u>2.7-7.8</u> 4.7	38.3
Древесно-травяной	<u>3.3-13.9</u> 7.7	68.8	<u>4.2-18.2</u> 7.8	61.5
Древесно-осоковый	<u>4.0-4.6</u> 4.2	7.1	<u>4.3-6.1</u> 5.2	18.8
Травяной	<u>5.6-20.3</u> 11.8	64.4	<u>3.8-10.1</u> 7.5	72.0

Для высокоразложившегося торфа характерно низкое содержание подвижной фракции ГК (до 7.9% от $C_{\text{общ}}$), что свидетельствует о высокой стабильности их ОВ. В составе ГК преобладают вторая и третья фракции.

Трудногидролизуемая часть торфа отождествляется с целлюлозой. Содержание трудногидролизуемых веществ в высокоразложившемся торфе изменяется в от 3.1 до 12%, в слаборазложившемся – от 3.0 до 14.4% (табл. 6). Торф, одинаковый по ботаническому составу, но с большей степенью разложения, содержит меньше трудногидролизуемых веществ, что подтверждает их низкую биохимическую устойчивость. Низкое содержание трудногидролизуемой фракции отмечается в тех видах торфа, которые обогащены древесными остатками. Высоким же содержанием трудногидролизуемых веществ характеризуется торф, в ботаническом составе которого высока доля мхов.

Особо следует подчеркнуть, что в условиях Западной Сибири низинный древесный, древесно-осоковый, осоково-гипновый, травяной и древесно-травяной торф характеризуется высокой степенью разложения (более 25%). В низинных древесных, древесно-травяных, древесно-осоковых и травяных видах торфа отмечается высокое содержание ГК (более 26% от $C_{\text{общ}}$), причем низинный травяной торф более богат подвижной формой ГК. Отсюда можно предположить, что для производ-

ства наиболее агрономически эффективных торфяных удобрений целесообразно использовать в первую очередь низинный травяной торф и далее древесно-травяные, древесно-осоковые и древесные виды торфа.

Направленное изменение органического вещества торфа

Для восстановления потенциального плодородия почв и, прежде всего, мобильной части их гумуса в состав удобрений, полученных на основе торфа (как органических, так и органоминеральных), должен входить торф, гумусовая составляющая которого наиболее близка по своему составу к гумусовым веществам почвы. Широкое варьирование фракционного состава ОВ и азота торфа позволяет более дифференцированно подойти к выбору видов торфа для производства торфяных удобрений, в зависимости от направленности процесса гумусообразования в почвах и торфе.

Активаторами ОВ торфа могут быть аммиачная вода или жидкий синтетический аммиак, микробиологические штаммы, природные вещества – отходы сельскохозяйственного производства. Широко известна, например, серия удобрений на основе торфа: торфоминерально-аммиачные удобрения, в которых в качестве активатора используется аммиак. При обработке аммиаком происхо-

Содержание трудногидролизуемых веществ в торфе, % а.с.в.

Вид торфа	Степень разложения более 30%		Степень разложения менее 30%	
	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент вариации, %	пределы <u>изменения</u> среднее	коэффициент ва- риации, %
Осоково-гипновый	<u>6.9-12.0</u> 9.4	38.3	<u>6.9-14.4</u> 9.8	33.7
Осоковый	<u>4.6-8.4</u> 6.2	21.0	<u>5.0-6.5</u> 5.8	10.3
Древесный	<u>3.1-6.7</u> 4.8	22.9	<u>3.8-6.1</u> 5.0	16.0
Древесно-травяной	<u>3.1-5.9</u> 5.3	22.6	<u>3.8-11.1</u> 5.9	42.4
Древесно-осоковый	<u>4.0-5.3</u> 4.9	14.3	<u>3.0-5.6</u> 4.3	41.9
Травяной	<u>4.2-9.1</u> 6.2	40.3	<u>3.8-14.1</u> 6.0	45.0

дит изменение агрохимических и биохимических свойств торфа. Содержание подвижных органических веществ увеличивается в 10–15 раз за счет водорастворимых гуматов аммония и соответственно повышается их эффективность как для растений, так и для почв. Агрономические свойства таких удобрений и их совместимость с плодородием почвы определяются правильно подобранными видами торфа, составляющего сырьевую базу для производства торфяных удобрений.

Перспективы исследований

Вышерассмотренные виды торфяных удобрений не охватывают возможный их перечень. На основе торфа можно создать новое поколение органических удобрений, соответствующее тем экологическим принципам, что заложены в концепцию устойчивого развития биосферы.

Торф характеризуется благоприятными водно-физическими (1 г торфа поглощает 10 частей воды), адсорбционными (емкость поглощения достигает 200 мг-экв/100 г) и агрохимическими свойствами. Но, как показано выше, свойства торф даже одного ботанического состава изменяются в довольно широких пределах. В связи с этим для

оценки качества торфа как сырья для производства органических удобрений следует расширить выбор видов торфа в статистической значимой выборке и с применением комплекса общетехнических, химических и физико-химических исследований, провести тщательное изучение свойств торфа и разработать химическую классификацию состава торфа на основе системного подхода.

Список литературы

1. Инишева Л.И., Нагорная М.Е. Агрохимические свойства торфов для удобрений // Химизация сельского хозяйства. 1991. №12. С. 67–68.
2. Инишева Л.И., Цыбукова Т.Н., Зарубина Р.Ф., Ефимова А.Н. Микроэлементы в торфах Западной Сибири // Мат. III междунар. конф. по химии нефти. Томск. 1997. С. 16–18.
3. Царева А.И. Химизм торфяной почвы и рост растений. Минск, 1972. 120 с.
4. Инишева Л.И. К вопросу о свойствах торфов, используемых для производства органических удобрений на торфяной основе // Торф в сельском хозяйстве. Томск, 1990. С. 23–33.
5. Ефремова Т.Т. Гумус и структурообразование в лесных торфяных почвах Западной Сибири: Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Новосибирск, 1990. 40 с.