

**UTJECAJ SUSTAVA KONZERVACIJSKE OBRADE TLA NA  
EROZIJU I FIZIKALNA SVOJSTVA TLA**

**THE INFLUENCE OF THE SYSTEM OF CONSERVATION  
TILLAGE UPON THE SOIL EROSION AND SOIL PHYSICAL  
PROPERTIES**

**Butorac, I. Kisić, Jasminka Butorac**

**SAŽETAK**

Konzervacijska obrada tla zahvat je koji, među ostalim, djeluje na proces erozije i fizikalna svojstva tla. Erozijski proces je koji, pak, djeluje na degradaciju njegove plodnosti. Postoje različiti zahvati koji ovaj proces mogu umanjiti ili ga svesti na najmanju moguću mjeru. To je, prije svega, usjev koji se uzgaja, ali i konzervacijska obrada tla u najširem smislu te riječi, pogotovo ako se ne prakticira malčiranje ili barem djelomično ostavljanje biljnih rezidua na površini tla. Što se, pak, tiče fizikalnih svojstava tla, može se reći da su ona pod značajnim utjecajem raznih oblika konzervacijske obrade tla. Ipak, u različitim ekološkim uvjetima dolazi do vrlo divergentnih rezultata. Što je zahvat obrade rigorozniji, to u većoj mjeri narušava postojeće fizikalno stanje. Time se u većoj ili manjoj mjeri mijenjaju pojedine komponente fizikalne plodnosti tla. Upravo se te činjenice razmatraju u ovom radu s posebnim naglaskom na konzervacijskoj obradi tla.

Ključne riječi: konzervacijska obrada tla, erozija tla, fizikalna svojstva tla

**ABSTRACT**

Conservation tillage is a practice that, among others, acts upon erosion and soil physical properties. Soil erosion in turn is a process that affects degradation of soil fertility. There are different treatments that can decrease this process or reduce it to a minimum. This primarily applies to the crop grown, but also to conservation tillage in the broadest sense of the word, particularly if no

mulching or at least partial leaving of plant residues on soil surface is practiced. Soil physical properties are in turn greatly influenced by various forms of conservation tillage. Still, highly divergent results have been recorded under different ecological conditions. The more rigorous the tillage operation, the higher is its disturbance of the existing soil physical status. In this way, particular components of soil physical fertility get changed in varying degrees. These issues are considered in the paper, with special reference to conservation tillage.

Key words: conservation tillage, soil erosion, soil physical properties

## UVOD

U ovom radu posebno se razmatra konzervacijska obrada tla i erozija, a posebno konzervacijska obrada i fizikalna svojstva tla. Što više, zasebno se razmatra konzervacijska obrada i struktura tla, zatim vodni režim tla, volumen pora, zbijanje tla i toplinska svojstva tla.

## KONZERVACIJSKA OBRADA TLA I EROZIJA

Obrada tla kao mehanički zahvat u tlo ima određeni utjecaj na eroziju tla. Erozijska kao izraz degradacije tla veoma je prisutna u Europi, premda različito u pojedinim regijama. I, opet, različito oba oblika erozije, tj. erozija vodom i erozija vjetrom. Letimične opservacije bi pokazale da jedan i drugi oblik pridonose daljnjoj degradaciji poljoprivrednih površina. Za razumijevanje mjera u borbi protiv erozije korisne su neke osnovne koncepcije. Prema jednoj od njih erozija tla je proces rasprašivanja i transporta, pa smanjenje njihovog kapaciteta umanjuje gubitke tla, premda transport igra znatno veću ulogu. Prema drugoj koncepciji erozija tla traži energiju. Kinetička energija po kapi kiše u direktnom je odnosu s njenom veličinom, koja je proporcionalna s intenzitetom kiše (Wischmeier, 1973). Kinetička energija bezbrojnih kišnih kapi koje padnu na površinu jednog hektara godišnje jednaka je energiji od oko 5.000 tona TNT (Meyer, 1971., cit. prema Wischmeieru, 1973). Na golom tlu većina ove energije rasprši se na površini tla. Kapljice kiše koje udaraju u tlo disperziraju čestice tla, razaraju agregate tla, smanjuju neravnost površine, te ubrzavaju slijeganje tla i stvaranje pokorice, a samim time potiču spiranje tla (*run-off*).

Ako se tla koriste tako da se održava njihova plodnost, većina zadržava svoju stabilnost i nisu izložena negativnom utjecaju standardnih operacija obrade. Obrada je zaista najbitnija agrotehnička mjera, koja osigurava odgovarajući sjetveni sloj za usjeve i pomaže u borbi protiv korova. Konvencionalni sustav obrade tla, osobito duže održavanje površine tla neravnom, može na dijelu proizvodnih površina biti dovoljno za održavanje ravnoteže prirodnih sila i primjenjivanih sustava biljne proizvodnje u borbi protiv erozije. Međutim, konvencionalna obrada može prouzročiti probleme na praškastim, glinasto pjeskovitim tlima, posebno kad su suha, na vrlo teškim ljepljivim tlima i bestrukturnim tlima, napose onima s visokim sadržajem natrija. Pri konvencionalnoj obradi ovih tala pogoršavaju se njihova fizikalna svojstva, koja, s jedne strane, dovode do erozije vodom, a, s druge, do erozije vjetrom. Da bi se uklonile ove opasnosti, smanjuje se broj zahvata obrade ili se uvodi *mulch tillage* ili *minimum tillage*, ili se zahvati obrade ograničavaju samo na redove biljaka, ostavljajući međuprostore neobrađene, ili se provodi obrada u trake (*strip — zone tillage*). Iako znatno manje nego u nekim drugim dijelovima svijeta (SAD i Kanada), i u Europi se posljednjih godina provode istraživanja u svrhu provjere različitih tipova konzervacijske obrade na eroziju tla, stanje tla i prinose usjeva. Dobiveni rezultati pokazuju da uspjeh sustava uvelike ovisi o tipu tla i uspješnosti borbe protiv korova, pa i bolesti i štetnika. Općenito se može reći da jače drenirana tla, lagana do srednje teška s niskim sadržajem humusa najbolje reagiraju. Suprotno tome, na tlima nepovoljnih fizikalnih svojstava, prvenstveno slabo dreniranim s većim sadržajem humusa, kao i na teškim tlima neophodno je primijeniti oranje (Christov et al., 1982, Stoichev et al., 1983, Beljauskas, 1981, Makarov et al., 1985, Diez et al., 1988 i dr.). Osobito posljednji među spomenutim istraživačima poklanjaju veliku važnost međusjevima, koji se koriste za malčiranje. Radi preciznijeg uvida u intenzitet erozije na ugroženim tlima navodi se da su gubici tla na jednoj praškasto glinastoj ilovači iznosili 13 t/ha godišnje pri konvencionalnoj obradi tla u razdoblju od 1982. do 1985., a pri reduciranoj obradi oko 4 t/ha (Skøien, 1988). Spiranje i gubici tla bili su mnogo niži na teškoj glini u istom razdoblju — 2,3 t/ha godišnje pri konvencionalnoj obradi i samo 0,04 t/ha pri reduciranoj obradi uz dodavanje stajskog gnoja. Ugar dovodi do ogromnih gubitaka tla. Gubitak fosfora općenito korelira s gubitkom tla. Rezultati također pokazuju da se u vodi koja otječe pri direktnoj sjetvi nalaze velike koncentracije vodotopivog fosfora.

Korištenjem malča pri zaštiti tla od erozije mogu se javiti i negativni učinci u hladnijim klimatskim područjima, naročito u sjevernoj Europi, zbog slabijeg zagrijavanja tla pod malčem, napose na slabije dreniranim tlima. Pri ocjeni djelotvornosti adekvatnog sustava obrade tla sa stajališta erozije može se koristiti univerzalna jednadžba gubitaka tla koju su razradili Wischmeier i Smith(1978.). Ova se jednadžba može koristiti za prognoziranje gubitaka tla erozijom vodom za specifična tla u određenim klimatskim situacijama pri različitim sustavima gospodarenja. Ne navodeći pojedine vrijednosti iz ove jednadžbe, naglašavamo da bi ona prema našem mišljenju mogla korisno poslužiti u navedene svrhe kao nadopuna poljskim pokusima, budući da C factor (*cropping management factor*) iz ove jednadžbe nije uvijek dovoljno poznat za različite oblike konzervacijske obrade tla.

U djelotvornoj borbi protiv erozije načini obrade i sjetve mogu u znatnoj mjeri utjecati na smanjenje negativnog učinka kišnih kapi, ubrzati infiltraciju vode, smanjiti brzinu spiranja (*run-off*) i disperziranje tla. Količine biljnih rezidua i način na koji se oni koriste važni su u borbi protiv erozije pri zahvatima obrade. Malč rezidua smanjuje spiranje smanjujući slijeganje tla i stvaranje pokorice. Gubici tla u inverznom su odnosu s količinom malča. Razlike se javljaju u pogledu vrste biljnih rezidua upotrebljenih za malčiranje, kao i u pogledu njihovog rasporeda.

Ne ulazeći u alternative koje se mogu postaviti konzervacijskoj obradi tla u suzbijanju erozije, tj. one alternative koje se kreću u području agrotehnike, uključujući i primjenu omekšivača tla, treba istaknuti da su biljni rezidui koji se unose, makar samo u plići površinski sloj tla, manje djelotvorni od onih koji su ostavljeni na površini. No, inkorporacija je bolja od odvoženja. Uneseni rezidui poboljšavaju infiltraciju. Također i neravnost površine uvjetovana obradom povećava infiltraciju i smanjuje brzinu spiranja, pa ako je zaštita tla biljnim ostacima mala ili nema rezidua, torencijalne oborine smanjuju neravnost uvjetujući slijeganje, što traži ponovnu obradu tla. Premda europska poljoprivreda ne primjenjuje grebenove (*ridges*), oni mogu postojati u rudimentarnim oblicima u okviru nekih drugih sustava obrade tla. U borbi protiv erozije ovaj oblik konzervacijske obrade tla pruža određene prilike europskoj poljoprivredi pri uzgoju nekih okopavinskih usjeva (kukuruz, soja). Zaključiti se može konstatacijom da postoje i neki drugi aspekti u borbi protiv erozije koji se nalaze u području agrotehnike (Stoichev et al., 1983).

## KONZERVACIJSKA OBRADA I FIZIKALNA SVOJSTVA TLA

Razmotrimo ovaj problem zasebno za pojedina svojstva tla, premda ih uvijek nije moguće odvojiti. Ona, naime, jednostavno čine cjelinu u kojoj su ih autori istraživali zavisno jedna od drugih.

### **Konzervacijska obrada i struktura tla**

Fizikalna svojstva tla uvelike su pod utjecajem mehaničkih zahvata u tlo. Dakako, što je zahvat rigorozniji, on u većoj mjeri narušava postojeće fizikalno stanje tla, mijenjajući tako pojedine komponente fizikalne plodnosti tla, kao i njihove međusobne odnose. Upravo je ovo posljednje bilo predmetom znatnog broja istraživanja u svijetu u okviru konzervacijske odnosno reducirane obrade tla. Smatrajući strukturu zbirnim i ključnim pokazateljem stanja ostalih komponenata fizikalne plodnosti tla, ističemo da brojni istraživači proučavaju promjene ovog svojstva pod utjecajem konzervacijske odnosno reducirane obrade tla (Boone i Kuipers, 1970, Boone et al., 1976, Boone, 1976, Boone et al., 1980, Milojić, 1973, Tomlison, 1974, Domzal i Slovinska - Jurkiewicz, 1987, Tebrügge, 1988, Pitkänen, 1989 i dr.). Prema provedenim istraživanjima proizlazi da obrada tla utječe na volumen pora i homogenost strukture tla. Zahtjevi korijenja za prostorom su mali i stoga je potrebno da je mali dio tla u povoljnom stanju za razvoj korijena pod uvjetom da je ovaj dio adekvatno raspoređen po čitavoj masi tla. Obradom tla stvara se dovoljno heterogena struktura tako da ne dolazi do ometanja razvoja korijenja. Izostavi li se obrada tla, struktura postaje homogenija, pa to zahtijeva utvrđivanje kritičnog stupnja homogenosti prije nego prosječnog volumena pora da bi se mogli dati dobro utemeljeni savjeti u pogledu obrade, budući da herbicidi nude alternativu u pogledu suzbijanja korova. Ne treba smatrati vjerojatnim da će sva obrada nestati, jer su tehničke mogućnosti obrade u rješavanju mnogih problema uključenih u uzgoj usjeva vrlo sofisticirane. Također postaje vrlo jasno da kemijsko suzbijanje korova čini mnoge operacije obrade nevažnima. Zero-tillage sustav rezultira mnogo zbijenijim i homogenijim tlom u kojem mali agregati nestaju, a povećava se stabilnost agregata, dok se kontinuitet pora znatnije ne povećava. Aktivno pseudooglejavanje rezultira jačim izbjeljivanjem obrađenog tla u uvjetima zero-tillage sustava prouzročeno periodičnim nedostatkom kisika. Pri zero-tillage uvjetima redovito dolazi do povećanja populacije gujavica, ali ih je većina vrlo malih dimenzija. Broj krupnih hodnika

gujavica naglo se smanjuje sa dubinom, što indicira na nepovoljno stanje za gujavice koje se nalaze dublje u tlu, koje poboljšavaju vertikalni transport vode. Pri zero-tillage sustavu u slučaju velikih pljuskova može doći do ležanja vode, što može povući za sobom ugibanje gujavica. Može se očekivati da pjeskovita tla s relativno niskim sadržajem organske tvari neće biti pogodna za zero tillage pri uzgoju korjenjača, te tla teškog teksturnog sastava za ozime usjeve. Nadalje, u određenoj je vezi zakorjenjivanje usjeva i homogenost strukture tla. Varijabilnost poroziteta obrađenog tla je očito veća od zbijenijeg neobrađenog tla. Utvrđene su značajne relacije između težine korijena i poroziteta. Veće pore vjerojatno su mnogo osjetljivije na zbijanje od manjih pora. Prosječna aeracija ukupne mase neobrađenog tla općenito je niža od obrađenog tla.

Neki istraživači uvode pojam indeks zakorjenjivanja, koji se može definirati kao relativni rast korijena neporemećenog uzorka uspoređenog sa standardnom strukturom istoga tla s poznatim vrlo visokim zakorjenjivanjem.

Izostavljanje obrade može prouzročiti smanjenje strukturnih agregata manjih od 1 mm, te povećanje agregata veličine 1 do 5 mm (Milojić, 1973.).

Struktura površinskog sloja tla pri direktnoj sjetvi značajno je stabilnija nego pri oranju, unatoč tomu što njegov visoki sadržaj organske tvari nije tako stabilan kao pod živim travnjakom. Direktna sjetva usporava kvarenje strukture oraničnih tala, iako ga sasvim ne može zaustaviti, ali se može koristiti na nekim tlima da se poveća broj oraničnih kultura koje se mogu uzgajati u plodoredu (Tomlison, 1974). Orano tlo ima veći udio krupnih pora, dok tlo pri direktnoj sjetvi sadrži više vode.

Pri izostavljanju obrade povećava se zbijenost u srednjem i donjem dijelu mekote, kao i specifična volumna težina tla i otpor tla.

Ako je u uvjetima zero-tillage sustava tlo pokriveno tijekom godine usjevom ili biljnim ostacima, prvih 3 do 8 cm mekote je mrvičasto, dok zbijeniji slojevi ispod ovog površinskog sloja osiguravaju umjerene rezerve vlage, čime se osigurava povoljan sjetveni sloj (Bakermans i de Vit, 1973).

Višegodišnja istraživanja strukture tla u uvjetima oranja i direktne sjetve u 5-poljnom žitarskom plodoredu na crnici pokazala su da su se najnepovoljniji indeksi strukture tla javili pri kontinuiranom oranju, dok su najpovoljniji indeksi dobiveni pri četverostrukoj direktnoj sjetvi (Droese et al., 1988). Istraživanja

Domžala et al. (1987) pokazala su da struktura tla uglavnom ovisi o vrsti upotrijebljenog oruđa.

Vrsta odnosno tip oruđa koje se koristi za obradu tla također utječe na strukturu tla, ali oblik strukture koji nastaje kao posljedica obrade nije trajan, štoviše, u nekim tlima naglo se gubi, osobito pod utjecajem oborina (Domžal i Słowinska - Jurkiewicz, 1987). Kada se smanjuju intenzitet kontakta radnih organa oruđa kojima se obrađuje tlo, znatno se smanjuje potrebna snaga i energija, a kao rezultat toga i kvarenje strukture tla prouzročeno tlačenjem i klizanjem (Tebrügge, 1988). Homogeno miješanje žetvenih ostataka dovodi do poboljšavanja u odnosu na slijevanje i eroziju, konverzija ovih supstanci se ubrzava, povećava se biološka aktivnost, a kao rezultat njihovih međusobnih odnosa poboljšava se prirodna plodnost tla te stvaranje mrvičaste strukture i njena stabilnost. Prema Stengelu (1982) bubrenje tla pri direktnoj sjetvi manje je nego pri oranju, što znači da kontinuirana direktna sjetva dosljedno tome smanjuje stupanj raspucavanja tla.

Campbell et al. (1986), istražujući kontrolirani promet nakon oranja ili direktne sjetve pod ozimim ječmom u Škotskoj, došli su do zaključka da je pri direktnoj sjetvi tlo zbog kumulativnih efekata iz sezone u sezonu i zbog toga što su brojni prohodi kotača djelotvorniji nego na oranom tlu, zbijanje za sva tretiranja kotačima, osim pri izostavljenom prohodu kotača, bilo veće nego na oranom tlu. Populacije biljaka bile su jako potisnute, osobito nakon više od dva prohoda kotača, kada se prolazna zasićenost vodom pri oranju ili direktnoj sjetvi javila u vrijeme sjetve. Pad prinosa bio je očigledan zbog prometa, što je rezultiralo neadekvatnom populacijom biljaka ili ekscesivnom napetosti tla ispod dubine sjetve. Godišnja variranja utjecaja prometa na biljnu populaciju i prinos zrna ječma bila su u uskoj vezi s variranjem oborina. Iako je tlo bilo klasificirano kao nepovoljno za direktnu sjetvu s konvencionalnim prometom, jer se lako zbija, direktna sjetva bila je povoljna pri nultom prometu. Tijekom uzastopne direktne sjetve s različitim prometom prinos je rastao progresivno i nakon tri godine bio je jednak ili iznad onog pri oranju zahvaljujući poboljšanju strukture tla.

### **Konzervacijska obrada i vodni režim tla**

Neka istraživanja u svijetu u okviru konzervacijske odnosno reducirane obrade tla razmatraju probleme vezane s vodom s raznih aspekata. Među prvima mogu se navesti istraživanja Swietochowskog et al. (1970), koji su došli do zaključke da obrada na pjeskovitim tlima ne dovodi do povećanja zaliha vode u tlu.

Ehlers (1973) izučava infiltraciju vode u obrađenim i neobrađenim tlima, kao i usvajanje vode korijenovim sistemom pšenice, također u obrađenim i neobrađenim tlima. Ova istraživanja pokazala su da u vrijeme velikih kiša konvencionalno obrađena tla često pokazuju veliku dezagregaciju i eroziju na nagnutom terenu. Takvi efekti ograničene infiltracije vode ne zamjećuju se na oranici, neobrađenoj nekoliko godina, iako je struktura površinskog sloja takvih neobrađenih tala mnogo kompaktnija, a porozitet znatno manji u usporedbi s obrađenim tлом. U neobrađenim tlima pokrivenim malčem povećava se aktivnost gujavica, kao i infiltracija vode kanalima gujavica.

Usporednim istraživanjem usvajanja vode korijenovim sustavom pšenice u uvjetima zero - tillage sustava i konvencionalne obrade tla utvrđeno je da je voda bila uglavnom apsorbirana iz površinskih slojeva tla u kojima je gustoća zakorijenjavanja bila najveća. Kada su se površinski slojevi prosušili, maksimalno iskorištavanje vode premjestilo se u dublje slojeve tla. Pristupačnost vode u znatnoj mjeri ovisi o tenziji vlage tla. Iz obrađenog tla korijenje koristi manje vode iz dubine od 20 do 30 cm s malim porozitetom u usporedbi sa susjednim slojevima većeg poroziteta.

Istražujući vodni režim u oranim tlima i pri direktnoj sjetvi pod žitaricama, O'Sullivan i Ball (1982) zaključuju da se orana tla isušuju brže u proljeće, vjerojatno zbog njihove veće difuzije. Tijekom jeseni i zime u pokusu s ozimom pšenicom tlo u uvjetima direktne sjetva na dubini od 10 cm vlaži se do većeg potencijala i suši do manjeg potencijala nego orano tlo. Ove razlike su povezane s razlikama u mjerenim količinama oslobođene vode i ograničene dreniranosti na dnu oranog sloja. Dubina nezasićenog tla bila je općenito veća nakon oranja nego nakon direktne sjetve.

Prema Bjelolipskom (1986) dublja obrada tla od 40 do 42 cm bez pluga osigurava bolje procjeđivanje vode, pri čemu se smanjuje otjecanje u usporedbi s oranjem za 24 do 46%. Međutim, pri jačem promrzavanju vlažnog tla ta se



prednost smanjuje do minimuma. Koliko konzerviranje vode u tlu ovisi o ekološkim uvjetima pokazuju istraživanja Pelegrina et al. (1988) u Španjolskoj, koji su, istražujući nekoliko različitih načina obrade tla uključujući direktnu sjetvu, utvrdili da tanjuranje najpovoljnije utječe na konzervaciju vode. No, razlike se mogu javiti i u pogledu reakcije usjeva.

Suprotno nekim dosad navedenim istraživanjima, Suskevič i Odložilik (1989) su utvrdili da na černozeu u Moravskoj nije došlo do razlika u sadržaju vode u tlu između oranja na 22 cm, obrade na 12 cm i direktne sjetve pod usjevom ječma, kao ni u samom prinosu. Isti autori su također, istražujući utjecaj različitih sustava obrade u 4-poljnom plodoređu, utvrdili da, iako su se javile signifikantne razlike u pogledu nekih fizikalnih svojstava, one su u biti bile neznatne bez negativnih posljedica na tlo (Suškevič i Odložilik, 1987).

Razmatrajući fizikalne aspekte primjene zero-tillage sustava Ouwerkerk i Boone (1970) zaključuju da je tlo na neobrađenoj površini obično zbijenije nego nakon oranja, što se može vizualno ocijeniti prema stanju strukture tla i mjerenjem otpora. Volumen je općenito manji u neobrađenom tlu, što znači da homogenost strukture tla raste. Statistička priroda strukture tla može se izraziti odnosom između sadržaja vode pri pF 2 (% od suhe težine) i volumena pora. U neobrađenom tlu sadržaj vode pri pF 2 je često niži i ima znatno više točaka s niskim sadržajem zraka nego u oranom tlu. No, treba uzeti u obzir i druge pojave, jer sadržaj vode pri pF 2 također ovisi o zahvatima u tlo, a posebno o vremenskim prilikama duže vrijeme prije uzimanja uzoraka.

### **Konzervacijska obrada tla i volumen pora**

Što se tiče poroziteta, on je u uvjetima direktne sjetve općenito manji nego u oranim tlima, uglavnom zbog toga jer je volumen makropora ( $>0,025$  mm polumjera) također manji. S tim u vezi Ball i O'Sullivan (1982) su utvrdili da ukupni porozitet i makroporozitet, osobito pore između 0,15 i 0,25 mm radijusa, postaju manje nakon direktne sjetve od 1 do 6 cm dubine. Zapravo, istraživanja spomenutih autora svode se na to da se na osnovi svojstava pora tla utvrdi njihova prikladnost za direktnu sjetvu.

Ukupni porozitet veći je pri konvencionalnoj obradi tla u neporušenom oraničnom Ap horizontu. Nasuprot tome, ukupni broj pora signifikantno je veći u uvjetima no-tillage sustava. Dakle, zero-tillage smanjuje veličinu pora

(Pagliai, 1984). Slične rezultate dobili su Douglas i Goss (1987). Naime, i oni su utvrdili da se ukupni volumen pora u površinskom horizontu smanjuje pri direktnoj sjetvi u usporedbi s oranjem. Ta razlika između zahvata obrade očituje se sporije u tlu koje se ranije kontinuirano obrađivalo nego u tlu koje se ranije nalazilo pod trajnim travnjakom. Na granici mekote i zdravice i u gornjem dijelu zdravice permeabilnost i difuzija plinova bili su veći nakon direktne sjetve. U glinastoj zdravici volumen makropora može biti manji do 5 % i potrebno je dreniranje za maksimiranje biljne proizvodnje (Ellis et al., 1984, cit. prema Douglasu i Gossu, 1987).

Schjønning (1989) u okviru pokusa s reduciranom obradom tla iznosi karakteristike pora tla preko difuzije i permeabilnosti, te poroznosti za zrak. Grubi proračuni u pogledu koncentracije kisika pri različitim načinima obrade pokazali su da plitka obrada može sniziti aeraciju u zoni korijena u usporedbi s aeracijom u oranom tlu. Kritične niske vrijednosti difuzije zraka utvrđene su u slojevima koji nisu zahvaćeni plitkom obradom tla, kao i u zbijenom sloju uvjetovanom tabanjem pluga pri oranju. Permeabilnost tla je povećana pri uključivanju međuusjeva u sloju od 25 do 30 cm. U teškim tlima sve pore iznad 30 $\mu$ m bile su pod utjecajem zahvata obrade, s tim da korijenov sustav uvelike utječe na povećanje krupnih pora promjera 30 do 200  $\mu$ m.

Prema istraživanjima Rasmussena i Olsena (1983) reducirana obrada tla uvjetovala je blago smanjenje poroziteta, dijela većih pora i hidrauličke provodljivosti. Volumen pora u površinskom sloju tla (0 do 5 cm) niži je ako se izostavi oranje (Marti, 1984). Otpor tla se u neoranom tlu povećava jedan i pol puta odnosno otpor tla na isjecanje (ljuštenje) dva do tri puta veći je u usporedbi s oranjem. Smanjuje se i dubina sjetvenog sloja pri izostavljanju oranja, ali ipak ne dolazi do pada prinosa ako je infestacija korovima mala.

Usporedna istraživanja provedena u Rumunjskoj na kambičnom černozeu s konvencionalnom obradom i zero tillage sustavom pokazala su manje razlike u pogledu fizikalnih svojstava tla - povećanja volumne težine i propusnosti, te smanjenje zasićene hidrauličke provodljivosti i makroporoziteta (Dumitru et al., 1983). Te razlike nisu utjecale na prinos kukuruza. S ovim rezultatima podudaraju se rezultati Canarachea et al. (1988), koji su istraživali utjecaj različitih sustava obrade tla i metoda irigacije na fizikalna i kemijska svojstva tla.

Prema istraživanjima Boonea et al. (1980) propusnost za zrak na neobrađenom tlu bila je samo neznatno manja nego u obrađenom tlu, što indicira da je kontinuitet pora bio bolji u neobrađenom od obrađenog tla.

Neovisno o promjenama fizikalnih svojstava tla pod utjecajem konzervacijske odnosno reducirane obrade tla, smatra se da su od posebne važnosti stabilnost agregata, potencijal skupljanja (stezanja) i zbijenost (čvrstoća) za ocjenjivanje reakcije tla na direktnu sjetvu (Stengel et al., 1984). U površinskom sloju tla u uvjetima direktne sjetve povećava se sadržaj organske tvari više nego u cijelom oraničnom sloju. Ta organska tvar značajno utječe na popravljajanje fizikalnih svojstava tla.

Nakon pet različitih zbijanja tla kotačima, uključujući izostavljanje prometa na praškastoj glini u južnoj Engleskoj prije direktne sjetve ozime pšenice, u zbijenom tlu osnivanje usjeva bilo je jednoličnije nego na tlu bez utjecaja kotača, ali zbijanje nije utjecalo na biljnu populaciju (Graham et al., 1986). Razvoj korijena bio je usporen u tlu u kojem je otpor tla bio veći od 1.4 MPa, a otpor na isjecanje na dubini od 15 cm veći od 50 kPa. Razvoj korijena u većem dijelu zbijenog tla s oko 5 % makropora u mekoti bio je usporen zimi napetošću tla ( $> 1,4$  MPa otpora) i slabim osiguranjem kisika ( $<$  približno  $35\text{m}^2\mu\text{g O}_2\text{ cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ). U tlu koje nije gaženo kotačima (makroporoznost oko 16 do 20 %) usvajanje hraniva bilo je ograničeno tijekom sušeg dijela proljeća zahvaljujući manjem usvajanju vode od strane usjeva. U relativno suhim i vrućim vegetacijama razvoj je bio brži i prinos zrna 6 do 7 % viši pri manjem zbijanju (makroporozitet oko 14 %) nego u drugim tretiranjima. Razlike u razvoju bile su smanjene između različitih tretiranja pri jačem ponovnom vlaženju izrazito visokim količinama oborina.

Pri istraživanju najpogodnijeg sustava obrade za glinasta tla Goss et al. (1988) utvrdili su da poboljšani kontinuitet makropora pri direktnoj sjetvi nadoknađuje smanjenje ukupne poroznosti. Međutim, ako tlo nije drenirano, makroporozitet se uvelike smanjuje pri pojednostavljenoj obradi u usporedbi s konvencionalnom obradom. Drenaža ima mali utjecaj na makroporozitet u oranom tlu, ali znatno povećava vrijednosti u površinskom sloju pri direktnoj sjetvi. Korijenje penetrira brže u zdravici pri direktnoj sjetvi. Distribucija korijenja nije neposredno uvjetovana malim promjenama u fizikalnim svojstvima prouzročenim prisusutnošću slame, ali gdje je slama ostavljena na površini biljke su se slabo razvijale, što je moglo usporiti stupanj penetracije

korijena. Drenaža ja u znatnoj mjeri modificirala distribuciju korijena. Može se reći da je drenaža neophodna za simplificirane sustave obrade kao što je direktna sjetva. Naime, drenaža glinastih tala ima najpostojaniji utjecaj na poboljšanje svojstava tla.

### **Konzervacijska obrada i zbijanje tla**

Pri utvrđivanju kumulativnog djelovanja različitih načina obrade na fizikalno stanje tla posebno treba imati na umu zbijanje prouzročeno poljoprivrednim oruđima i strojevima (Soane et al., 1970). Povećanje zbijenosti značajno je do dubine od 20 cm na prethodno oranom tlu, ali neznatno na tlu koje nije orano.

Chisci (1976) smatra da minimalna obrada tla u usporedbi s oranjem na ilovasto - glinastim tlima može dovesti do pada prinosa zrna pšenice zbog povećanog zbijanja tla. Suprotno ovome, Ehlers (1982) je utvrdio da kontinuirane biopore u lesnom tlu koje ne bubri ostavljenom neobrađenom mogu povećati rast korijena, iako se napetost tla mjerena penetrometrom povećava u uvjetima zero - tillage. Korijenov sustav sljedećeg usjeva može ponovno otvoriti biopore stvorene pomoću gujavica korijenjem preusjeva. Ovi prolazi za korijenje ostaju sačuvani u lesu koji ne bubri pri primjeni zero - tillage sustava. S druge strane, minimum tillage ima značajan negativni utjecaj na fizikalna svojstva smolnica, dok istodobno ne pokazuje nikakav utjecaj na siva šumska tla (luvisol) (Stoynev i Krastanov, 1982). Istodobno sadržaj humusa i njegova kakvoća uvelike ovise o fizikalnim uvjetima tla. Nakon višegodišnje primjene minimalne obrade tlo postaje zbijeno i samo u površinskih 5 cm u kojem se akumuliraju poluraspadnuti biljni ostaci ostaje rahlo. I Cordier i Frankinet (1982) su utvrdili povećanje zbijenosti odnosno volumne težine tla u uvjetima direktne sjetve, dok je pri oranju na dubini između 15 i 20 cm volumna težina značajno manja. Sadržaj vode porastao je pri direktnoj sjetvi. Ovaj porast u relaciji je s velikom količinom organske tvari (malč) u ovom sloju. Otpor tla je značajno veći u sloju od 15 do 17 cm u uvjetima direktne sjetve. Kada je sadržaj vode visok (blizu saturacije), razlike u otporu tla pri različitim načinima obrade (oranje, plitka obrada, zero - tillage) nisu statistički opravdane.

Smatra se da su obrada i drenaža dva najvažnija načina tretiranja tla koji se koriste za promjene fizikalnog stanja tla za potrebe usjeva (Goss et al., 1984). Oranje povećava volumen makropora (promjera  $> 50 \mu\text{m}$ ), ali značajno smanjuje njihov kontinuitet između mekote i zdravice u usporedbi s direktnom sjetvom, dok to nije slučaj pri obradi kultivatorom prve godine. Značenje makropora za djelotvornu drenažu tla očito je iz smanjene djelotvornosti kanala koje su načinile krtice.

Neobrađeno (neorano) tlo teže se zagrijava i suši u proljeće nego obrađeno. Posebno slama, ako se nađe na neobrađenom tlu, usporava zagrijavanje i sušenje (Pitkänen, 1988). Odvoženje slame nakon žetve i obrade strništa u jesen ima pozitivan utjecaj na zagrijavanje i sušenje neoranog tla. Agregati tla stabilniji su u površinskom sloju neoranog tla zahvaljujući većem sadržaju organske tvari. Besplužna obrada povećava zbijanje tla u srednjim i donjim dijelovima mekote. U razdoblju od šest godina volumna težina tla bila je čak  $0,14 \text{ g/cm}^3$  veća nego u oranom tlu u sloju od 10 do 20 cm. Povećava se i otpor tla, u prosjeku 0,6 MPa u sloju od 10 do 28 cm. Očito je povećan rizik od zbijanja pri besplužnoj obradi tla.

U pokusima provedenim na pjeskovitom i ilovastom tlu došlo je do izrazitog pada stabilnosti agregata u površinskom sloju pri kontinuiranom godišnjem oranju i potpunom odstranjenju žetvenih ostataka. Plitkom obradom kultivatorom do 10 cm, a posebno rotovatorom do 5 cm smanjeno je kvarenje strukture prouzročeno kontinuiranim uzgojem žitarica nakon oranja (Schjønning i Rasmussen, 1989). Talijanski ljulj uzgajan nakon žetve žitarica također je stabilizirao agregate nakon oranja, kao i plitke obrade, ali su razlike bile manje od onih induciranih obradom. Napetost tla se povećala u neobrađenim slojevima u plitko obrađenom tlu u usporedbi s oranim tlom. Zbijeni sloj tla ispod dubine freziranja u ilovastom tlu (zvan "taban freze") imao je vrijednosti napetosti koje mogu smanjiti razvoj korijena.

Usporednim istraživanjem konvencionalne obrade tla i direktne sjetve, uključujući i pet razina gnojidbe mineralnim dušikom pod kukuruzom kao testnom kulturom, zbijenost tla povećala se 17 do 100%, volumna težina 3 do 20 %, vlažnost tla 4 do 27 % i uskladištenost vode 10 do 23 % pod utjecajem direktne sjetve u usporedbi s konvencionalnom obradom na lakom tlu (Sosnowski, 1987). Analogni rezultati dobiveni su kada je umjesto kukuruza u pokusu bio zastupljen suncokret (Dzienia i Sosnowski, 1988). Pri direktnoj

sjetvi povećava se zajedno s volumnom težinom i kohezija i retencija tla za vodu (Dzienia i Hoffman - Kakol, 1988). Pogoršanje nekih fizikalnih svojstava tla (volumne težine, zbijenosti) pod utjecajem simplificirane obrade utvrdio je i Gandecki (1981), a uz pogoršanje fizikalnih svojstava i povećanje zakorovljenosti Jablonski i Gandecki (1980). Analogne rezultate dobili su Jablonski et al. (1981), tj. povećanje volumne težine na crnici 3 do 4 % i smanjenje kapilarne poroznosti od 3 do 5 %. Na lakim tlima ove vrijednosti bile su u uvjetima simplificirane obrade znatno više. Zanimljivo je naglasiti da se ova pogoršanja fizikalnih svojstava nisu negativno odrazila na prinos.

Uzgoj usjeva, prema rezultatima Holtea (1982) primjenom zero tillage sustava manifestirao je veće probleme na pjeskovitom nego na glinastom tlu. Na pjeskovitom tlu jedva je nakon pet godina bio moguć uzgoj usjeva, dok su problemi na glinastim tlima bili manji, ali su prinosi korjenjača bili niži. Drugi usjevi, kao primjerice jari ječam, pšenica i grašak dali su isti ili čak viši prinos pri zero-tillage sustavu nego obrađenom tlu. Ipak, u uvjetima Nizozemske postoji rizik u uzgoju usjeva primjenom no-tillage sustava. Povećanje sadržaja organske tvari i dušika zabilježeno je u površinskom sloju, a pad u nižim slojevima, dok je u razdoblju kiša znatno mokrije tlo pri zero-tillage sustavu nego u obrađenom tlu. Obrnuto, zdravica je suša pri zero-tillage sustavu. Zero-tillage u Nizozemskoj profitabilan je jedino u tlima osjetljivim na eroziju ili ako se kukuruz sije nakon talijanskog ljulja ili ako se ograniči obrada kada se siju ozime žitarice.

Usporedna istraživanja minimalne i konvencionalne obrade na smeđem tlu u Gornjoj Bavarskoj pokazala su da je volumna težina pri minimalnoj obradi znatno veća, osobito u neobrađenom sloju ispod tla obrađenog rotirajućim oruđem (Diez et al., 1988). Istodobno značajan je i pad broja gujavica pri konvencionalnoj obradi i uklanjanju žetvenih ostataka. Permeabilnost tla pri kraju vegetacijskog razdoblja pokazuje veći stupanj infiltracije pri minimalnoj obradi tla, unatoč znatno većoj volumnoj težini duže vremena neoranog tla.

### **Konzervacijska obrada i toplinska svojstva tla**

Istražujući utjecaj tri različita sustava obrade u kombinaciji s različitim zbijanjem i malčiranjem na glinastim tlima u jugoistočnoj Norveškoj, Børresen (1987) je utvrdio da je amplituda u temperaturi tla na 2 i 6 cm dubine bila manja

pri direktnoj sjetvi, zbijenom ili malčiranom tlu u usporedbi s konvencionalno obrađenim golim tлом. Malčiranje je smanjilo srednju temperaturu na 2, 6 i 24 cm dubine. Toplinska svojstva tla bila su pod utjecajem sustava obrade, zbijanja i malčiranja. Pri direktnoj sjetvi povećavaju se volumni kapacitet za toplinu, termalna konduktivnost i termalna difuzija u sloju od 2 do 6 cm u usporedbi s drugim zahvatima. Kapacitet za toplinu, toplinska provodljivost i toplinska difuzija do 24 cm dubine bili su veći u tlu pokrivenom biljnim reziduima nego u golom tlu. Zbijanje tla pokazalo je isti učinak s izuzetkom volumnog kapaciteta za toplinu u sloju od 6 do 24 cm. Valjanje nakon sjetve u konvencionalno obrađenom tlu izmijenilo je toplinska svojstva tla manje nego zbijanje traktorskim kotačima.

## ZAKLJUČAK

Kada je riječ o konzervacijskoj obradi i fizikalnim svojstvima tla, moglo bi se reći da je u različitim ekološkim uvjetima došlo do korisnih, no često vrlo divergentnih rezultata. Nema nikakve sumnje da je obrada tla zahvat koji gotovo najdrastičnije utječe na fizikalni kompleks tla, pa, shodno različitim načinima i intenzitetu obrade sve do njenog potpunog izostavljanja, i u tlu nastaju promjene sukladne spomenutom redu vrijednosti. Fizikalna svojstva tla u cjelini, napose neka od njih, mogu poslužiti kao važan kriterij u ocjenjivanju prikladnosti pojedinih tipova tala za primjenu različitih oblika konzervacijske obrade tla, uključujući, dakako, i no-tillage sustav.

Učinjeni su i prvi koraci u izučavanju erozije tla vodom, pa i vjetrom, naročito u pogledu utjecaja konzervacijske obrade tla na eroziju.

## LITERATURA

- Bakermans, W.A.P. and De Wit, C.T.,** 1972. Crop husbandry under zero-tillage. Sixth Inter. Conf. Soil Tillage, Summaries, Wageningen, 8:1-3.
- Ball, B.C. and O'Sullivan, M.F.,** 1982. The characterization of pores in ploughing and direct drilled soils in Scotland. Proc. 8th Conf. ISTRO, Osijek, pp. 396-401.

- Belolipskij, V.A.**, 1986. Stokoregulirujuščaja i počvozaščitnaja rolj besplužnih sposobov obrabotki počvi. *Zemledelie*, 10: 31-33.
- Beljauskas, P.M.**, 1981. Minimaljnaja obrabotka počvi na erodirovanih sklonah. *Zemledelie*, 7: 17-18.
- Boone, F.R. and Kuipers, H.**, 1970. Remarks on soil structure in relation to zero – tillage. *Neth J. agric. Sci.* 18: 262-269.
- Boone, F.R., Slager, S., Miedema, R. and Eleveld, R.**, 1976. Some influences of zero – tillage on the structure and stability of a fine – textured river levee soil. Reprint *Neth J. agric. Sci.* 24: 105-119.
- Boone, F.R.**, 1976. Notes on soil structure homogeneity and rootability. *Proc. 7th Conf. ISTRO, Uppsala*, 4: 1-4: 6.
- Boone, F.R., Kroesbergen, B., Ouwerkerk, C., van**, 1980. Soil Structure. In "Expeirience with three tillage systems on marine loam soil. I. 1972 –1975." *Agr. Res. Rep.* 899, Wageningen, 21-40.
- Børresen, T.**, 1987. Effects of three tillage systems combined with different compaction and mulching treatments on cereal yields, soil temperature and physical properties on clay soil in South – Eastern Norway. *Norsk landbruksforskning*, 3: 1–176.
- Campbell, D.J., Dickson, J.W., Ball, B.C. and Hunter, R.**, 1986. Controlled seedbed traffic after plowghing or direct drilling under winter barely in Scotland, 1980-1984. *Soil Till. Res.*, 8: 3-28.
- Canarache, A.**, 1987. Romanian expeirience with land classification related to the soil tillage. *Soil Till. Res.*, 10: 39-54.
- Canarache, A. Tánásescu, O. Chiriac, Aurelia, Páltineanu, I.C., Negrila, C., Negrila, Catrinel, Seceleánu, I., Irinescu, O.**, 1988. Cereelari privind influenta sistemelor de lucrare a solului si a metodelor de udare asupra starii agrifizice si agrochimice a solului. *Lucriari stiintice*, 9:89-120.



- Chisci, G.**, 1976. Influence of tillage and drainage systems on physical conditions for loamclay soils cultivation. Proc. 7th Conf. ISTRO, Uppsala, 7: 1- 7: 6.
- Christov, A., Onchev, N., Tzvetkova, Elka**, 1982. Antierosion and agrotechnical efficiency of zero and surface basic tillage of different soil types. 9th Conf. ISTRO, Osijek, 91-96.
- Cordier, Y. and Frankinet, M.** 1982. Characterization of the effects of cultural treatments (half ploughing, normal ploughing and direct drilling) on soil mechanics using the penetrometer (cone) index. Proc. 8th Conf. ISTRO, Osijek, pp. 429-435.
- Diez, Th., Kreitmayr, J. und Weigelet, H.**, 1988., Erosions schutzmasnahmen im Mais und Zuckerrübenanbau. Landtechnische Zeitschrift, 1: 1-19.
- Diez, Th., Kreitmayr, J. and Weigelet, H.**, 1988. Influence of long – term minimum tillage on soil properties and yields. Proc. 11th Inter. Conf. ISTRO, Edinburgh, 2: 625-630.
- Domzał, H., Stowinska–Jurkiewicz, Anna, Palikot, M.**, 1987. Changes in the structure and physical properties of soil as a result of the application of various methods of soil cultivation. Polish J. Soil Sci., 20: 9-16.
- Domzał, H. and Słowinska-Jurkiewicz, Anna**, 1987. Effect of Tillage and Weather Conditions on Structure and Physical Properties of Soil and Yield of Winter Wheat. Soil Till. Res., 10: 225 -241.
- Douglas, J.T., and Goss, M.J.**, 1987. Modification of porespace by tillage in two stagnogley soils with contrasting management histories. Soil Till. Res., 10: 303-317.
- Droese, H., Starczewski, J., Radecki, A.**, 1988. Oddziałwanie różnych sposobów uprawy na strukture gruzelkowata roli. Zeszyty problemowe postepów rolniczych, 356: 57-62.
- Dumitru, Elisabeta, Dumitru Rozalia, Sarpa, N.**, 1983. Contributii privind cunoasterea modificarilor insusirilor fizice ale cernoziomului

cambic de la Fundulea sub influenta "zero-tillage". Lucrările conferiente nationale pentru știinta solului, 21: 80-86.

- Dzienia, S., Sosnowski, A.,** 1988. Uplýv siewu bezpořredniego na fizyczne wlasciwořci gleby lekkiej i plonowanie slonecznika pastewnego. *Fragmenta agronomica*, 2 (18): 43-57.
- Dzienia, S., Hoffman – Kakol, Irena,** 1988. Wpliv rŃznych sposobŃw uprawy roli i nawożenia azotem na fizyczne wlasciwořci gleby i plonowanie kukurydzy w plonie wtŃrym. *Zeszyty probl. post. nauk. rol.*, 356: 141-148.
- Ehlers, W.,** 1973. Water infiltration in tilled and untilled loess soil. Sixth Inter. Conf. Soil Tillage, Summaries, Wageningen, 11 (1).
- Ehlers, W.,** 1982. Penetrometer soil strenght and root growth in tilled and untilled losses soil. *Proc. 8th Cong. ISTRO, Osijek*, pp. 458-463.
- Gandecki, R.,** 1981. Wplýv wieloletniej zvoźnicowanej uprawy roli na wlasciwosci lekiej i na żyto ozime uprawiane w monokulturze. *Zeszyty nukowe rolniczej we Wroclwie*, 130: 89-112.
- Goss, M.J., Ehlers, W., Boone, F.R., White, I., Howse, K.R.,** 1984. Effects of Soil Management Practice on Soil Physical Conditions Affecting Root Growth. *J. agric. Engng. Res.* 30: 131-140.
- Goss, M.J., Howse, K.R., Colbourn, P. and Harris, G.L.,** 1988. Cultivations systems and the leaching of nitrates. *Proc. 11th Inter. Conf., ISTRO, Edinburgh*, 2: 679-684.
- Graham, J., Blackwell, P.S., Armstrong J.V., Christian, D.G., Howse, K.R., Dawson C.J. and Butler, A.R.,** 1986. Compaction of a silt loam by weeled agricultural vehicles, II. Effects on growth and yield of direct –drilled winter wheat. *Soil Till. Res.*, 7: 189-203.
- Holte, L.,** 1982. Effect of zero – tillage on soil characteristics and crop yields. *Proc. 8th Conf. ISTRO, Osijek*, pp. 118-124.

- Jabłoński, B., Gandecki, R.,** 1980. Wpływ wielokrotnego uproszczenia uprawy roli na właściwości gleby i plony pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze. Zeszyty probl. post. nauk rol., 227: 107-114.
- Jabłoński, B., Miklaszewski, S., Radomska, Maria, Szulinak, Grazyna, Zielinska, Danuta, Gandecki, R.,** 1981. Porównanie różnych uproszczeń uprawy roli przy dwóch poziomach nawożenia w czteroletnim zmianowaniu na glebach lekkich. III. Wpływ uproszczonej uprawy na fizyczne właściwości gleby. Zeszyty nauk. akad. rol. we Wrocławiu, 130: 151-159.
- Makarov, I.P., Kočetov, I.S. Žuravljeva, L.I., Sorokoumov, S.P.,** 1985. Vilijanije obrabotki počvi na stok vodi i vinos elementov pitanija. Zemledelie, 9: 36-38.
- Marti, M.,** 1984. Kontinuierlicher Getreidebau ohne Pflug im südosten Norwegens – Wirkung auf Ertrag, physikalische und chemische Bodenparameter. Inst. for jordkultur, Norges Landbrukshøgskole, Ås –NLH.
- Milojić, B.,** 1973. No – tillage corn effect on soil moisture an structure. Sixth Inter. Conf. Soil Tillage, Summaries, Wageningen, 10 (1) –10 (2).
- O'Sullivan, M.F. and Ball, B.C.,** 1982. Water regimes in ploughed and direct drilled soils under cereals in Scotland. Proc. 8th Conf. ISTRO, Osijek, pp. 520-525.
- Ouwerkwerk, C. van and Boone, F.R.,** 1970. Soil-physical aspects of zero-tillage experiments. Neth. J. Agric. Sci., 18: 247-261.
- Pagliai, M., La Marca, M., Lucamante, G. and Genovese, L.,** 1984. Effect of zero and conventional tillage on length and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under viticulture. Soil Till. Res., 4: 433 – 444.
- Pelegrin, F., Moreno, F., Martin-Aranda, J. and Camps, M.,** 1988. The influence of tillage methods on soil-water conservation in SW Spain. Proc. 11th Inter. Conf. ISTRO, Edinburgh, 2: 803-808.

- Pitkänen, J.**, 1988. Effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of soil. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote*, 21: 62–162.
- Pitkänen, J.**, 1989. Effects of long-term reduced tillage on structure and fertility of a silty clay soil. *Vakola*, 1: 35-38.
- Rasmussen, K.J., Olsen, C., Chr.**, 1983. Soil tillage and catch crop by growth of barely. I. Conditions of growth, soil physical measurements and yields of continuous barely and barely in crop rotation. *Tidsskr. Planteavl* 87: 193-215.
- Schjønning, P. and Rasmussen, K.J.**, 1989. Long-Term Reduced Cultivation. I. Soil Strength and Stability. *Soil Till. Res.*, 15: 79-90.
- Schjønning, P.**, 1989. Long-Term Reduced Cultivation. II. Soil Pore Characteristic as Shown by Gas Diffusivities and Permeability and Air-filled Porosities. *Soil Till. Res.*, 15: 91:103.
- Skoién, S.**, 1988. Soil erosion and runoff losses of phosphorus, effect of tillage and plant cover. *Norsk landbruksforskning* 2: 207-218.
- Soane, B.D., Campbell, D.J., Herkes, S.M.** 1970. Cultivations in relation to continuous barely growing. II. Soil physical conditions. *The Proc. Inter. Conf., Silsoe*, pp. 58-69.
- Sosnowski, A.**, 1987. Wpływ siewu bezpośredniego na fizyczne właściwości gleby lekkiej i plonowania kukurydzy. *Zeszyty nauk. abad. rol. w Szczecinie*, 131:131-144.
- Stengel, P.**, 1982. Swelling potential of soil as a criterium of permanent direct drilling suitability. *Proc. 8th Conf. ISTRO, Osijek*, pp. 131-136.
- Stengel, P., Douglas, J.T., Guérif, J., Goss, M.J. Mannier, G. and Cannell, R.Q.**, 1984. Factors influencing the variation of some properties of soils in the relation to their suitability for direct drilling. *Soil Till. Res.*, 4: 35 –53.

- Stoichev, T., Onckev, N., Hristov, A., Elka, Tzvetkova,** 1983. Protiverozionna i ottokonaljavašča efektivnost na tri načina na osnovna obrabotka i mulčiraneto na karbonaten černozem. Počvoznanie i agrohimiija, 18 (5):128-136.
- Stoynev, K. and Krastanov, S.,** 1982. Effect of conventional and minimum tillage on some physical properties and on soil organic matter of two soil types in Bulgaria. Proc. 8th Conf. ISTRO, Osijek, pp. 137-141.
- Šuškevič, M., Odložilik, S.,** 1987. Vliv systému zpracování půdy v osevním postupu s kukuřicí a ozimov pšenici na půdnu fyziku. Rostlina výroba, 33: 603 - 611.
- Šuškevič, M., Odložilik, S.,** 1989. Vliv intenzity zpracování půdy k jarnímu ječmeni po cukrovce na obsah vody v půdě. Rostlina výroba, 35: 179-184.
- Swietochowski, B., Krezel, R., Baranowski, R., Hendrysiak, T.,** 1970. Untersuchungen über den Wasserhaushalt des Bondes unter besonderer Berücksichtigung der Vereinfachung der Bodenbearbeitung. Dokl. mežd. soveščanija "Problemi obrabotki počvi", Varna, 1968., pp. 489-497.
- Tebrügge, F.,** 1988. Influence of soil cultivation methods on soil structure, biology activity and yield. Proc. 11th Inter. Conf. ISTRO, Edinburgh, 2: 891-896.
- Tomlinson, T.E.,** 1974. Soil Structural Aspects of Direct Drilling. Trans. 10th Inter. Congress Soil Science, 1: 203-213, Moscow.
- Wischmeier, W.H.,** 1973. Conservation tillage to control of water erosion. Conser. tillage - the proc. of a nat. conf., Ankeny, Iowa, pp. 156-163.
- Wischmeier, W.K., Smith, D.D.,** 1978. A universal soil – loss equation guide for conservation farm planing. In Int. Congr. Soil Sci. Tran., 7th Int. Soc. Soil Sci., Madison, 418-425.

**Adresa autora – Authors' addresses**

Prof.dr.sc. Anđelko Butorac  
Grge Novaka 5  
10000 Zagreb

**Primljeno – Received:** 24. 06. 2006.

Prof.dr.sc. Ivica Kisić  
Prof.dr.sc. Jasminka Butorac  
Agronomski fakultet  
10000 Zagreb, Svetošimunska 25