

GLOBALNE PROMENE KLIME I CIKLUS UGLJENIKA U ŽIVOTNOJ SREDINI

Manojlović Maja, Aćin V.¹

REZIME

Vezivanje (imobilizacija) ugljenika (C) u terestrijalni ekosistem podrazumeva usvajanje atmosferskog C u procesu fotosinteze i njegovu akumulaciju u živim organizmima i zemljištu. Gubici C iz terestrijalnih ekosistema nastaju kao posledica uništavanja šuma, paljenja biomase i ostalih aktivnosti koje vode ka prelasku iz prirodnih u poljoprivredne ekosisteme, obrade, drenaže vlažnih zemljišta, kultivacije organskih zemljišta, odnošenja biomase i njenog korišćenja kao gorivo i erozije zemljišta. Praksa koja vodi ka većem vezivanju C obuhvata pošumljavanje, konzervacijsku obradu, korišćenje malča, gajenje međuuseva i povećanje biodiverziteta. Vezivanje C u terestrijalnim ekosistemima može da bude rešenje za smanjivanje koncentracije štetnih gasova u atmosferi u prvim dekadama 21. veka, dok se ne počne sa korišćenjem alternativnih goriva.

Ključne reči: Emisija C, imobilizacija C, degradacija zemljišta, agrotehničke mere.

UVOD

Temperatura na Zemlji se povećala za oko 0,4–0,8°C ($0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$) od kraja 19. veka do danas. Zapažene klimatske promene pripisuju se povećanoj emisiji gasova staklene bašte (GHGs – greenhouse gases): ugljen dioksida (CO_2), metana (CH_4) i azot suboksida (N_2O) (Prather i Ehhalt, 2001). Izveštaj IPCC (2001) ukazuje na direktnu povezanost antropogenih aktivnosti i posmatranih klimatskih promena. Postoje dva načina za smanjenje porasta koncentracije gasova staklene bašte u atmosferi: smanjenje emisije C i N_2O i/ili njihovo vezivanje (imobilizacija) u zemljištu.

¹ Dr Maja Manojlović, vanr. prof., dipl. ing Vladimir Aćin, poslediplomac, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

IZVORI GASOVA STAKLENE BAŠTE

Kao posledica sagorevanja fosilnih goriva i proizvodnje cementa, od 1850. do 1998. godine, u atmosferu je oslobođeno približno 270 ± 30 Pg CO₂ (Peta gram = 10^{15} g) (Lal, 2004), dok je promenama u načinu korišćenja zemljišta, u istom periodu, u atmosferu oslobođeno 136 ± 55 Pg CO₂ (IPCC, 2001). Tokom 90-ih ukupna emisija C se sastojala od sagorevanja fosilnih goriva, u iznosu od $6,3 \pm 0,3$ Pg C /god. i količine od $1,6 \pm 0,8$ Pg C/god., oslobođene usled promene u načinu korišćenja zemljišta. Od ukupne oslobođene količine od $7,9$ Pg C/god., u atmosferi se akumuliralo $3,3 \pm 0,2$ Pg C/god., u okeanima $2,0 \pm 0,8$ Pg C/god. i $1,9 \pm 1,3$ Pg C/god. se akumuliralo u terestrijalnom ekosistem (IPCC, 2001; Schimel i sar., 2001).

U osnovi postoji pet osnovnih akumulacija C i on kruži između njih. Rezerve C u okeanu su najveće i procenjuje se da se u njemu nalazi oko 38.000 Pg C. Druga po veličini, geološka, procenjena na 5.000 Pg C, sastoji se od tri dela: rezervi C u uglju (4.000 Pg C), u nafti (500 Pg C) i u gasu (500 Pg C). Treća akumulacija koja obuhvata C vezan u zemljištima, sastoji se od rezervi neorganskog C (SIC – soil inorganic carbon), kapaciteta od 695 do 748 Pg C do 1m dubine (Batjes, 1996), i rezervi organskog C (SOC – soil organic carbon) kapaciteta od 1220 do 1550 Pg C do 1m dubine (Esvaran i sar., 1995). Četvrta akumulacija predstavlja atmosferu, u kojoj se količina C koja iznosi 760 Pg C, povećava se za $3,3$ Pg C/god. Biološka akumulacija sadrži 560 Pg C i obuhvata C koji se nalazi u živim bićima. Prema tome, zemljišta sadrže 2300 Pg do 1m dubine (SOC 1550 Pg i SIC 750 Pg) što je 4,1 puta više od biološke i 3 puta više u odnosu na akumulaciju C u atmosferi. Akumulacije C u zemljištu i živim organizmima zajedno čine terestrijalnu akumulaciju C. Količina C u atmosferi se povećava na račun geoloških, zemljišnih i bioloških rezervi.

SOC uglavnom čini humus, koji se sastoji od mešavine biljnih i životinjskih ostataka u različitim stepenima razlaganja i produkata metabolizma mikroorganizama. Količina SOC u zemljištu do 1m dubine, kreće se u granicama od 30 do 150 Mg/ha. Zemljišta u prirodnom stanju, sadrže velike količine organskog C koji je raspoređen u površinskom sloju zemljišta i naglo opada sa dubinom. Neka organska zemljišta sadrže i do 800 Mg C/ha. Veličina i sposobnost zemljišta da akumulira SOC zavisi od temperature, vlage i teksture (Jenny, 1980). Rezerve C su veće u hladnijim nego u toplijim klimatskim uslovima, i u vlažnim i slabo dreniranim zemljištima u poređenju sa suvljim i dobro dreniranim zemljištima. SOC ima brojne funkcije, najznačajnija je pozitivan uticaj na kvalitet zemljišta. Rezerve organskog C u zemljištu i njegova dinamika ima značajan uticaj na globalno kruženje C, jer zemljište može da služi kao veliki izvor ili akumulacija za CO₂ iz atmosfere.

Rezerve neorganskog C u zemljištu (SIC), iako manje reaktivnog u poređenju sa SOC, takođe utiču na globalno kruženje C. Neorganski C se sastoji od primarnih i sekundarnih karbonata. Primarni su poreklom od matičnog supstrata i obuhvataju primarne minerale kao što su: kalcit, dolomit i magnezit, i nazivaju se karbonati matičnog supstrata (LIC – lithogenic inorganic carbonates). Sekundarni karbonati (PIC – pedogenic inorganic carbonates), formiraju se u reakciji atmosferskog CO₂ i Ca²⁺ ili Mg²⁺ unetih u ekosistem putem prašine, erozije, stajnjaka, itd. Formiranje sekundarnih karbonata, predstavlja osnovni mehanizam vezivanja C u aridnim i semi-aridnim uslovima.

Takođe, prisutna je velika povezanost između rezervi C u zemljištu i atmosferi preko bioloških rezervi C. Svake godine oko 60 Pg atmosferskog C se putem fotosinteze vezuje živim organizmima, dok se ekvivalentna količina C vraća u atmosferu usled disanja ze-

mljišnih mikroorganizama i korena biljaka. Ako bi se 10% C vezanog fotosintezom (6 Pg C) zadržalo u terestrijalnom ekosistemu, ta količina bi mogla da izbalansira emisiju C nastalu sagorevanjem fosilnih goriva (6,3 Pg C/god). Iz toga proizilazi, da se značaj upravljanja terestrijalnim rezervama C ne sme potceniti.

FAKTORI KOJI UTIČU NA EMISIJU TERESTRIJALNOG UGLJENIKA U ATMOSFERU

Ciklusi C, N, P, S i ciklus kruženja vode su međusobno povezani. Čovekov uticaj na bilo koji od ovih ciklusa dovodi do toga da energetska bilans i ciklus kruženja vode utiču na rezerve C u zemljištu i živim organizmima, dovodeći do porasta koncentracije C u atmosferi na račun predhodno navedenih rezervi. Aktivnosti čoveka koje dovode do prelaska C iz terestrijalnih u atmosferske rezerve su: uništavanje šuma, paljenje biomase i ostale aktivnosti koje vode ka prelasku iz prirodnih u poljoprivredne ekosisteme; obrada i druge mere koje dovode do poremećaja zemljišta; drenaža vlažnih zemljišta; kultivacija organskih zemljišta; odnošenje biomase i njeno korišćenje kao goriva i erozija zemljišta. Sagorevanje biomase predstavlja izvor emisije C, međutim u ovom procesu nastaje i ugljen koji je inertan i potrebno je dosta vremena da bi se on razložio u zemljištu. Intenzitet i ukupan gubitak SOC iz zemljišta usled poljoprivrednih aktivnosti je veći kod zemljišta sa višim sadržajem u poređenju sa zemljištima sa nižim sadržajem SOC, kod zemljišta u tropskim krajevima u poređenju sa zemljištima u umerenom klimatu, oranica u poređenju sa pašnjacima i zemljištima pod višegodišnjim zasadima. Gubitak SOC iz poljoprivrednih zemljišta iznosi od 30 do 60 Mg/ha, u zavisnosti od predhodnih rezervi, klime, načina korišćenja zemljišta (Lal, 2000). Najveći gubitak SOC je u prvim godinama prelaska iz prirodnog ekosistema u agroekosistem (Gregorich i sar., 1998). Gubitak SOC se povećava kada je unošenje C u agroekosistem, kao na primer biljnih ostataka i biomase korena, manje od gubitaka C erozijom, mineralizacijom ili ispiranjem. Gubitak SOC tokom istorije, iako se ne može precizno iskazati, procenjuje se na 66 do 90 Pg (Lal, 1999).

DEGRADACIJA ZEMLJIŠTA I EMISIJA GASOVA STAKLENE BAŠTE

Konverzija prirodnih ekosistema u agroekosisteme i poremećaj u ciklusu kruženja vode, C i drugih elemenata može dovesti do opadanja kvaliteta zemljišta i manje produkcije biomase. Degradacija zemljišta se može pojaviti kao posledica delovanja prirodnih faktora ali je jako izražena delovanjem čoveka. Tri osnovna oblika degradacije obuhvataju: fizičku (opadanje količine i stabilnosti strukturnih agregata, stvaranje pokorice, zbijanje zemljišta, erozija vodom i vetrom), hemijsku (smanjivanje pH vrednosti, zakiseljavanje zemljišta, nakupljanje soli u rizosferi, debalans pojedinih elemenata koji dovodi do toksičnih koncentracija jednih i nedostatka drugih elemenata) i biološku degradaciju (smanjivanje aktivnosti i raznovrsnosti zemljišne flore i faune, smanjivanje rezervi SOC). Erozija utiče na rezerve SOC tako što dovodi do smanjenja produktivnosti zemljišta i samim tim i do smanjenja količine biomase koja se vraća u zemljište. Takođe ona povećava emisiju C usled ograničenog nastajanja strukturnih agregata, zatim, zbog izlaganja stabilnog C mikrobiološkim procesima. Erozija takođe dovodi do izmena u vodno-vazдушnom i temperaturnom režimu zemljišta i utiče na aktivnost i biodiverzitet zemljišne faune. Pro-

mene zemljišta izazvane erozijom za rezultat imaju emisiju gasova staklene bašte iz zemljišta u atmosferu.

Erozija zemljišta je proces koji se odvija u četiri stepena, a to su: raspadanje strukturalnih agregata zemljišta, transport zemljišnih čestica vodom ili vetrom, redistribucija erodiranog materijala po površini i taloženje sedimenata u depresijama i zaštićenim mestima. SOC je skoncentrisan u površinskom sloju zemljišta i lakši je od čestica minerala (zapreminska masa SOC iznosi 1,2 do 1,5 g/cm³ u poređenju sa 2,5 do 2,7 g/cm³ koliko iznosi zapreminska masa minerala). Zbog ovoga se SOC lako prenosi vodom i vetrom (Cihacek i sar., 1992), iako transportovani materijal ne mora uvek biti obogaćen sa SOC. Kao posledica ovoga, sadržaj SOC drastično opada na erodiranim u poređenju sa ne erodiranim zemljištima (Gregorich, 1996). Smanjivanje rezervi SOC usled erozije je izraženije na oranama nego na zemljištima gde se primenjuje no-till sistem (Tiessen i sar., 1982). Osim opadanja ukupnih rezervi SOC, erozija utiče i na njihov kvalitet, odnoseći prvo laku frakciju koja je ujedno supstrat i životna sredina zemljišnim mikroorganizmima. Laka frakcija se taloži u depresijama, gde može poboljšati ponovnu agregaciju sedimenata (Van Veen i Paul, 1981) i smanjiti gubitke SOC mineralizacijom (Elliot, 1986).

Sudbina SOC prilikom redistribucije i transporta do mesta taloženja nije poznata (Lal, 2003). S jedne strane postoji mišljenje da se SOC tokom transporta u velikoj meri oksiduje (Sclesinger, 1999), dok neki naučnici smatraju suprotno, tj. da se SOC koji dospeva na mesta taloženja i u vodene ekosisteme, tamo i vezuje (imobilize) (Smith i sar., 2001). Verovatno je da značajna količina SOC koja se transportuje i redistribuira u prostoru, podleže oksidaciji pre taloženja na zemljištu i u vodenim ekosistemima. Mineralizacija se delom odvija i na mestu taloženja SOC. Oksidovana frakcija može iznositi oko 20% (Lal, 1995) ili 20 do 30% od ukupne količine transportovanog SOC (Jacinthe i Lal, 2001). Pod pretpostavkom da se mineralizuje 20% SOC, erozijom se oslobađa oko i 1,14 Pg C/god. u celom svetu (Lal, 1995).

VEZIVANJE UGLJENIKA U TERESTRIJALNIM EKOSISTEMIMA

Vezivanje C (imobilizacija) podrazumeva premeštanje CO₂ iz atmosfere u dugotrajne akumulacije C, kao što su npr. terestrijalna i geološka. Drugim rečima, vezivanje predstavlja usvajanje i skladištenje C biološkim (fotosinteza) i abiotičkim (deponovanje u geološke slojeve ili okeane) procesima. Biološki procesi vezivanja C se baziraju na fotosintezi i prelasku C iz atmosfere u terestrijalne rezerve, koje obuhvataju biomasu (na i ispod površine zemljišta), humus u zemljištu i biološke karbonate. Biološko vezivanje se takođe odvija i u okeanima (Chisholm i Morel, 1991). Povećanje organske materije (OM) u zemljištu predstavlja važnu strategiju biološkog vezivanja (imobilizacije) C. Organska materija zemljišta ima tri funkcionalne frakcije: labilnu, prelaznu i stabilnu (Parton i sar., 1987). Prosečno vreme razlaganja iznosi za labilnu frakciju od 0,1 do 1,5 god., za prelaznu od 8 do 50 god. i od 400 do 2200 god. za stabilnu frakciju. Stabilna frakcija se formira humifikacijom labilne frakcije. Formiranje sekundarnih karbonata takođe spada u biološke procese (Monger i Gallegos, 2000). Abiotičko vezivanje C uključuje procese akumulacije i kompresovanja CO₂ iz fabrika, transport i deponovanje duboko u geološke slojeve ili okean. Ovaj proces je skup i može imati štetne posledice po ekosistem.

Iskorišćavanje zemljišta, pogotovo u poljoprivredi i šumarstvu, igra značajnu ulogu u terestrijalnom vezivanju C kroz biološke procese.

Poljoprivreda (i šumarstvo) se može definisati kao manipulacija C od strane čoveka kroz usvajanje, fiksaciju, emisiju i transport (Lal, 2004):

$$C_u + C_f = C_e + C_t$$

gde simboli u, f, e, t označavaju usvajanje, fiksaciju, emisiju i transport.

Pri ravnoteži, usvajanje i fiksacija su jednaki emisiji i transportu C. U konvencionalnoj poljoprivredi, emisija i transport pri žetvi obično nadmašuju usvajanje i fiksaciju C. U razvijenim ekonomijama gde poljoprivreda uključuje inpute čije je poreklo izvan farme, emisija C obuhvata i emisiju nastalu pri proizvodnji đubriva, pesticida, navodnjavanja, obradi zemljišta i transportu.

NAČIN KORIŠĆENJA ZEMLJIŠTA I POLJOPRIVREDNA PRAKSA KOJA UTIČE NA VEZIVANJE UGLJENIKA U TERESTRIJALNIM EKOSISTEMIMA

Do vezivanja C u terestrijalne rezerve dolazi ako su gubici (emisijom, erozijom i ispiranjem) manji od akumulacije fotosintezom i taloženjem. Strategija se sastoji u tome da se poveća produkcija biomase, humifikacija biomase vraćene u zemljište, transfer C duboko u zemljišta kroz bioturbaciju i razvoj dubokog korenovog sistema, i formiranje organomineralnog kompleksa koji vodi ka poboljšanju i stabilizaciji strukture zemljišta. Povećanjem biodiverziteta (npr. zemljišnih glista i ostale zemljišne faune) poboljšava se kvalitet zemljišta (Wright i Milner, 1994). Praksa kojom se povećava vezivanje C u poljoprivrednim zemljištima obuhvata konzervacijsku obradu, korišćenje malča, uzgajanje međuuseva i krmnog bilja u plodoredu sa okopavinama (Mihailović i sar., 2007; Manojlović i sar., 2007) (tab. 1).

Tabela 1. Potencijal vezivanja organskog ugljenika u poljoprivrednim i šumskim ekosistemima u umereno hladnom klimatu (Lal, 1999, 2000, 2004; IPCC 2001).

Table 1. Soil organic carbon sequestration potential in agricultural and forestry ecosystems of temperate cool climates (Lal 1999, 2000, 2004; IPCC 2001).

Aktivnost	Količina vezanog ugljenika (kg ha ⁻¹ god ⁻¹)
I. Poljoprivreda i šumarstvo	
1. Oranice (konzervacijska obrada, plodored, međuusevi, plodnost zemljišta, upravljanje vodama)	200–600
2. Pašnjaci (poboljšanje sortimenta, kontrola ispaše)	200–400
3. Šume	100–200
II. Promena načina korišćenja zemljišta	
1. Popravka degradiranih zemljišta	200–800
2. Popravka površinskih kopova	200–500
3. Obnavljanje mokrih polja (močvara, ritova, bara i trstika)	500–1000
III. Urbano zemljište	
1. Šumski zasadi	200–500
2. Tereni za rekreaciju	400–600

Pri sagledavanju uticaja načina korišćenja zemljišta na vezivanje ugljenika u terestrijalnim ekosistemima u obzir je potrebno uzeti i emisiju C koja nastaje pri proizvodnji đu-

briva, pesticida, obradi zemljišta, itd. Emisija C je visoka pri proizvodnji azotnih đubriva, pesticida i pri oranju. Neke od ovih mera takođe vode ka povećanju emisije N_2O i CH_4 . Upotreba azotnih đubriva može povećati emisiju N_2O . Slično predhodnom, primena stajnjaka i komposta, povećava emisiju CH_4 i N_2O (Minami i sar., 1994).

Na zemljištima pod redukovanom obradom na površini ostaju biljni ostaci kao malč, gde smanjuju rizik od erozije i povećavaju koncentraciju SOC površinskog dela zemljišta (Manojlović i sar., 2007). Dubina oranja utiče na akumulaciju SOC. Oko 72 kg SOC/ha/god. više C je vezano pri oranju zemljišta na 12 cm u odnosu na oranje na 24 cm dubine (Singh i sar., 2005). Biljni ostaci sadrže oko 40% C što između ostalog utiče i na koncentraciju SOC u zemljištu. Istraživanja pokazuju da oko 18% C unetog u zemljište prelazi u SOC (Rasmussen i Albrecht, 1998).

Mada se smatra da organski sistemi proizvodnje neizostavno dovode do povećanja sadržaja organske materije i ukupnog N u zemljištu, neka istraživanja to ne potvrđuju. Iako se u organskoj proizvodnji unosi više OM (stajnjak, zelenišeño đubrivo itd.), ovi materijali imaju uzan C/N odnos, brzo se mineralizuju i ne doprinose značajno akumulaciji OM. Osim toga u konvencionalnoj proizvodnji ostvaruju se viši prinosi i veća je masa žetvenih ostataka. U istraživanju uticaja organskih sistema proizvodnje na plodnost zemljišta u prvim godinama nakon prelaska na organsku proizvodnju, nije utvrđena razlika u SOC između sistema koji uključuju stajnjak i konvencionalne proizvodnje (Čuvardić i sar., 2005; Čuvardić, 2006; Čuvardić i sar., 2006).

Primena mineralnih i organskih đubriva utiče na povećanje prinosa i biomase, i veće količine organske materije se vraćaju u zemljište, što za rezultat ima povećanje sadržaja SOC (Bogdanović i sar., 1998; Čuvardić i sar., 1999). Izostavljanje đubrenja i đubrenje samo mineralnim đubrivima dovodi do opadanja rezervi SOC (Čuvardić, 2005; Manojlović i sar., 2007).

Plodored utiče na sadržaj SOC usled razlika u sistemima obrade zemljišta i đubrenja za pojedine kulture. Usevi koji se gaje u plodoredu imaju veće prinose i više biljnih ostataka od istih u monokulturi pa samim tim utiču i na povećanje sadržaja SOC. Sadržaj C zavisi i od vrste i karakteristika samih biljaka. Veći sadržaj SOC je zabeležen na parcelama pod leguminozama ili smešama istih sa travama u poređenju sa parcelama pod cerealijama i okopavinama (Čuvardić i sar., 2004; Manojlović i sar., 2007).

Međutim, postavlja se pitanje, koliko vremena će jednom vezan C u zemljištu, u njemu i ostati? Dužina zadržavanja vezanog C u zemljištu zavisi od dužine primene mera koje su dovele do njegovog prvobitnog vezivanja. Ukoliko se prestane sa primenom mera, doći će do vraćanja C u atmosferu.

ZAKLJUČAK

Poljoprivreda ima značajnu ulogu u ublažavanju klimatskih promena koje nastaju usled povećanja koncentracije CO_2 i drugih gasova staklene bašte u atmosferi. Preporučena praksa za smanjenje emisije C, podrazumeva prelazak sa obrade zemljišta oranjem na no-till sistem, gajenje međuuseva i krmnog bilja u plodoredu, upotrebu biljnih ostataka za malčovanje, ishranu biljaka organskim đubrivima i mineralnim đubrivima, integralnu zaštitu od štetočina, itd. Treba naglasiti da i pri proizvodnji mineralnih đubriva i pesticida postoji emisija C, N_2O i CH_4 , koja se često zanemaruje.

Većina degradiranih zemljišta je izgubila značajan deo C iz prvobitnih rezervi SOC. Erozija zemljišta vodom i vetrom je najčešći vid degradacionog procesa na globalnom nivou i usvajanje konzervacijskih mera obrade može smanjiti gubitke C prouzrokovane erozijom i ujedno delom popuniti osiromašeni rezervoar SOC. Obrada zemljišta oranjem, koje se najčešće praktikuje, dovodi do osiromašenja rezervi SOC.

Vezivanje C ima brojne koristi i ako predstavlja kratkoročno rešenje. Dugoročno rešenje za smanjenje štetnog delovanja na klimu leži u razvoju alternativnih goriva.

LITERATURA

1. Batjes N.H. (1996): Total C and N in the soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.* 47: 151–163.
2. Bogdanović D., Malešević M., Starčević Lj., Čuvardić M. (1998): Uticaj đubrenja na proizvodne mogućnosti černoze. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 46, br.3–4, str. 173–178.
3. Chisholm M.S.W., Morel F.M.M. (1991): What controls phytoplankton production in nutrient-rich areas of the open sea. *American Society Limnology and Oceanography Symposium* 22–24 February 1991, San Marcos, CA, *Limn. Ocean.* 36: 41507–41511.
4. Cihacek L.J., Sweeney M.D., Deibert E.J. (1992): Characterization of wind erosion sediments in the Red River Valley of North Dakota. *J. Environ. Qual.* 22: 305–310.
5. Cuvardic, M., Tveitnes, S., Krogstad, T., Lombnaes P. (2004): Long-term effects of crop rotation and different fertilization systems on soil fertility and productivity. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 54: 193–201.
6. Čuvardić M., Bogdanović D., Ubavić M. (1999): Uloga đubrenja u održivoj poljoprivredi. *Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo. Zbornik radova*, sv. 32, 271–284.
7. Čuvardić M. (2005): Uticaj agrotehničkih mera na rezerve organskog ugljenika u černoze. *XI Kongres Društva za proučavanje zemljišta Srbije i Crne Gore: Zemljište kao resurs održivog razvoja, Plenarni referati i abstrakti*, 130–131.
8. Čuvardić M., Belić M., Nešić Lj., Vasin J., Šeremešić S. (2005): Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje na sadržaj organske materije u černoze. *Letopis naučnih radova*, god. 29, broj 1, *Poljoprivredni fakultet Novi Sad*, 187–195.
9. Čuvardić M. (2006): Plodnost tla u tranzicijskom razdoblju prema organskoj proizvodnji. *41st Croatian and 1st International Symposium on Agriculture, Proceedings. Osijek, Poljoprivredni fakultet*, 117–118.
10. Čuvardić M., Šeremešić S., Novaković N. (2006): Soil Fertility in Organic Farming in the First Years After Transition. Paper presented at Joint Organic Congress, Odense, Denmark, May 30–31, 2006 (<http://orgprints.org/7362/>).
11. Elliott E.T. (1986): Aggregate structure, and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 627–633.
12. Eswaran H., Van den Berg E., Reich P., Kimble J.M. (1995): Global soil C resources. In: Lal R., Kimble J., Levine E., Stewart B.A. (eds), *Soils and Global Change*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 27–43.
13. Gregorich E.G. (1996): Soil quality: A Canadian Perspective. In: Cameron K.C., Cornforth I.S., McLaren R.G., Beare M.H., Basher L.R., Metherell A.K., Kerr L.E. (eds), *Soil Quality Indicators for Sustainable Agriculture in New Zealand. Proceedings of Workshop*. Lincoln University, Christchurch, New Zealand, pp. 40–52.
14. Gregorich E.G., Greer K.J., Anderson D.W., Liang B.C. (1998): Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. *Soil Tillage Res.* 47: 291–302.

15. Intergovernment Panel on Climate Change (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Summary for Policy Makers*. IPCC, Cambridge University Press, UK, 1–21.
16. Jacinthe P.A., Lal R. (2001): A mass balance approach to address carbon dioxide evolution during erosional events. *Land Degrad. Dev.* 12: 329–339.
17. Jenny H. (1980): *The Soil Resource: Origin and Behavior*. Springer, New York, 377 pp.
18. Lal R. (1995): Global soil erosion by water and carbon dynamics. In: Lal R., Kimble J.M., Levine E., Stewart B.A. (eds), *Soils and Global Change*. CRC/Lewis Publ., Boca Raton, FL, 1–34.
19. Lal R. (1999): Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. *Prog. Env. Sci.* 1: 307–326.
20. Lal R. (2000): World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Adv. Agron.* 71: 145–191.
21. Lal R. (2003): Soil erosion and the global carbon budget. *Env. Intl.* 29: 437–450.
22. Lal R. (2004): Agricultural activities and the global carbon cycle. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 70: 103–116.
23. Manojlović M., Čupina B., Mikić A., Krstić Đ., Čabilovski R. (2007): Dinamika mineralnog azota nakon zaoravanja ozimih međuuseva. XI simpozijum o krmnom bilju RS, 30. maj–1. jun, Novi sad. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Vol. 44, No. I, 285–290.
24. Manojlović, M., Aćin V., Šeremešić S., Kurijački I. (2007): Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem. *Archives of Agronomy and Soil Science* (u štampi).
25. Mihailović V., Mikić A., Čupina B., Manojlović M., Krstić Đ., Čabilovski R., Vasiljević S., Halmajan H.V. (2007): Potential of annual legumes for forage and green manure production. International Symposium, Trends in the Development of European Agriculture, 24–25 Maj, Temišvar, Scientific papers, Faculty of Agriculture, XXXIX Partea I, Timisoara, 249–254.
26. Minami K., Mosier A., Sass R. (eds) (1994): *CH₄ and N₂O. Global Emissions and Controls from Rice Fields and other Agricultural and Industrial Sources*. National Institute Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Japan, 234 pp.
27. Monger H.C., Gallegos R.A. (2000): Biotic and abiotic processes and rates of pedogenic carbonate accumulation in the southwestern United States – Relationship to atmospheric CO₂ sequestration. In: Lal R., Kimble J.M., Eswaran H., Stewart B.A. (eds), *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*. CRC/ Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 273–290.
28. Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V., Ojima D.S. (1987): Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1173–1179.
29. Prather M., Ehhalt D. (2001): Atmospheric chemistry and greenhouse gases. In: Intergovernment Panel on Climate Change, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 239–287.
30. Rasmussen P.E., Albrecht S.L., (1998). Crop management effect on organic carbon in semi-arid Pacific North-west soils. In R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follet, B.A. Stewart (eds.), *Management of C sequestration in Soil*, Boca Raton, FL, CRC Press, pp. 209–219.
31. Schimel D.S., House J.I., Hubbard K.A. (2001): Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature* 414: 169–172.
32. Schlesinger W.H. (1999): Carbon sequestration in soil. *Science* 284: 2095.
33. Singh, B.R., Rattan L., (2005): The potential of soil carbon sequestration through improved management practices in Norway, *Environ., Develop. and Sustain.* 7: pp.161–184.

34. Smith S.V., Renwick W.H., Buddenmeier R.W., Crossland C.J. (2001): Budgets of soil erosion and deposition of sediments and sedimentary organic carbon across the conterminous United States. *Global Biogeochem. Cycles* 15: 697–707.
35. Tiessen H., Stewart J.W.B., Betany J.R. (1982): Cultivation effects on the amount and concentration of carbon, nitrogen and phosphorus in grassland soils. *Agron. J.* 74: 831–834.
36. Van Veen J.A., Paul E.A. (1981): Organic carbon dynamics in grassland soils. 1. Background information and computer simulation. *Can. J. Soil Sci.* 61: 185–201.
37. Wright S.F., Milner P.D. (1994): Earthworms and other fauna in the soil. In: Hatfield J.L., Stewart B.A. (eds), *Soil Biology: Effects of Soil Quality*. CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 29–60.

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND CARBON CYCLE IN ENVIROMENT

By

Manojlović, Maja, Aćin, Vladimir

SUMMARY

Terrestrial C sequestration involves capture of atmospheric C through photosynthesis and storage in biota, soil and wetlands. Land use, vegetation and soil management have a strong impact on the biotic processes of C sequestration. Losses of C from the terrestrial ecosystems are exacerbated by deforestation, biomass burning, plowing, resource-based and subsistence agriculture, and practices that mine soil fertility and deplete the soil organic C (SOC) pool.

Key words: C emission, C sequestration, soil degradation, agronomic practices

Primljeno: 01.10.2007.

Prihvaćeno: 09.10.2007.