ПОЧВОЗНАНИЕ АГРОХИМИЯ И ЕКОЛОГИЯ, ГОД. XLVII, № 3
SOIL SCIENCE AGROCHEMISTRY AND ECOLOGY, VOL. XLVII, № 3
София. 2013. Sofia

ЕКАТЕРИНА ФИЛЧЕВА*, РОСИЦА ИЛИЕВА, ИВАНКА ЛЮБЕНОВА, БИСЕР ХРИСТОВ
Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров", София
*E-mail: filcheva@itp.bg

Органичното вещество в Българските Черноземи

Soil Organic Matter of Bulgarian Chernozems

E. Filcheva, R. Ilieva, I. Lubenova, B. Hristov
N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Abstract

Content, composition and morphology of soil organic matter are important diagnostic indicators which provide valuable information in the study of soils and soil processes. Data for content and composition of organic matter from statistical profiles of subtypes of Chernozem are presented in the study. Micromorphological characteristics of studied soils are developed. Micromorphological indicators confirm the identified chemically - humus type and degree of condensation of humic acids.

Key words: Chernozems, soil organic matter, humic acids, fulvicacids, micromorphology, humons

Съдържанието, съставът и морфологията на органичното вещество в почвите са важни диагностични показатели, които дават ценна информация при изучаване на почвите и почвените процеси. Информацията за хумусното състояние е база за изследвания върху генезиса и мониторинга на почвите при разработване на стратегии за земеделието, опазване на почвите и почвеното плодородие, и устойчиво земеделие.

Информация за почвеното органично вещество може да се получи не само с използване на химически методи (Кононова, 1963; Орлов, 1985), но и по морфологични характеристики чрез прилагане на микроморфологични изследвания на почвени шлифове. Микроморфологичният метод дава възможност за изследване на състоянието, вътрешната организация и профилното разпределение на почвеното органично вещество (Гришина, 1986; Илиева, 1986). Това разширява и допълва възможностите за диагностика на биогенните процеси, оценка на интензивността им и определяне на мястото им в почвения профил.

Основната цел на настоящето изследване беше да се обобщи наличната информация за състоянието на органичното вещество на Черноземите на равнище подтип.

Материал и методи

Съдържанието и съставът на почвеното органично вещество са определени по метода на Кононова-Белчикова (Кононова, 1963; Filcheva & Tsadilas, 2002): общото съдържание на хуминовите и фулвокиселините – в смесен разтвор на 0,1 M $Na_4P_2O_7$ и 0,1 M NaOH; „свободните" и свързаните с R_2O_3 хуминови киселини – в извлек с 0,1 M NaOH и най-подвижната и нискомолекулярна фракция на т. нар. агресивна фракция на фулвокиселините (1^a) – в извлек с 0,05 M H_2SO_4, почва: разтвор 1: 20 и за трите екстракта. Хуминовите и фулвокиселините в двата екстракта Cextr. и C_{NaOH} се разделят чрез подкисляване на разтвора с 0,5 M H_2SO_4. Оптичните характеристики (E_4/E_6) показват степента на кондензация и ароматизация на хуминовите киселини чрез определяне на оптичните характеристики при λ 465 и 665 nm.

Данните за съдържание и състав на органичното вещество са от статистически обобщени профили за подтиповете Черноземи (Филчева, 2004; 2007).

Почвените шлифове са изготвени в Лабораторията по микроморфология при Московския университет и в Лабораторията по микроморфология при ИПАЗР „Н. Пушкаров" – София. Наблюдението е извършено с микроскоп "Amplival" при увеличения 0,12 x 6,3 и 0,12 x 0,25. Обектите са заснети с камера ProgRes Capture Pro, финансирана от Проект SoilTrEC – FP7 Cooperative Work Programme, 2009.

Микроморфологичното наблюдение се извършва върху фини шлифове, изготвени от представителни почвени проби в ненарушено състояние, а органичната фаза на почвата се диагностицира по присъствието на няколко основни маркера: *растителни остатъци* – представени от растителни тъкани, растителни клетки или части от тях; *продукти от жизнената дейност на почвената мезо- и микрофауна* – най-често екскременти на дъждовни червеи и термити; *представители на почвената микрофлора* – гъбни хифи, цисти, спори, диатомови водорасли или части от тях; *почвен хумус* – наблюдава се под формата на аморфен колоиден материал, краен продукт от разпада на органичните остатъци; хумони – тъмно оцветени, изотропни хумусни образувания в основната маса на почвата. (Перфанова, Ярилова, 1977; Fitzpatrick,1984; Розанов, 2004).

Резултати и обсъждане

Карбонатни Черноземи

(Calcic Chernozems, WRBSR, 2006)

Черноземите заемат около 23 000 000 da, което е 21% от общата площ на страната (Койнов и др., 1972). От тях карбонатните и типични Черноземи покриват около 8 300 000 da, или 36% от площта на Черноземите.

Естественото протичане на почвообразувателните процеси при тези почви, както и при всички Черноземи, обуславя сравнително добри условия за хумусообразуване и хумусонатрупване. Тези процеси при Chernozems в България са изразени значително по-слабо в сравнение с класическата зона на Черноземите в Русия. Хумусът е с благоприятен състав и свойства. Целинните Карбонатни Черноземи (пасища) се характеризират със сравнително високо хумусно съдържание в горната част на хумусно-акумулативния хоризонт. Хумусното съдържание е от 3,5 до 5%, постепенно намалява по дълбочина на профила и до дълбочина около 90 cm то е около 1,0% (Филчева, 2004, Филчева 2007).

Типът на хумуса е хуматен до фулватно-хуматен по целия профил. Степента на хумификация (Cx/C общ x 100) е висока по целия почвен профил. Хуминовите киселини са свързани с калций и отношението E_4: E_6 представя високата им степен на кондензация, отсъстват „свободни" и свързани с подвижните форми на R_2O_3 хуминови киселини по цялата дълбочина на профила. Съдържанието на агресивната фракция на фулвокиселините – 1^a (извлечена с 0,1 N H_2SO_4) е незначително.

Характеристики на обобщени профили на Целинни Карбонатни Черноземи са представени в табл. 1. Данните показват постепенно намаление на хумусното съдържание по дълбочина на профила и потвърждават получените от други автори резултати за влиянието на типа на земеползване (Филчева 2004; 2007).

В съответствие с разпределението на хумусното съдържание е разпределението на общото количество на хуминовите киселини и на тези, свързани с Ca, и фулвокиселините. Отсъствието на свободни хуминови киселини при тези почви (карбонатните материали) предопределят благоприятните им воднофизични свойства. Разпределението на органичния въглерод, хуминовите, фулвокиселините и неекстрахируемия въглерод – C ост. (абсолютни количества) по дълбочина на профила на обработваеми и целинни вариантни е представено на фиг. 1 и 2, а на фиг. 3 – разпределението на органичния въглерод по дълбочина на профила при два типа земеползване.

Микроморфологичните наблюдения показват, че органична материя е представена от разложени растителни остатъци, разположени предимно в биогенните пори и пукнатини. В участъците на разлагане присъстват растителни биолити. Остатъците от почвената мезофауна са силно преработени, наблюдават се в близост до растителните части или в основната маса. Хумусът е тъмен, разпределен в основната маса, на места локално концентриран под формата на изотропни „хумони".

Микроморфологичните показатели потвърждават установените по химичен начин хуматен тип хумус с висока степен на кондензация на хуминовите киселини.

Таблица 1. Състав на органичното вещество на Карбонатен Чернозем – целина
(обобщен профил – Филчева, 2004; 2007)
Table 1. Composition of soil organic matter (SOM) of Calcic Chernozem – virgin
(Statistically generalized profile, Filcheva, 2004; 2007)

Хоризонт	С общ, %	Сх, %	Сф, %	Сх/Сф	С ост., %
A'	1,86	0,34	0,24	1,42	1,29
A"	1,25	0,23	0,13	1,77	0,89
A'"	0,86	0,17	0,12	1,42	0,57
AC	0,44	0,05	0,08	0,63	0,32

Таблица 2. Състав на органичното вещество на Излужен Чернозем
(обобщен профил целина – Филчева, 2004; 2007)
Table 2. Composition of soil organic matter (SOM) of Haplic Chernozem – virgin
(Statistically generalized profile, Filcheva, 2004; 2007)

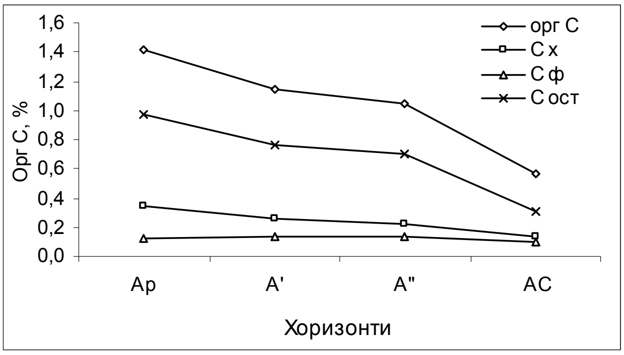
Хоризонт	С общ, %	Сх, %	Сф, %	Сх/Сф	С ост., %
A'	2,01	0,43	0,27	1,59	1,31
A"	1,19	0,26	0,17	1,53	0,75
A'"	1,03	0,28	0,14	2,00	0,62
AB	0,59	0,20	0,05	4,00	0,34
BCk	0,44	0,10	0,05	2,00	0,28
Ck	0,33	0,08	0,05	1,60	0,21

Таблица 3. Състав на органичното вещество на Черноземи излужени глинести – целина
(обобщен профил – Филчева, 2004; 2007)
Table 3. Composition of soil organic matter (SOM) of Vertic Chernozem – virgin
(Statistically generalized profile, Filcheva, 2004; 2007)

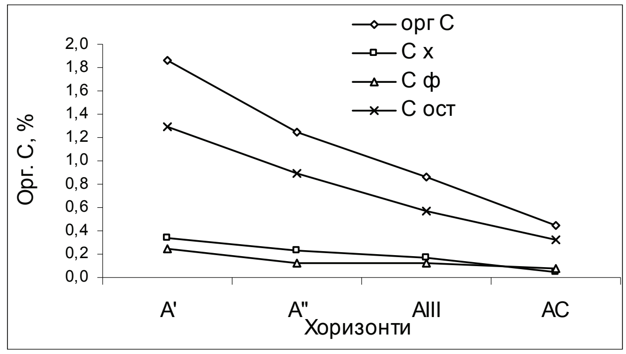
Хоризонт	С общ, %	Сх, %	Сф, %	Сх/Сф	С ост., %
A'	2,49	0,62	0,37	1,68	1,58
A"	1,69	0,50	0,24	2,08	0,95
A'"	1,37	0,44	0,21	2,09	0,71
A""	1,00	0,25	0,18	1,39	0,57
AC	0,48	0,14	0,05	2,80	0,29

Таблица 4. Състав на органичното вещество на Черноземи деградирани – целина
(обобщен профил – Филчева, 2004, 2007)
Table 4. Composition of soil organic matter (SOM) of Luvic Chernozem – virgin
(Statistically generalized profile, Filcheva, 2004; 2007)

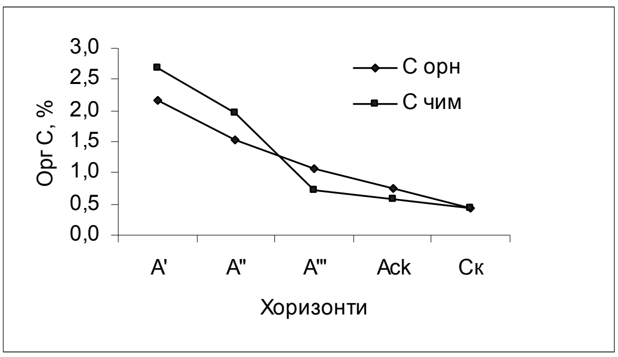
Хоризонт	С общ, %	Сх, %	Сф, %	Сх/Сф	С ост., %
A'	3,06	0,68	0,494	1,39	1,89
A"	1,03	0,22	0,25	0,88	0,55
AB	0,61	0,11	0,12	0,92	0,37
B1	0,47	0,10	0,078	1,28	0,29
B2	0,31	0,05	0,105	0,45	0,16
C	0,28	0,04	0,09	0,44	0,15



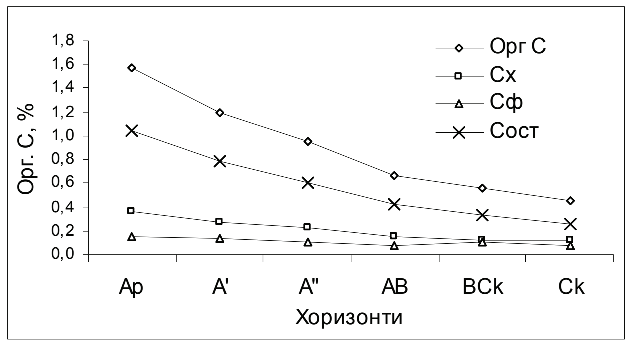
Фиг. 1. Разпределение на фракциите на органичното вещество по дълбочина на профила на Карбонатен Чернозем, обработваем
Fig. 1. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Calcic Chernozems, WRBSR, 2006) – plough



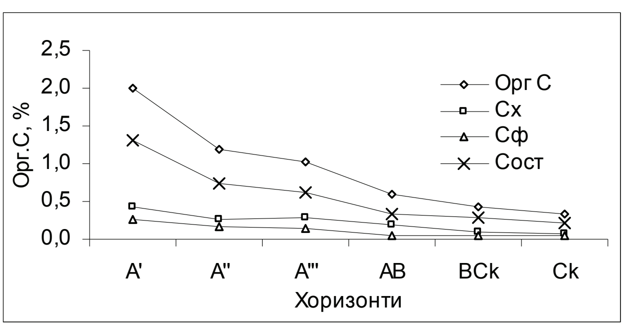
Фиг. 2. Разпределение на фракциите на органичното вещество на профила на Карбонатен Чернозем, целина
Fig. 2. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Calcic Chernozems, WRBSR, 2006) – virgin



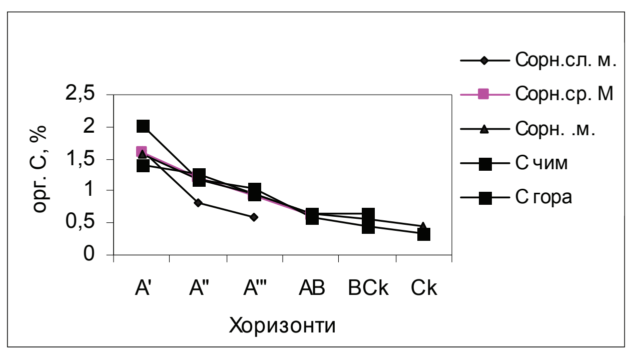
Фиг. 3. Разпределение на органичния въглерод по дълбочина на профила на Карбонатни Черноземи при различни типове земеползване
Fig. 3. Distribution of organic carbon along the profile depth of Calcic Chernozems in different land use



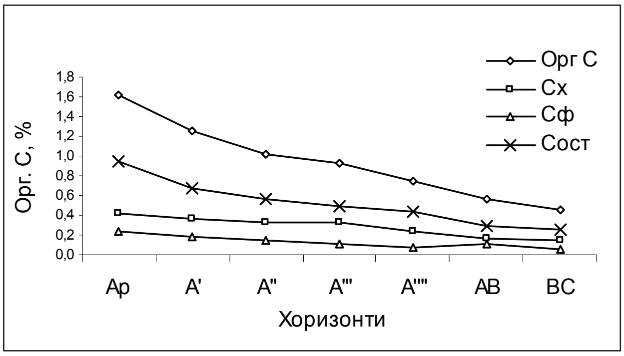
Фиг. 4. Разпределение на фракциите на органичното вещество на Излужени Черноземи, обработваеми
Fig. 4. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Haplic Chernozems, WRBSR, 2006) – plough



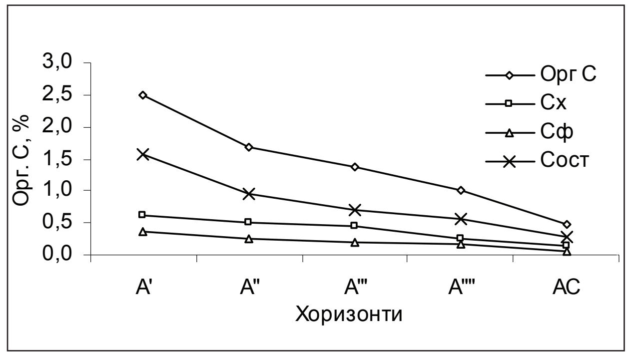
Фиг. 5. Разпределение на фракциите на органичното вещество на Излужени Черноземи, целина
Fig. 5. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Haplic Chernozems, WRBSR, 2006) – virgin



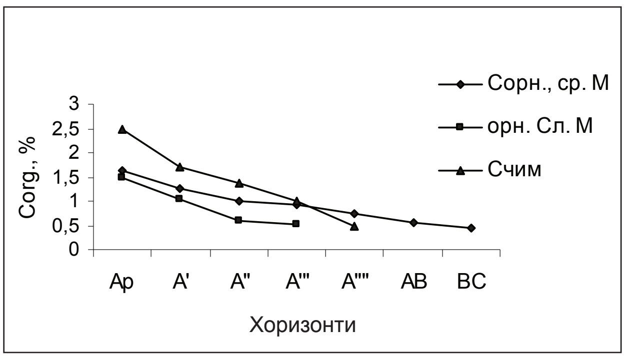
Фиг. 6. Разпределение на органичния въглерод по дълбочина на профила на Излужени Черноземи при различни типове земеползване
Fig. 6. Distribution of organic carbon along the profile depth of Haplic Chernozems in different land use



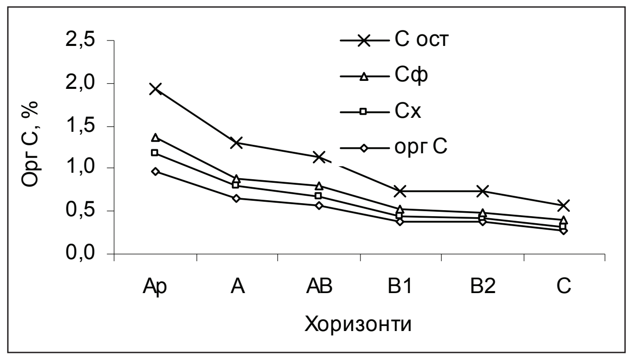
Фиг. 7. Разпределение на фракциите на ПОВ по дълбочина на профила на Тежки Черноземи, обработваеми
Fig. 7. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Vertic Chernozems, WRBSR, 2006) – plough



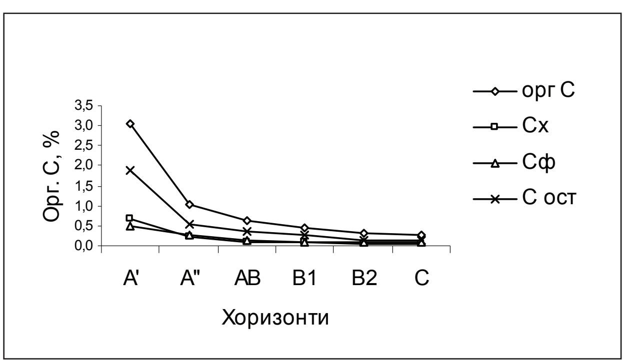
Фиг. 8. Разпределение на фракциите на ПОВ по дълбочина на профила на Тежки Черноземи, целина
Fig. 8. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Vertic Chernozems, WRBSR, 2006) – virgin



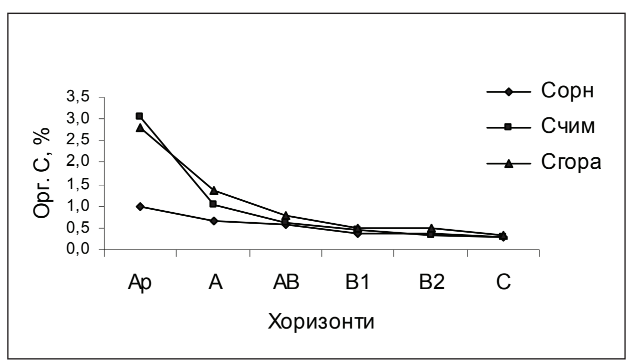
Фиг. 9. Изменение на органичния въглерод по дълбочина на профила на Тежки Черноземи при различни типове земеползване
Fig. 9. Distribution of organic carbon along the profile depth of Vertic Chernozems in different land use



Фиг. 10. Разпределение на фракциите на ПОВ на Деградирани Черноземи, обработваеми
Fig. 10. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Luvic Chernozems, WRBSR, 2006) – plough



Фиг. 11. Разпределение на фракциите на ПОВ на Деградирани Черноземи, целина
Fig. 11. Distribution of soil organic matter (SOM) along the profile depth of Luvic Chernozems, WRBSR, 2006) – virgin



Фиг. 12. Разпределение на органичния въглерод по дълбочина на профила на Деградирани Черноземи при различни типове земеползване
Fig. 12. Distribution of organic carbon along the profile depth of Luvic Chernozems in different land use

Излужени Черноземи
(Haplic Chernozems, WRBSR, 2006)

Слабо и средно Излужените Черноземи заемат около 10 750 000 da, или 43,8% от площта на Черноземите (Койнов и др., 1972).

Типът на хумуса в горната част на хумусно-акумулативния хоризонт е фулватно-хуматен, в средната част на профила – хуматен, а в долната част на профила е хуматно-фулватен. Степента на хумификация по целия профил е висока според класификация на Гришина, Орлов (Орлов, 1985) и Артинова (2012), и достига високи стойности.

Установяват се „свободни" и свързани с подвижните форми на R_2O_3 (10 – 25%) хуминови киселини в хумусно-акумулативния хоризонт. В дълбочина на профила хуминовите киселини са свързани с Ca. Характерно е, че хуминовите киселини по почвения профил са кондензирани и с висока степен на ароматизация.

Неекстрахираният органичен въглерод е 50 – 60% от общия въглерод и има незначително участие на агресивната фракция на фулвокиселините. В табл. 2 и на фиг. 4, 5 и 6 са представени резултати за съдържание, състав и разпределение по дълбочина на профила на фракциите на почвеното органично вещество.

Аналитичните данни за състава на органичното вещество на Излужените Черноземи потвърждават микроморфологичните резултати. Те показват преобладаване на хуминовите над фулвокиселините, което определя хуматен до фулватно-хуматен тип хумус.

Количествената и качествена оценка на микроморфологичните индикатори показват два основни процеса – биогенно-деструктивен на органичните остатъци и биогенно-акумулативен на образуване на хумусни вещества. Процесите на хумификация и хумусообразуване по дълбочина на профила протичат с висока интензивност. Споменатото по-горе преобладаване на хуминовите киселини над фулвокиселините определя образуването на тъмен, коагулирал или локално концентриран стабилен тип хумус –Mull.

Тежки (Глинести) Черноземи
(Vertic Chernozems, WRBSR, 2006)

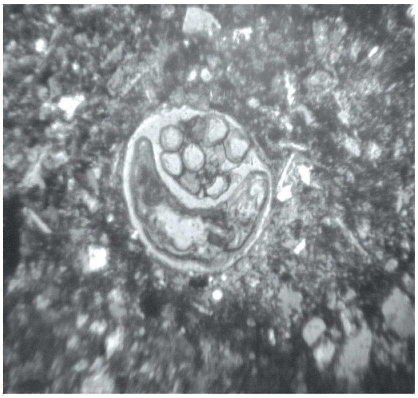
Тежките Черноземи са разпространени в Севернобългарската лесостепна зона под формата на по-големи или по-малки петна сред останалите Черноземи. Според почвената карта на България в М 1: 400 000 (Койнов и др., 1968) тези почви заемат площ около 0,69 млн. da. Разпространени са в Североизточна България – в района на Добрич и по-ограничено – в района на Варна и Шумен, където носят популярното название „Карасулуци". В Северозападна България са отбелязани като Глинести Черноземи в централната и източната част на Видинска област, в района на Монтана, а малки и ограничени площи се наблюдават и в района на Враца.

В Северозападна България Тежките Черноземи са представени само от Излужени Глинести Черноземи, а в Североизточна България – от Карбонатни, Типични и Излужени Карасулуци.

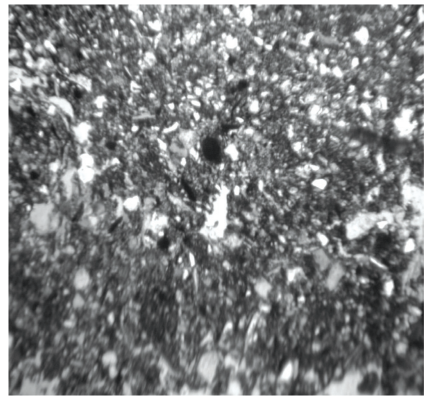
Карасулуците от Североизточна България заемат главно равнинни терени и слабо изразени склонови форми, а Глинестите Черноземи от Северозападна България – предимно депресионни форми.

Условията, при които протичат процесите на хумусообразуване и акумулиране на хумус при тези почви са подобни на условията при Излужените Черноземи. По-тежкият механичен състав при тези Черноземи е причина за натрупване на по-голямо количество хумус. При обработка на тези почви настъпват промени, аналогични на тези при Излужените Черноземи (Артинова и др. (под печат); Филчева, 2004; 2007).

Съдържанието на хумус в Излужените Глинести Черноземи е по-високо в сравнение с Излужените Черноземи от същите райони, развити върху по-леки почвообразуващи материали. Разпределение на хумуса е постепенно намаляващо надолу по профила. Най-високо е в горните 10 – 15 cm, които имат характер на чимов хоризонт – 5 – 6%. Хумусното съдържание постепенно намалява и е над 1% на дълбочина 100 – 120 cm. Типът на хумуса по класификацията на Орлов, Гришина (Орлов, 1985), и Артинова (2012) е хуматен ($C_х/C_ф$ около 2). Останалите показатели за хумусното състояние при тези почви са както следва: висока степен на хумификация (25 – 30%), хуминови киселини изцяло свързани с калций и с висока степен на кондензираност на ароматните ядра (E_4/E_6 = 3,5 – 3,6), незначително участие на агресивната фракция на фулвокиселини (3 – 4%) и не-

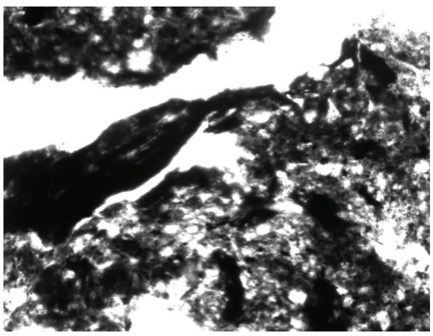


1

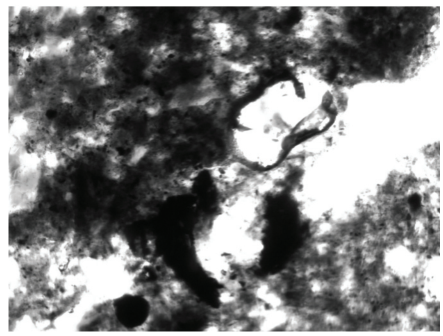


2

Сн. 1. Остатъци от почвена мезофауна в хумусния хоризонт на Излужен Чернозем
Сн. 2. Хумусна плазма в хумусния хоризонт на Излужен Чернозем

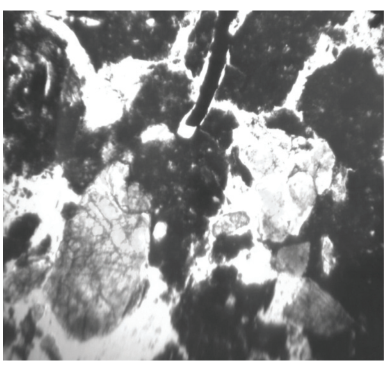


3

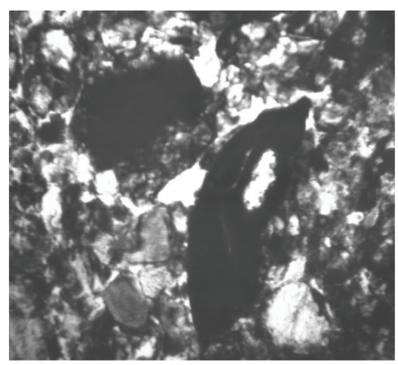


4

Сн. 3. Силно разложени и хумусирани растителни остатъци и хумус тип „мул” в плазмата на хоризонт А, на Тежки Черноземи
Сн. 4. Растителни остатъци в процес на разлагане и тъмна хумусирана плазма в основната маса, в хоризонт А на Тежки Черноземи



5



6

Сн. 5, 6. Трансформирани растителни остатъци, Еродирани Черноземи

екстрахируем въглерод около 50 – 55%. Обогатеността на хумуса с азот или съотношението C: N е < 14, което означава по-пълно разлагане на органичното вещество – хумус тип Mull (зрял) (Любенова, 2009).

При обработваемите Глинести Черноземи промените в хумусното състояние се изразяват в намаляване (около 30%) на хумусното съдържание и хумусните запаси преди всичко в орницата.

Разпределението на органичния въглерод, хуминовите, фулвокиселините и неекстрахируемия остатък по дълбочина на профила на обработваеми почви и целини е представено на табл. 3 и на фиг 7, 8 и 9. Разпределението на фракциите на почвеното органично вещество (абсолютни количества) следва разпределението на органичния въглерод по дълбочина на профила.

Въз основа на направена математико-статистическата обработка на голям брой профили от Тежки Черноземи и получените средни стойности (Любенова, 2009), може да се отбележи следното: със средно съдържание на хумус се характеризират Карбонатните, Типичните и Слабо Излужените Карасулуци (съответно 3,77%, 4,% 3,76%), а с високо съдържание на хумус – Средно и Силно Излужените Карасулуци (4,12 – 4,43%). Излужените Глинести Черноземи от Северозападна България са средно хумусни (2,92 – 3,31%).

Установена е статистически доказана разлика по отношение на хумусното съдържание в Средно и Силно Излужените Карасулуци и Глинести Черноземи. Резултатите показват, че Излужените Карасулуци се отличават с по-високо хумусно съдържание от Излужените Глинести Черноземи, което потвърждава установеното от Филчева, Кръстанов (2003). Причините за това са комплексното влияние на почвено-генетични и климатични фактори, като например по-тежките почвообразуващи материали в районите на разпространение на Карасулуците, по-голямото участие на степната растителност във формирането на хумусния хоризонт; редуването на влажни и сухи периоди (Любенова, 2009).

Микроморфологичното наблюдение потвърждава данните за хумусното съдържание на тези почви и дава основание за следното заключение: хумусно-акумулативният хоризонт се определя като молик и се характеризира с добре разложени органични остатъци и присъствието на хумус тип Mull (сн. 1 и 2). Наблюдават се признаци за изключително активна дейност на почвената биота (Любенова, 2009; Любенова, Илиева, 2011).

Деградирани Черноземи
(Luvic Chernozems, WRBSR, 2006)

Формирани са предимно под горска растителност) и се характеризират с по-ниско хумусно съдържание (2 – 5%). За профилното разпределение на хумуса е характерно по-рязко намаление на хумуса в преходния (илувиално-глинест) хоризонт (с около 50%). Типът на хумуса е фулватно-хуматен ($C_х/C_ф$ 1,0 – 1,3) или хуматно-фулватен ($C_х/C_ф$ 0,7 – 0,8) в долната част на профила. Тези почви се характеризират с: висока степен на хумификация, с увеличаване дела на „свободни" и свързани с подвижните форми на R_2O_3 хуминови киселини в повърхностния хоризонт; висока/средна степен на кондензация на ароматните ядра на хуминовите киселини и незначително участие на агресивните фулвокиселини в състава на почвеното органично вещество (Филчева 2004; 2007). Увеличението на отношението $C_х/C_ф$ (1,8 – 2,3), както и отсъствието на подвижната фракция на хуминовите киселини в орницата се дължи на ускорена минерализация на по-лабилните хумусни вещества. Очертава се тенденция за намаляване на отношението E_4/E_6 (увеличава се степента на кондензация на ароматните ядра на хуминовите киселини) предимно в горната част на профила.

Ерозирани Черноземи
(Regosols, WRBSR, 2006)

В Дунавската равнина са разпространени Черноземи с примитивен профил. Те са класифицирани като Силно Ерозирани Черноземи и заемат около 485 000 da, или 2,01% от площта на Черноземите (Койнов и др., 1972).

Съдържанието на хумус в тези почви е ниско – около 1% до 1,5% в повърхностния хоризонт и по дълбочина на профила намалява под 0,5%. Съотношението C: N е между 7 и 14, което определя типа на разлагане на органичното вещество като Mull. Фракционният състав на почвеното органично вещество и вертикалното му разпределение се характеризира с високо съдържание на хуминови киселини, 100% свързани с алкалоземните йони. Отношението $C_х/C_ф$ в повърхностния хоризонт е 2,11, което съответства на хуматен тип хумус (Гришина, Орлов, 1978; Орлов, 1985; Артинова, 2012). Според Кальдерон (1982) отношението $C_х/C_ф > 1$ и $(C_х + C_ф)/C$ ост. в границите от 0,4 до 1 определят хуматно-хуминен тип, който е най-разпространеният тип хумус, формиран при сухи, аридни условия (Христов, 2009).

Микроморфологичното изследване на почвите показва, че растителните остатъци са много добре трансформирани под влияние на активната дейност на почвената биота. Плазмата е глинесто-хумусна, неравномерно разпределена в основната маса, неподвижна (Илиева и др., 2011).

Заключение

Количествената и качествена оценка на химичните и микроморфологичните показатели на **Черноземите**, на равнище подтип показва, че главни и формиращи при тях са биогенно-акумулативните процеси. Хумификацията и вътрепрофилното хумусообразуване протичат с висока интензивност до голяма дълбочина и обуславят образуването на тъмен, коагулирал или локално концентриран стабилен хумус (Ilieva, Filcheva, 2012). В резултат на това се установява превес на хуминовите киселини над фулвокселините в състава на почвеното органично вещество, висока степен на кондензация и ароматизация на хуминовите киселини – предпоставка за благоприятни воднофизични свойства на тези почви.

Литература

Артинова, Н. 2012. Хумусно състояние на почвите в България. *Почвознание агрохимия и екология*, XLVI, № 4, с. 11-53

Артинова, Н., Е. Филчева, Л. Петрова, Г. Гюров. Състав на органичното вещество в България. Почвени ресурси на България, т. I (под печат).

Илиева, Р., Б. Христов, М. Теохаров. 2011. Морфологична диагностика на Регосоли от Северна България. Proc. Int. Conf."100 years Bulgarian Soil Science", 16-20 May, 2011, ISS "N. Poushkarov", Sofia, part I, 145-149

Койнов, В., Х. Трашлиев, М. Йолевски, Т. Андонов, Н. Нинов, А. Хаджиянакиев, Е. Ангелов, Т. Бояджиев, Е. Фотакиева, Сл. Кръстанов, Й. Стайков. 1968. Почвена карта на България в М 1: 400 000.

Койнов, В., Хр. Трашлиев, М. Йолевски, Н. Нинов, Г. Гюров. 1972. Почвените ресурси на България и тяхното използване. Първи национален конгрес по почвознание. ССА „Г. Димитров", 23-25 септември 1969, София.

Любенова, И. 2009. Генетико-диагностична характеристика на Тежки Черноземи. Дисертация. Архив ИП „Н. Пушкаров", София,166 с.

Любенова, И., Р. Илиева. 2011. Сравнителна характеристика на главни диагностични показатели на тежки почви от България. –В: Научни доклади от международна конференция „100 години почвена наука в България", част I, 16-20 май, София, 166-170

Христов, Б. 2009. Педометрична същност и таксономична принадлежност на Примитивните почви, формирани върху меки скали от Черноземната зона на Северна България. Дисертация. Архив ИП „Н. Пушкаров", София, 147 с.

Филчева, Е., С. Кръстанов. 2003. Хумусът в обработваемите почви на България. II. Регионални особености на хумусните хоризонти на Черноземите. *Почвознание агрохимия и екология*, **38**, № 4, с. 48-50

Филчева, Е. 2004. Сравнителна характеристика на почвите в България по съдържание, състав и запаси на органично вещество. Хабилитационен труд. НЦАН, ИП „Н. Пушкаров", София, 263 с.

Филчева, Е. 2007. Характеристика на почвите в България по съдържание, състав и запаси на органично вещество. Групиране на почвите в България. *Минерва*, С., 191 с. ISBN 978-954-8702-11-9.

Гришина, Л. А., Орлов, Д. С. 1978. Система показателей гумусного состояние почв. *МУ*, Москва, 24 с.

Кальдерон, Х. У. 1982. Содержание и состав гумуса аридных аллювиальных почв Перу. *Почвоведение*, 8, 53-59

Кононова, М. 1963. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. *АН СССР*, Москва, 544 с.

Орлов, Д. 1985. Химия почв. *МГУ*, Москва, 376 с.

Парфенова, Е. И., Е. А. Ярилова. 1977. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. *Наука*, Москва, 198 с.

Розанов, Б. Г. 2004. Морфология почв. Академический Проект, ISBN 5-8291-0451-2, 432 с.

FitzPatrick, E. A.1984. Micromorphology of Soils. Chapman and Hall. London-New York. 433 p.
ISBN 412 24200-1.

Ilieva, R., E. Filcheva. 2012. Micromorphology of organic matter in the soils in Bulgaria. In: M. Şahin Dündar, Mustafa Demir, Murat Tuna, Ahmet Tutar, M. Rüştü Karaman, Mümin Dizman (Eds.). *J. of Arts and Science*, v. 14, 1. Proc. (1st Nat. Congress with Int. Participation on Humic Substances). 6-9 June, Sakarya, Turkey, 691-699

WRBSR. 2006. World Reference Base For Soil Resources. FAO pub., Rome, 132 p.