

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 631.41(476)

ЗОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Л. Н. Лученок, кандидат сельскохозяйственных наук

С. Г. Баран, аспирант

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: торфяные почвы, биохимические показатели, ферментативная активность, дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза, инвертаза, сельскохозяйственное использование

Введение

В Республике Беларусь осушено и используется в сельскохозяйственном производстве около 1 млн. га торфяных почв. На их месте сформировались и продолжают формироваться почвенные разновидности, называемые агроторфяными почвами с содержанием органического вещества (ОВ) более 50 % и целый комплекс дегроторфяных различных стадий эволюции с содержанием ОВ < 50 %. За последние 10 лет основные исследования по изучению водно-физических и агрохимических свойств проводили в регионе Полесья. В них оценивали изменения водно-физических свойств [1, 2], агрохимических (качественный состав ОВ, содержание и соотношение различных фракций азота, фосфора и калия) [3—5], связанные с трансформацией торфяных почв в условиях южного региона. В ходе исследований установлено, что агроторфяные почвы различных стадий трансформации по своим свойствам превосходят торфяные почвы в первые годы после осушения, а вновь сформированные дегроторфяные почвы — примыкающие к ним автоморфные минеральные.

Плодородие почв определяется не только их агрохимическими и водно-физическими свойствами, но и биохимическими. В результате биохимических процессов происходит трансформация ОВ (как животного-растительных остатков, так и гумусовых веществ) почвы, а растения обеспечиваются необходимыми питательными веществами. В связи с биологизацией земледелия, направленной на повышение эффективности использования земель при сохранении их плодородия, биохимические показатели, такие как, например, ферментативная активность, должны быть приоритетными при оценке плодородия почв и выборе агробиотехнологических приемов в сельхозпроизводстве.

По степени активности ферментов можно судить об интенсивности процессов, приводящих к минерализации ОВ или обогащению почвы подвижными и доступными растениям питательными веществами (инвертаза), повышению общей микробиологической активности почв (дегидрогеназа), к синтезу гумусоподобных веществ (полифенолоксидаза и пероксидаза).

Таким образом, целью исследований была оценка ферментативных параметров торфяных почв различных стадий трансформации, расположенных в южной, центральной и северной гидролого-климатических зонах Беларуси.

Объекты и методы исследований

Было проведено экспедиционное обследование 12 объектов торфяных почв, расположенных в южной, центральной и северной гидролого-климатических зонах.

Южная зона (Полесье): Канал Бона около н.п. Борисово (Кобринский район, Брестская область, N52о 10.247', E24о 22.604'); Польшер «Кристиново» около н.п. Лопатино (Пинский р-н, Брестская область, N52о 01.578', E26о 18.578'); объект «Марьино» около н.п. Коммуна (Любанский район, Минская область, N52о 36.345', E28о 02.817'); Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ, Лунинецкий район Брестской области, N52о 12.173', E26о 37.189'; объект после реконструкции (около ПОСМЗиЛ за р. Бобрик), проведенной в 2009—2010 г., N52о 11.435', E26о 36.953').

Центральная зона: н. п. Майзорово и Лучное (Червеньский р-н, Минская область, N53о 38.29', E28о 28.385'); 2 точки на Дричинском массиве около н.п. Вендеж (Пуховичский р-н, Минская область, N53о 33.495', E28о 03.646').

Северная зона: н. п. Ютишки (Браславский р-н, Витебская область, N55о 30.814', E26о 44.495'); н.п. Петровщина (Шарковщинский р-н, Витебская область, N55о 14.460', E27о 33.617'); н. п. Варлань (Докшицкий р-н, Витебская область: Точка 1: N54о 51.469', E28о 01.175'; Точка 2: N54о 51.244', E28о 00.471'); н.п. Слобода (р. Поня) (Докшицкий р-н, Витебская область, N54о 52.421', E27о 59.591'); н.п. Веретеи (под ЛЭП) (Докшицкий р-н, Витебская область, N54о 37.307', E27о 54.778').

На каждом объекте были выбраны реперные точки со средне- или мощным торфом с содержанием ОВ более 50 %, маломощные торфяные почвы или торфяно-минеральные с содержанием ОВ более 20 % и минеральные остаточно-торфяные или постторфяные с содержанием ОВ менее 20 %. Торф на объектах низинный, по ботаническому составу осоково-тростниковый или тростниково-осоковый (70—80 %/30—20 %), допускаются включения остатков древесины лиственной (до 15 %). Подстилающая порода — песок. Почвенные образцы отбирали ранней весной (апрель — начало мая в зависимости от зоны).

В почвенных пробах определена активность гидролитических и оксидоредуктазных ферментов спектрофотометрическим методом с использованием Proscan MC 122 [6, 7].

Активность инвертазы определяли по методу Т.А. Щербаковой [6]. К 5 г воздушно-сухой почвы последовательно добавляли 5 мл фосфатного буфера (рН=4,94), 15 мл 8 % сахарозы, 3—4 капли толуола. Данную смесь выдерживали 4 часа в термостате при 37°C. После отделения почвы, к 1 мл вытяжки прибавляли 2 мл индикатора (щелочной раствор 3,5-динитросалицилата натрия с добавлением сегнетовой соли). Окрашенный раствор разбавляли водой до 10 мл. Оптическую плотность определяли при 490 нм относительно раствора без почвы. Активность инвертазы выражали в мг глюкозы на 5 г почвы за 4 часа.

Активность полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПО) определяли по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской [7]. К 2 г воздушно-сухой почвы добавляли 10 мл фосфатного буфера (рН= 7 и 4,94 для ПФО и ПО соответственно), 10 мл 1 % гидрохинона, 1 мл 1 % перекиси водорода (только при определении активности ПО). Полученную смесь выдерживали 1,5 часа в термостате при 30°C. После инкубации прибавляли 10 мл этанола и отфильтровывали. Оптическую плотность определяли при 470 нм относительно раствора без почвы. Активность ПФО и ПО выражали в мг бензохинона на 10 г почвы за 1,5 часа.

Активность дегидрогеназы (ДГ) изучаемых почв определяли по модифицированному методу Ленарда [8]. Так, 1,5 г воздушно-сухой почвы перемешивали с 10 мг СаСО₃. Затем добавляли 3 мл Н₂О, 1 мл 3 % 2,3,5-трифенилтетразолий хлорида (ТТХ), 1 мл 1 % глюкозы. Полученную смесь инкубировали 24 часа при 37°C, затем добавляли 5 мл этилового спирта. Далее суспензию фильтровали в мерные колбы объемом 25 мл, до метки доводили этанолом. Оптическую плотность определяли при 485 нм относительно этанола. Активность выражали в мг 2,3,5-трифенилформаза (ТФФ) на 1,5 г почвы за 24 часа.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований установлено, что активность дегидрогеназы, полифенолоксидазы и пероксидазы различается по стадиям трансформации торфяных почв и зависит от зоны расположения реперных точек. Так, на юге активность дегидрогеназы возрастает в 7,6 раза при увеличении содержания ОВ в органогенном слое с менее 10 % (2,0±0,17 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч) до 10—30 % (15,2±1,3 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч), в 3,8 раза при переходе к почвам с содержанием 30—50 % (57,4±1,3 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч), а затем активность снижается и в агроторфяных почвах с содержанием ОВ более 50 % она в среднем находится на уровне 36,8±3,2 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч. Аналогичная тенденция получена и в центральной зоне: в ряду почвенных разновидностей с содержанием ОВ <10 % -> 10—30 % -> 30—50 % -> >50 % активность дегидрогеназы изменялась от 6,8±0,5 -> 6,6±0,6 -> 55,0±5,2 -> 36,3±3,0 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч соответственно. Таким образом, отмечено нарастание активности дегидрогеназы в деградированных почвах с максимумом при содержании ОВ 30—50 % с последующим снижением в агроторфяных. Кроме того, отмечено, что при содержании ОВ в органогенном слое менее 10 % интенсивность дегидрогеназы в южной зоне ниже, чем в центральной.

В северной зоне не было реперных точек с содержанием ОВ менее 10 %. В почвах с содержанием ОВ 10—30 % активность дегидрогеназы (13,6±1,2 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч) сопоставима с ее показателями в аналогичных почвенных разновидностях в южной и центральной зонах. Это свидетельствует о том, что примешивание подстилающей песчаной породы к верхнему торфяному слою в процессе сельскохозяйственного использования улучшает водно-физические свойства этих почв (воздушный, тепловой режимы). Причем при различающемся биоклиматическом потенциале зон эти свойства идентичны. Аналогичная тенденция получена и в агроторфяных почвах с содержанием ОВ более 50 % (34,3±14,9 мг ТФФ/1,5 г за 24 ч), которая также может быть связана с водно-физическими свойствами и с видовым составом микро-

бов, зависящего от количества органического углерода в них. В органогенном слое с содержанием ОВ 30—50 % активность дегидрогеназы составила $24,6 \pm 4,8$ мг ТФФ/1,5 г за 24 ч, что ниже ее интенсивности в южной (в 2,3 раза) и в центральной (2,2 раза) зонах. Хотя по средним значениям отмечается линейная зависимость активности дегидрогеназы от содержания ОВ, однако большой разброс точек не позволяет установить даже слабой связи (табл. 1).

Таким образом, в северной зоне не отмечено значительного влияния содержания ОВ на интенсивность дегидрогеназы (индикатор микробиологической активности), что может быть связано с более значительным влиянием климатических условий (биоклиматический потенциал в реперных точках этой зоны 115—120, в то время как в южной ~130, в центральной — 120—125).

Регрессионные модели зависимости активности дегидрогеназы от содержания ОВ в органогенном слое представлены в табл. 1.

Таблица 1 — Регрессионные модели зависимости активности ферментов от содержания ОВ*

Зона		
Южная	Центральная	северная
ДГ = $-0,0221ОВ2 + 2,434ОВ - 16,36$	ДГ = $-0,0308ОВ2 + 3,316ОВ - 29,61$	ДГ = $-0,0116ОВ2 + 1,616ОВ - 21,09$
R2 = 0,65	R2 = 0,75	R2 = 0,233
ПФО = $3,648ОВ + 55,73$	ПФО = $2,404ОВ + 127,14$	ПФО = $2,091ОВ + 52,59$
R2 = 0,84	R2 = 0,76	R2 = 0,42
ПО = $0,965ОВ + 29,26$	ПО = $0,459ОВ + 62,45$	ПО = $0,525ОВ + 24,14$
R2 = 0,61	R2 = 0,29	R2 = 0,21

* Диапазон содержания ОВ — 3,0—90% в слое 0—20 см

Активность инвертазы в южной и центральной зонах была на одном уровне (30,1—40,1 мг глюкозы/ 5г за 4 ч). В северной зоне ее активность снижалась в среднем в 2 раза (рис.). Не

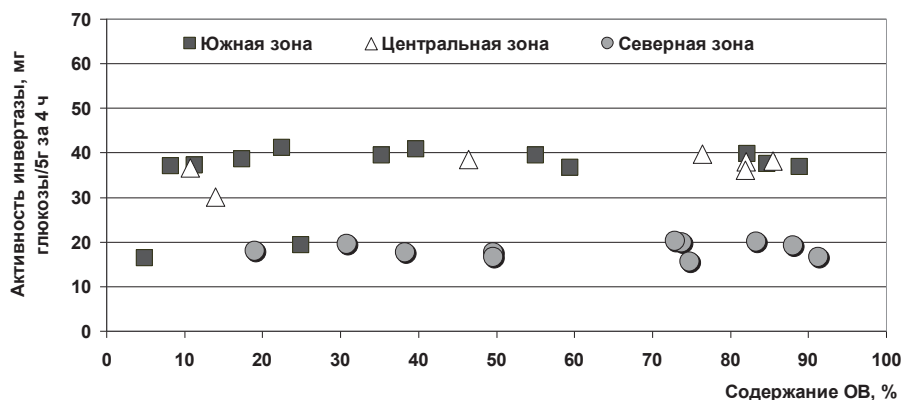


Рисунок — Активность инвертазы

установлено зависимости ее интенсивности от содержания ОВ в органогенном слое.

Полифенолоксидаза (ПФО) и пероксидаза (ПО) относятся к ферментам, катализирующим процессы образования сложных гумусоподобных веществ, идущих на формирование

сложных молекул гуминовых кислот (ПФО), и его дальнейшую минерализацию (ПО). По интенсивности этих последовательно идущих процессов судят о возможности образования гумуса. В случае более высокой активности ПФО по сравнению с активностью ПО можно судить о низкой интенсивности минерализации ОБ и формированию гуминовых кислот.

Активность полифенолоксидазы торфяных почв различных стадий трансформации на всех реперных точках превышала активность пероксидазы в 1,8—3,6 раза (об этом свидетельствуют коэффициенты при x (содержание ОБ (%)) (табл. 1).

Активность ПФО зависела от стадии эволюции торфяных почв и зоны расположения объектов. Так, в ряду почвенных разновидностей с содержанием ОБ <10 % -> 10—30 % -> 30—50 % -> >50 % активность изменялась:

- в южной зоне — от $54,3 \pm 4,6$ -> $117,5 \pm 25,3$ -> $197,0 \pm 46,5$ -> $335,6 \pm 45,6$ мг п-бензохинона/10 г за 1,5 ч;

- в центральной зоне — от $140,8 \pm 12,0$ -> $152,9 \pm 16,1$ -> $285,1 \pm 22,8$ -> $316,4 \pm 75,4$ мг п-бензохинона/10 г за 1,5 ч;

- в северной зоне — в ряду с содержанием ОБ 10—30 % -> 30—50 % -> >50 % — от $73,8 \pm 8,5$ -> $191,3 \pm 23,9$ -> $210,3 \pm 33,3$ мг п-бензохинона/10 г за 1,5 ч.

Установлена аналогичная тенденция при оценке активности ПО:

- в южной зоне — от $30,7 \pm 3,2$ -> $45,6 \pm 8,0$ -> $60,1 \pm 8,01$ -> $106,2 \pm 15,4$ мг п-бензохинона/10 г за 1,5 ч;

- в центральной зоне — от $65,1 \pm 7,3$ -> $72,1 \pm 6,8$ -> $82,1 \pm 8,9$ -> $100,0 \pm 17,4$ мг п-бензохинона/10 г за 1,5 ч;

- в северной зоне — в ряду с содержанием ОБ 10—30 % -> 30—50 % -> >50 % — от $32,0 \pm 2,7$ -> $52,9 \pm 4,5$ -> $62,5 \pm 8,5$ мг п-бензохинона/10 г за 1,5 ч.

Таким образом, установлены линейные зависимости активностей ПФО и ПО от содержания ОБ в пахотном слое (табл 1).

Активность изучаемых ферментов значительно варьирует по гидролого-климатическим зонам. Так, активность дегидрогеназы, инвертазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в южной и центральной зоне соответственно в 1,12—2,3, 1,6—2,3, 1,4—2,3 и 1,5—2,1 раза выше по сравнению с северной. Это свидетельствует о замедлении гидролитических и окислительно-восстановительных процессов при продвижении с юга на север. Таким образом, можно говорить, что все процессы трансформации ОБ торфяных почв выше 54о северной широты протекают менее интенсивно. Эффективность использования торфяных почв различных стадий трансформации в этой зоне может быть занижена.

Биохимические процессы, происходящие при трансформации ОБ, определяют фракционный состав почвенного азота, природу азотных соединений, представленных на 93—97 % органическими формами, основная часть которых входит в состав гумусовых веществ.

Наиболее лабильным пулом почвенного азота является легкогидролизуемый и минеральный азот, состоящий из нитратной и аммонийной форм. Содержание последних может

варьироваться в зависимости от антропогенного воздействия и климатических факторов.

Установлено, что с нарастанием активности ферментов, которая коррелирует с содержанием ОВ в почве, в трансформацию азота вовлекаются более труднодоступные формы. Чем выше активность дегидрогеназы, ПФО и ПО, тем меньше в почве доступных растениям форм азота: легкогидролизуемого и минерального, а также близкого резерва в виде трудногидролизуемого N, т.е. в минерализованных торфяных почвах с содержанием ОВ менее 35 % содержание лабильных фракций выше, чем в агроторфяных почвах.

В ходе анализа полученных данных по ферментативной активности и содержанию азо-

Таблица 2 — Регрессионные модели зависимости содержания лабильных фракций почвенного азота от ферментативной активности

Азот, мг/кг			
легкогидролизуемый	Минеральный	нитратный	аммонийный
Южная зона (n = 10)			
$N_i = 8,65ДГ + 245,39$ $R^2 = 0,85$	$N_m = 0,76ДГ + 19,90$ $R^2 = 0,74$	$NN_{NO_3^-} = 0,24ДГ + 8,03$ $R^2 = 0,54$	$NN_{NH_4^+} = 0,52ДГ + 11,87$ $R^2 = 0,64$
$N_i = 3,15ПФО + 163,22$ $R_2 = 0,87$	$N_m = 0,17ПФО + 8,64$ $R_2 = 0,89$	$NN_{NO_3^-} = 0,062ПФО + 4,33$ $R_2 = 0,67$	$NN_{NH_4^+} = 0,11ПФО + 4,31$ $R_2 = 0,78$
$N_i = 650,06Ln(ПО) - 1808,7$ $R_2 = 0,77$	$N_m = 35,76Ln(ПО) - 100,08$ $R_2 = 0,81$	$NN_{NO_3^-} = 13,29Ln(ПО) - 36,54$ $R_2 = 0,65$	$NN_{NH_4^+} = 22,478Ln(ПО) - 63,54$ $R_2 = 0,67$
Центральная зона (n = 6)			
$N_i = 20,165ДГ + 431,36$ $R_2 = 0,83$	$N_m = 0,79ДГ + 17,87$ $R_2 = 0,73$	$NN_{NO_3^-} = 0,31ДГ + 4,31$ $R_2 = 0,52$	$NN_{NH_4^+} = 0,49ДГ + 13,56$ $R_2 = 0,72$
$N_i = 6,14ПФО - 286,49$ $R_2 = 0,75$	$N_m = 0,23ПФО - 6,85$ $R_2 = 0,59$	$NN_{NO_3^-} = 0,096ПФО - 7,15$ $R_2 = 0,49$	$NN_{NH_4^+} = 0,13ПФО + 0,29$ $R_2 = 0,52$
$N_i = 3758,3Ln(ПО) - 15170$ $R_2 = 0,69$	$N_m = 147,54Ln(ПО) - 594,51$ $R_2 = 0,61$	$NN_{NO_3^-} = 68,97Ln(ПО) - 284,36$ $R_2 = 0,02$	$NN_{NH_4^+} = 78,57Ln(ПО) - 310,15$ $R_2 = 0,45$
Северная зона (n = 10)			
$N_i = 5,33ДГ + 1096,5$ $R_2 = 0,03$	$N_m = -0,96ДГ + 96,98$ $R_2 = 0,17$	$NN_{NO_3^-} = 0,75ДГ + 66,37$ $R_2 = 0,19$	$NN_{NH_4^+} = -0,22ДГ + 30,6$ $R_2 = 0,08$
$N_i = 1033,9Ln(ПФО) - 4000,8$ $R_2 = 0,77$	$N_m = 0,47ПФО - 13,22$ $R_2 = 0,76$	$NN_{NO_3^-} = 0,31ПФО - 8,65$ $R_2 = 0,60$	$NN_{NH_4^+} = 0,16ПФО - 4,57$ $R_2 = 0,91$
$N_i = 936,4Ln(ПО) - 2433,2$ $R_2 = 0,52$	$N_m = 1,38ПО - 7,05$ $R_2 = 0,82$	$NN_{NO_3^-} = 0,93ПО - 6,1$ $R_2 = 0,67$	$NN_{NH_4^+} = 0,46ПО - 0,95$ $R_2 = 0,87$

та в торфяных почвах различных стадий трансформации установлены зависимости содержания лабильных фракций почвенного азота (легкогидролизуемого, минерального, нитратного и аммонийного) от активности ДГ, ПФО и ПО (табл. 2).

В южной зоне установлена высокая теснота связи между активностью полифенолоксидазы и пероксидазы и лабильными фракциями азота. Аналогичная тенденция получена и в северной зоне. В центральной зоне заметная связь выявлена только между активностью ПФО со всеми фракциями лабильного N, а ПО — только с легкогидролизуемым и минеральным.

В южной и центральной зонах получена тесная связь активности дегидрогеназы с со-

держанием всех фракций N ($R^2 = 0,85$ и $0,83$ соответственно). В северной зоне ее активность не определяла содержание азота в почве.

Выводы

Интенсивность ферментативных процессов определялась гидролого-климатическими условиями расположения торфяных почв на территории Республики Беларусь. Активность дегидрогеназы, инвертазы, полифенолоксидазы и пероксидазы снижалась в 1,2—2,3 раза при продвижении с юга на север. Это свидетельствует о значительном замедлении процессов трансформации ОВ торфяных почв и более длительным периодом их сохранения. Однако на сельскохозяйственном производстве эти процессы могут сказываться негативно, так как снижают эффективность использования таких земель.

В южной и центральных зонах активность ферментов зависела от стадии эволюции торфяных почв. Активность дегидрогеназы нарастала при увеличении содержания ОВ в слое 0—20 см с максимумом при содержании ОВ 30—50 %, затем снижалась (эффективно аппроксимируется полиномом второй степени). Активность полифенолоксидазы и пероксидазы нарастает с увеличением содержания ОВ и хорошо аппроксимируется линейными зависимостями (в заданных пределах содержания ОВ 3,0—90 %).

Установлены зависимости активности ферментов с содержанием лабильных фракций почвенного азота. В южной и центральной зонах для оценки его содержания можно использовать активность дегидрогеназы ($R^2 = 0,73—0,85$). Активность полифенолоксидазы можно использовать для оценки содержания легкогидролизуемого, минерального, нитратного и аммонийного N в торфяных почвах различных стадий трансформации во всех гидролого-климатических зонах. Содержание и соотношение нитратного и аммонийного азота в большей степени варьирует от погодных условий и применяемых агротехнологических приемов, поэтому связь этих показателей с активностью фермента заметная, в то время как показатели минерального и легкогидролизуемого азота имеют высокую тесноту связи с активностью ПФО.

Библиографический список

1. Лихацевич, А.П. Изменение свойств маломощной торфяной почвы в процессе многолетнего сельскохозяйственного использования / А.П. Лихацевич, Н.М. Авраменко, В.В. Ткач // Вести Академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. — №2, 2011. — С. 60—65
2. Русак, Т. И. Влажность устойчивого завядания на старопахотных торфяных почвах Полесья / Т. И. Русак, Э. Н. Шкутов // Мелиорация, 2008. — №2(60). — С. 154—162
3. Семенов Н. Н. Влияние осушения и сельскохозяйственного использования на трансформацию химического состава торфяных почв // Мелиорация, 2009. — № 2(62). — С. 147—152.
4. Лученок Л.Н., Шкутов Э.Н., Баран С.Г. Изменение качественного состава органического вещества торфяных почв Белорусского Полесья в результате длительного сельскохозяйственного использования // Мелиорация, 2010. — № 1(63). — С. 112—119.
5. Шкутов Э.Н., Лученок Л.Н. Эволюция свойств осушенных торфяных почв Белорусского Полесья и их плодородие // Мелиорация, 2011. — № 1(65). — С. 137—147.
6. Галстян, А. Ш. Ферментативная активность почв Армении // Ереван: Айстан. — 1974. — 260 с.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М., 1990. 189 с.

Optimum Conditions for Measuring Dehydrogenase Activity of *Aspergillus niger* using TTC / A. E. Ghaly, N. S. Mahmoud // American Journal of Biochemistry and Biotechnology. — 2006. — № 2 (4). P. 186—194

Часть работы проведена при поддержке БРФФИ, в рамках выполнения проекта Б12Р-167.

Summary

Luchenok L., Baran S.

ZONE CHANGES OF BIOCHEMICAL PARAMETERS OF PEAT SOILS OF BELARUS

In article are submitted data on change of biochemical processes in the peat soils located in various gidrologo-climatic zones of Belarus. It is established that activity of the main enzymes decreased by 1,2 — 2,3 times at advance from the South to the north. It testifies to considerable delay of processes of transformation of OV of peat soils and longer period of their preservation. It is established that in the southern and central zones activity of enzymes is defined by the content of organic substance in a layer of 0 — 20 cm. Activity of a peroxidase in the central zone and all studied enzymes in a northern zone doesn't depend on a stage of transformation of peat soils. The activity indicator полифенолоксидазы can be used for an assessment of the contents easily hydrolyzed, mineral (ammoniyny and nitrate) nitrogen.

Поступила 05.05.2013