

УДК 631.452

Г. С. ЦЫТРОН, С. В. ШУЛЬГИНА, О. В. МАТЫЧЕНКОВА

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Институт почвоведения и агрохимии

(Поступила в редакцию 01.02.2011)

Введение. К настоящему времени в Республике Беларусь накоплен огромный фактический материал, характеризующий эффективное плодородие почв на разных стадиях социально-экономического развития страны. Систематизация этих сведений и создание информационной системы характеристики почвенного покрова дают возможность подойти к наиболее объективной оценке плодородия почв республики посредством оценки их энергии, поскольку почва является одним из компонентов биогеоценоза (экосистемы), обладающим, как и всякая термодинамическая система, энергетическим запасом.

Полный анализ энергетики почвообразовательного процесса – дело будущего, основу которого составляют знания энергетики массообмена и баланса внутренней энергии почв, требующие определенного фактического материала. В то же время исследование отдельных составляющих почвы, а именно элементарных энергетических подсистем, расчет их количественных параметров, представляется необходимым для исследования почвенной энергетики. Биоэнергетический потенциал почвы, как отмечала Т. Н. Кулаковская [1], во многом определяющий течение почвообразовательных процессов, теснейшим образом связан с накоплением и преобразованием органического вещества, а его содержание больше, чем другие составные части почвы, определяет главное ее свойство – плодородие. Энергия, связанная с гумусом, оказывает непосредственное влияние на устойчивость и продуктивность агроландшафтов и может служить одним из наиболее важных критериев определения плодородия почв, несмотря на то что составляет десятки доли процента от полной внутренней энергии верхней метровой толщи почвы [1–7].

На основе созданного банка данных почв республики и результатов углубленного изучения их строения, состава и свойств нами предпринята попытка разработки новых подходов к оценке плодородия почв исходя из энергетических запасов гумуса.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились автоморфные дерново-подзолистые естественные и разной степени окультуренные почвы, а также агроземы культурные песчаного, супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава.

Формирование базы данных плодородия вышеназванных почв осуществлялось на основании Методики формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретации и использования (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова) [8]. Источниками информации послужили результаты исследований современного состояния почв республики, научные публикации, фондовые материалы Института почвоведения и агрохимии, данные полевых стационарных опытов, результаты работ по корректировке материалов II тура крупномасштабного почвенного картографирования земель сельхозпредприятий, X тура крупномасштабного агрохимического обследования и др.

Расчет внутренней энергии гумуса проведен по формуле, предложенной В. А. Ковдой [2]:

$$Q = Sh_{\Pi}d_{\Pi}C_{\Gamma} \cdot 5,5,$$

где S – расчетная площадь, см^2 ; h_{Π} – мощность горизонта почвы, см ; d_{Π} – плотность (объемная масса) горизонта почвы, $\text{г}/\text{см}^3$; C_{Γ} – содержание гумуса, %; 5,5 ккал/г – средний эквивалент энергии для 1 т сухого органического вещества.

Статистическую обработку данных проводили с помощью Пакета анализа Microsoft Excel и программы Statistica.

Результаты и их обсуждение. Расчет внутренней энергии гумуса почв проведен в слое 0–50 см, так как именно из полуметровой толщи почвы растения расходуют элементы питания и влагу и на эту глубину проявляется наиболее сильное влияние антропогенного воздействия [9]. К тому же мощность органико-аккумулятивных горизонтов агроземов культурных независимо от гранулометрического состава превышает 35,0 см, в то время как мощность аналогичных горизонтов агродерново-подзолистых почв колеблется в пределах 23–25 см, а в естественных дерново-подзолистых почвах она составляет $(14,03 \pm 5,39)$ см. Поэтому внутренняя энергия гумуса, рассчитанная на 0–50-сантиметровый слой почвы, будет более объективным мерилем ее качества, чем энергия, рассчитанная на слой мощностью 20 см.

Согласно результатам расчетов (табл. 1), энергия гумуса естественных дерново-подзолистых почв, занятых лесом и в меньшей степени подверженных влиянию агротехногенеза, обуславливается, прежде всего, происхождением (генезисом) почвообразующих пород и их гранулометрическим составом.

Т а б л и ц а 1. Внутренняя энергия гумуса ($\times 10^5$ ккал/м²) в 0–50-сантиметровом слое естественных дерново-подзолистых почв различного генезиса и гранулометрического состава

Генезис почвообразующей породы	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Моренные	$0,29 \pm 0,06$ 13	$0,32 \pm 0,09$ 12	$0,43 \pm 0,09$ 7
Лессовидные	$0,33 \pm 0,08$ 13	$0,34 \pm 0,18$ 14	–
Водно-ледниковые	–	$0,28 \pm 0,11$ 84	$0,26 \pm 0,09$ 55
Древнеаллювиальные	–	–	$0,12 \pm 0,04$ 10
Всего	$0,32 \pm 0,07$ 26	$0,29 \pm 0,12$ 110	$0,26 \pm 0,11$ 72

Так, в ряду естественных дерново-подзолистых почв, сформировавшихся на породах различного генезиса песчаного гранулометрического состава, наименьшей энергией гумуса обладают почвы на древнеаллювиальных отложениях – $(0,12 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м². Энергия гумуса в почвах на водно-ледниковых песках имеет средние значения – $(0,26 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м², а максимальными значениями этого показателя характеризуются почвы на моренных песках – $(0,43 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м².

В дерново-подзолистых почвах на лессовидных супесях интервал значений энергии гумуса наиболее широкий – $(0,34 \pm 0,18) \cdot 10^5$ ккал/м², и величины этих показателей выше, чем в почвах на водно-ледниковых супесях $((0,28 \pm 0,18) \cdot 10^5$ ккал/м²), и, несмотря на небольшое превосходство, сравнимы с почвами на моренных супесях $((0,32 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²), а также на лессовидных суглинках $((0,33 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²). Энергия гумуса в почвах на моренных супесях $((0,32 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²) также превышает таковые значения в почвах на моренных суглинках $((0,29 \pm 0,18) \cdot 10^5$ ккал/м²) и уступает лишь этому параметру в почвах на моренных песках $((0,43 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²). Энергия гумуса почв на водно-ледниковых супесях $((0,28 \pm 0,11) \cdot 10^5$ ккал/м²) немного выше, нежели в почвах на водно-ледниковых песках $((0,26 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²).

Величина энергии гумуса в почвах на лессовидных суглинках – $(0,33 \pm 0,08) \cdot 10^5$ ккал/м² – незначительно превышает таковую на суглинках моренного происхождения – $(0,29 \pm 0,06) \cdot 10^5$ ккал/м².

Таким образом, в ряду рассматриваемых естественных автоморфных дерново-подзолистых почв, развивающихся на породах различного генезиса и гранулометрического состава, энергетически запасами гумуса наиболее выгодно выделяются почвы на моренных песках $((0,43 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²). В одну группу по этому показателю можно объединить естественные дерново-подзолистые почвы, сформированные на лессовидных суглинках $((0,33 \pm 0,08) \cdot 10^5$ ккал/м²), лессовидных супесях

$((0,34 \pm 0,18) \cdot 10^5$ ккал/м²), моренных супесей $((0,32 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²) и моренных суглинках $((0,29 \pm 0,06) \cdot 10^5$ ккал/м²). Значения энергии гумуса исследуемых почв на водно-ледниковых супесях $((0,28 \pm 0,11) \cdot 10^5$ ккал/м²) и аналогичного генезиса песках $((0,26 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²) уступают вышеназванным разновидностям и сравнимы между собой. Завершают ряд почвы на древнеаллювиальных песчаных отложениях, отличающиеся самой низкой энергией гумуса в слое 0–50 см – $(0,12 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м².

Освоение и использование дерново-подзолистых почв в сельскохозяйственном производстве способствуют изменению их основных свойств, что, несомненно, сказывается и на величине энергетических показателей гумуса (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Изменение внутренней энергии почвенного гумуса в 0–50-сантиметровом слое агродерново-подзолистых почв различного генезиса, гранулометрического состава и степени окультуренности

Генезис пород	Степень окультуренности	Гранулометрический состав		
		пески	супеси	легкие суглинки
Моренные	Слабоокультуренная	$\frac{0,25 \pm 0,03}{8}$	$\frac{0,25 \pm 0,04}{167}$	
	Среднеокультуренная	$\frac{0,35 \pm 0,05}{20}$	$\frac{0,35 \pm 0,04}{227}$	
	Хорошоокультуренная	$\frac{0,48 \pm 0,07}{11}$	$\frac{0,51 \pm 0,04}{56}$	
Лессовидные	Слабоокультуренная		$\frac{0,25 \pm 0,04}{39}$	$\frac{0,29 \pm 0,07}{60}$
	Среднеокультуренная		$\frac{0,36 \pm 0,05}{75}$	$\frac{0,39 \pm 0,04}{102}$
	Хорошоокультуренная		$\frac{0,52 \pm 0,04}{22}$	$\frac{0,56 \pm 0,04}{52}$
Водно-ледниковые	Слабоокультуренная	$\frac{0,25 \pm 0,04}{12}$	$\frac{0,26 \pm 0,02}{93}$	
	Среднеокультуренная	$\frac{0,35 \pm 0,04}{118}$	$\frac{0,36 \pm 0,04}{117}$	
	Хорошоокультуренная	$\frac{0,49 \pm 0,07}{76}$	$\frac{0,53 \pm 0,05}{23}$	
Древнеаллювиальные	Слабоокультуренная	$\frac{0,24 \pm 0,04}{16}$		
	Среднеокультуренная	$\frac{0,36 \pm 0,04}{12}$	–	–
	Хорошоокультуренная	$\frac{0,53 \pm 0,07}{8}$		
Всего	Слабоокультуренная	$\frac{0,24 \pm 0,04}{36}$	$\frac{0,25 \pm 0,03}{322}$	$\frac{0,29 \pm 0,07}{60}$
	Среднеокультуренная	$\frac{0,35 \pm 0,04}{150}$	$\frac{0,36 \pm 0,05}{502}$	$\frac{0,39 \pm 0,04}{102}$
	Хорошоокультуренная	$\frac{0,49 \pm 0,07}{95}$	$\frac{0,51 \pm 0,04}{120}$	$\frac{0,56 \pm 0,04}{52}$

В песчаных разновидностях автоморфных агродерново-подзолистых почв слабой степени окультуренности, с одной стороны, влияние генезиса почвообразующих пород ослабевает и различия в значениях показателя энергии гумуса в зависимости от их происхождения нивелируются: на древнеаллювиальных песчаных отложениях – $(0,24 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м²; водно-ледниковых – $(0,25 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м²; моренных – $(0,25 \pm 0,03) \cdot 10^5$ ккал/м². С другой стороны, если энергия гумуса в 0–50-сантиметровом слое слабоокультуренных почв на древнеаллювиальных отложениях значительно возросла (в 2 раза) по сравнению с аналогичными почвами под лесом $((0,12 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м²), то на водно-ледниковых отложениях $((0,25 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м²) сохранилась на уровне естественных почв $((0,26 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м²), а энергия гумуса слабоокультуренных песчаных почв на моренных почвообразующих породах стала значительно меньше – $(0,25 \pm 0,03) \cdot 10^5$ ккал/м² против $(0,43 \pm 0,09) \cdot 10^5$ ккал/м² в почвах под лесом.

Энергия гумуса в агродерново-подзолистых среднеокультуренных почвах песчаного гранулометрического состава значительно возрастает по сравнению со слабоокультуренными аналогами – в 1,5 раза, при этом их генезис уже не находит отражения в этих показателях. В них величина энергии гумуса в 0–50-сантиметровом слое находится практически в одном интервале и в общем составляет $(0,35 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м².

Та же тенденция проявляется и в хорошоокультуренных аналогах песчаных почв: наблюдается дальнейший рост общей энергии гумуса – $(0,49 \pm 0,07) \cdot 10^5$ ккал/м², что почти в 2 раза выше по сравнению с естественными аналогами. Причем окультуривание почв на древнеаллювиальных песках способствует значительному росту этого параметра, который достигает в хорошоокультуренных вариантах величины $(0,53 \pm 0,07) \cdot 10^5$ ккал/м², что в 4,4 раза превышает энергию гумуса естественных почв.

В пределах одной степени окультуренности в агродерново-подзолистых почвах супесчаного гранулометрического состава практически не наблюдается зависимости величины энергии гумуса от генезиса почвообразующих пород. В ряду по степени окультуренности внутренняя энергия гумуса этих почв изменяется от $(0,25 \pm 0,03) \cdot 10^5$ до $(0,51 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м². Следует отметить, что слабоокультуренные супесчаные разновидности по своим показателям уступают естественным аналогам. Общая энергия гумуса хорошоокультуренных супесчаных разновидностей агродерново-подзолистых почв практически в 1,7 раза превышает энергию гумуса естественных аналогов.

Энергия гумуса агродерново-подзолистых слабоокультуренных суглинистых почв на лессовидных отложениях в полуметровой толще $((0,29 \pm 0,07) \cdot 10^5$ ккал/м²) несколько уменьшается по сравнению с естественными аналогами $((0,33 \pm 0,08) \cdot 10^5$ ккал/м²). В среднеокультуренных разновидностях по сравнению со слабоокультуренными происходит ее рост на 34,5%, т. е. становится равной $(0,39 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м², а в хорошоокультуренных – $(0,56 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м², что почти на 44% больше, чем в среднеокультуренных, и в 1,7 раза выше по сравнению с естественными. В целом агродерново-подзолистые хорошоокультуренные на лессовидных легких суглинках почвы характеризуются более высокой энергией гумуса $((0,56 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м²) по сравнению с хорошоокультуренными почвами песчаного гранулометрического состава $((0,49 \pm 0,07) \cdot 10^5$ ккал/м²) и супесчаного $((0,51 \pm 0,04) \cdot 10^5$ ккал/м²). Но если в агродерново-подзолистых хорошоокультуренных почвах на лессовидных легких суглинках величина энергии гумуса выше, чем в соответствующих естественных почвах в 1,7 раза, то в хорошоокультуренных супесчаных это превышение составляет 1,76 раза, а в песчаных – в 1,88 (рис. 1).

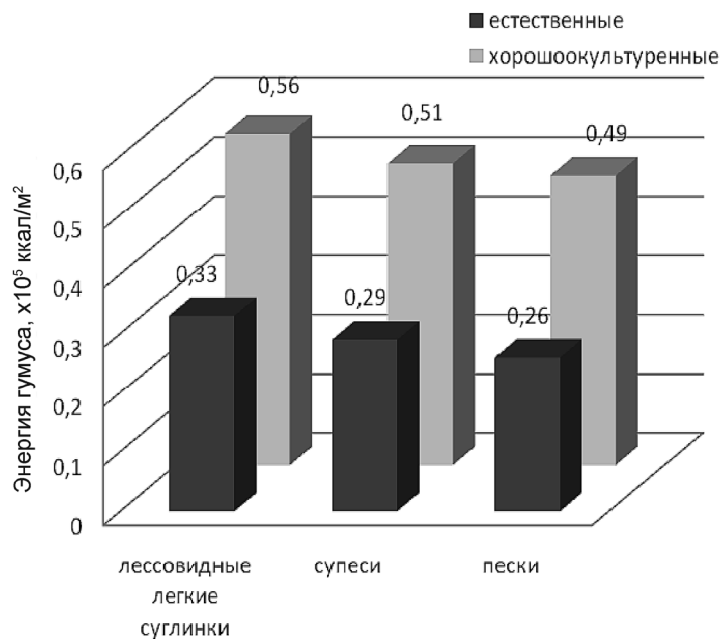


Рис. 1. Внутренняя энергия гумуса в 0–50-сантиметровом слое дерново-подзолистых естественных и агродерново-подзолистых хорошоокультуренных разного гранулометрического состава почв

По данным исследований (рис. 2) наиболее существенно отличаются в энергетическом отношении по сравнению с целинными и окультуренными почвами такие особые почвенные объекты, как агроземы культурные. Среди них отсутствует пестрота энергетических показателей, свойственная естественным и агроестественным почвам, и величины энергии гумуса не зависят от генезиса и гранулометрического состава почвообразующих пород.

Показатели энергии гумуса в 0–50-сантиметровом слое агроземов культурных значительно превосходят энергию гумуса агродерново-подзолистых хорошоокультуренных почв и находятся на уровне этого показателя в 100-балльном «эталоне» почв республики – в агродерново-карбонатной легкосуглинистой почве $((0,91 \pm 0,14) \cdot 10^5$ ккал/м², СПК «Агро-Припять» Житковичского района Гомельской области), а в агроземе культурном легкосуглинистом (ОАО «Гастелловское» Минского района) и связнопесчаном (СПК «Вархи» Городокского района Витебской области) еще выше – $(1,01 \pm 0,26) \cdot 10^5$ и $(1,13 \pm 0,13) \cdot 10^5$ ккал/м² соответственно, т. е. независимо от гранулометрического состава в агроземах культурных значения внутренней энергии гумуса становятся практически равновеликими.

Таким образом, анализ полученных среднестатистических значений внутренней энергии гумуса в 0–50-сантиметровом слое исследуемых почв свидетельствует, что этот показатель в агроземах культурных песчаного гранулометрического состава превышает аналогичный показатель естественных почв в 3,7 раза, в супесчаных – 3,1 раза, в то время как в суглинистых вариантах – в 2,7 раза. Если рассматривать изменение этого коэффициента по степени окультуренности относительно естественных почв, то в слабоокультуренных разновидностях песчаного гранулометрического состава он составляет 0,92, в среднеокультуренных – 1,35 и хорошоокультуренных – 1,88. В супесчаных почвах превышение по степени окультуренности имеет следующий вид: 0,90–1,24–1,76, в суглинистых – 0,80–1,18–1,70, т. е. превышения величин внутренней энергии гумуса по сравнению с естественными аналогами довольно близки независимо от грануломе-

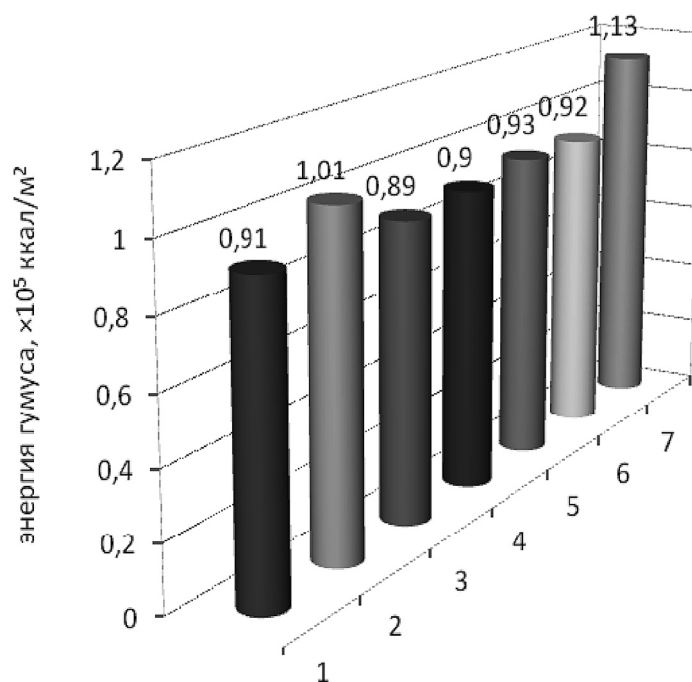


Рис. 2. Среднестатистические значения внутренней энергии гумуса агродерново-карбонатной легкосуглинистой почвы и агроземов культурных: 1 – агродерново-карбонатная легкосуглинистая (СПК «Агро-Припять» Житковичского р-на); 2 – агрозем культурный легкосуглинистый (ОАО «Гастелловское» Минского р-на); 3 – агрозем культурный легкосуглинистый (СПК «Агрофирма «Лучники» Слуцкого р-на); 4 – агрозем культурный связнопесчаный (СПК «Большевик-Агро» Солигорского р-на); 5 – агрозем культурный связнопесчаный (СПК «Озерь» Гродненского р-на); 6 – агрозем культурный связнопесчаный (СПК «Голевичи» Калинковичского р-на); 7 – агрозем культурный связнопесчаный (СПК «Вархи» Городокского р-на)

трического состава. Следовательно, величина внутренней энергии гумуса может служить критерием степени окультуренности почв, т. е. критерием оценки эффективного плодородия автоморфных дерново-подзолистых почв.

Заключение. Из результатов исследований следует, что:

величина внутренней энергии гумуса в 0–50-сантиметровом слое автоморфных почв может являться весьма достоверным критерием оценки их плодородия;

при оценке естественного плодородия почв следует учитывать гранулометрический состав и генезис почвообразующих пород, в то время как с увеличением степени окультуренности значение этих показателей постепенно уменьшается, а в агроземах культурных исчезает совсем, т. е. учет гранулометрического состава и генезиса почвообразующих пород при оценке эффективного плодородия автоморфных почв нуждается в некоторой корректировке.

Таким образом, величина внутренней энергии гумуса в 0–50-сантиметровом слое естественных автоморфных дерново-подзолистых почв может быть использована для оценки их естественного плодородия, этот же показатель в агроестественных аналогах – для оценки эффективного плодородия и в агроземах культурных – для оценки уровня потенциального плодородия почв.

Литература

1. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
2. Ковда, В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Кн. 1. – 446 с.
3. Волобуев, В. Р. Введение в энергетику почвообразования / В. Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
4. Оценка продуктивности агроценозов с использованием энергетических критериев / В. Р. Волобуев [и др.] // Повышение плодородия почв и производительной способности земель в интенсивных системах земледелия. – Минск, 1981. – С. 49–52.
5. Тихонов, С. А. Энергетическая характеристика дерново-подзолистых почв БССР / С. А. Тихонов, Т. А. Романова // Почвоведение и агрохимия / БелНИИ почвоведения и агрохимии; редкол.: И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ураджай, 1987. – Вып. 23. – С. 9–15.
6. Энергетическая оценка плодородия почв / В. И. Савич [и др.]. – М.: Изд-во ВНИИА, 2007. – 500 с.
7. Цытрон, Г. С. Плодородие и его виды: соотношение понятий / Г. С. Цытрон, О. В. Матыченкова // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: материалы междунар. научн.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26–30 июля 2010 г.: в 2 ч. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2010. – Ч. 1. – С. 184–186.
8. Методика формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретация и использование (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова) / Г. С. Цытрон [и др.] / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 44 с.
9. Семеновко, Н. Н. Прогрессивные системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семеновко. – Минск: Белорус. изд. тов-во «Хата», 2003. – 162 с.

G. S. TSYTRON, S. V. SHULGINA, O. V. MATYCHENKOVA

NEW APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF SOILS FERTILITY

Summary

In the article new approaches to the assessment of the genetic potential of fertility of authomorphic sod-podzol natural and to different extent cultivated soils of various genesis such as sandy, loamy sandy and light loamy of granulometric composition, and also Horticultural Anthrosols are examined. It is shown that the amount of internal energy of humus in a 0–50 cm layer of natural authomorphic sod-podzol soils can be used for the assessment of their natural fertility, in agronatural analogues this index can be used for the effective assessment of fertility, and in Horticultural Anthrosols – for the assessment of the rate of potential fertility of soils.