

AGRONOMSKI GLASNIK 6/2006.
ISSN 0002-1954

Pregledni znanstveni članak
Scientific review

SUSTAVI KONZERVACIJSKE OBRADJE TLA I USJEVI

SYSTEMS OF CONSERVATION TILLAGE AND CROPS

A. Butorac, I. Kisić, Jasminka Butorac

SAŽETAK

Istraživanje različitih oblika konzervacijske obrade tla uzelo je određenog maha za oranične usjeve. Najprije se navodi kraći pregled nekih radova koji tretiraju ovu problematiku općenito za te usjeve, a potom rezultati nekih istraživanja za pšenicu, ječam, kukuruz, šećernu repu i krumpir. Općenito se može reći da su postignuti pozitivni rezultati s uzgojem pšenice, ječma i kukuruza, slabiji sa šećernom repom, a s krumpirom tek je bilo nekih pokušaja, uglavnom u Norveškoj. Kod pšenice i ječma problem pri primjeni konzervacijske obrade predstavljale su sijačice za direktnu sjetvu. No, taj je problem manje više uspješno riješen. Glede kukuruza, istraživanja su još daleko iza sjevernoameričkih, ali s dužnom pažnjom da se i u Europi njima pristupi integralno. Pod utjecajem dugogodišnje empirije šećerna repa smatra se usjevom koji traži duboku obradu. Učinjeni su, međutim, napor da se i tom usjevu pristupi u duhu suvremenih uzgojnih metoda. Najmanje je pokušaja introdukcije različitih oblika konzervacijske obrade tla od navedenih mjera učinjeno s krumpirom. Ti pokušaji pokazuju ipak pozitivan ishod.

Ključne riječi: konzervacijska obrada tla, ozima pšenica, ozimi ječam, kukuruz, šećerna repa, krumpir

ABSTRACT

Investigations into different forms of conservation tillage are in full swing for field crops. First, a short survey is given of some studies that treat these problems for field crops in general, and then the results of some investigations for wheat, barley, maize, sugar beet and potato are presented. A general conclusion is that positive results have been obtained in growing wheat, barley and maize, poorer results for sugar beet, while only some attempts have been made with potato, mainly in Norway. The problem in the application of

conservation tillage for wheat and barley were direct drills. However, this problem was more or less successfully solved. Investigations involving maize still lag far behind those in North America, but due attention is paid to applying an integral approach to them also in Europe. Influenced by long-time experience, sugar beet is regarded as a crop demanding deep ploughing. Attempts, however, have been made to treat this crop as well in keeping with modern production methods. The fewest attempts at introducing different forms of conservation tillage have been made with potato, and their results are positive.

Key words: conservation tillage, winter wheat, winter barley, maize, sugar beet, potato

UVOD

U posljednje vrijeme istraživanja različitih oblika konzervacijske obrade uzela su velikog maha. Spoznaje do kojih se došlo u ovim istraživanjima uvelike se koriste u praksi. No, kada je riječ o pojedinim kulturama, premoćan utjecaj imaju ekološke osobitosti određenog područja, često puta s većim naglaskom na tlu nego na klimi.

Neki istraživači pokušavaju već iznaći alternativni zero tillage sustav za žitarice u odnosu na, uvjetno rečeno, konvencionalnu direktnu sjetvu, koji podrazumijeva sjetvu omaške da se izbjegne mogućnost gaženja korištenjem teških strojeva (Pidgeon, 1979). Prinosi žitarica pri takvoj sjetvi bili su na razini direktne sjetve. Ta dva sustava stvaraju uvjete za racionalnije gospodarenje na težim tlima i u humidnijim sezonama. Djelotvornost konvencionalne obrade i direktne sjetve može značajnije alterirati u pogledu prinosa ozimih žitarica (pšenice i zobi) na nekarbonatnim glinastim tlima u ovisnosti o vremenskim prilikama (Cannel et al., 1980). U humidnim sezonama djelotvornost dušika više dolazi do izražaja pri plićoj obradi ili direktnoj sjetvi nego pri oranju. Međutim, koncentracija dušika u biljci smanjuje se nakon direktne sjetve, dok način obrade ne utječe na usvajanje fosfora i kalija, osim na težim tlima u vlažnim godinama, kada se usvajanje kalija smanjuje nakon direktne sjetve.

Djelotvornost načina obrade na rast i prinos ozimih žitarica na tlima na kojima treba dati prednost cijevnoj drenaži (stagnoglej) manja je od same cijevne drenaže (Canell et al., 1986). Drenaža poboljšava razvoj korijena i

ukupno usvajanje hraniva, ali ne i njihovu koncentraciju. Učinkovitost direktne sjetve u usporedbi s oranjem veća je u dreniranom od nedreniranog tla. U suhim godinama prinos se izjednačava.

Istražujući nekoliko alternativnih sustava obrade tla, Lumkes i Ouwerkerk (1980) utvrdili su pad prinosa korjenjača uzgajanih pri no — tillage sustava. Prinos žitarica mijenjao se, među ostalim, u ovisnosti o načinu obrade, ali i pretkulturi.

Na mogućnost simplifikacije obrade pri uzgoju krmnih kultura ukazuju Basch et al. (1987). Došli su do zaključka da je no-tillage sustav uz primjenu paraquata jednako djelotvoran kao i neke metode konvencionalne obrade tla.

Žitni plodoredi vrlo su pogodan sustav gospodarenja da se utvrdi vrijednost pojedinih oblika reducirane obrade tla, kako to proistječe iz rezultata koje su dobili Dzienia et al. (1988). Naime, plića obrada vodila je u pravcu jačeg zbijanja tla i jače zakorovljenosti (Dzienia et al. 1981, Dzienia i Karnas, 1982 i 1984). Prema istraživanjima Jablonskog et al. (1981) simplificirana obrada tla nije dovela do pada prinosa zobi, lupine i raži. Pogoršana je, međutim, kakvoća zobi, poboljšana kakvoća sjemena lupine, a raž se odnosila indiferentno u pogledu kakvoće.

Višegodišnja istraživanja s nekoliko oraničnih kultura u 4-godišnjem plodoredu pokazala su specifičnu reakciju svake pojedine kulture prema konvencionalnoj obradi i no-tillage sustavu (Frankinet et al., 1979 i 1984). Ozime žitarice relativno su manje više neovisne o sustavu obrade tla, dok je šećerna repa vrlo osjetljiva s izraženim pozitivnim djelovanjem dubinskog rahljenja. Direktna sjetva smanjila je prinos šećerne repe 20%, silažnog kukuruza 15% i ječma 12%, dok zob i ozima pšenica nisu bile pod utjecajem obrade. Prinos boba povećao se za oko 5% pri direktnoj sjetvi u usporedbi s oranjem. Zamjena dubokog oranja plitkim nije smanjila prinose. Povećane doze dušika korisno su djelovale na prinos kada se dubina obrade kretala ispod određenih vrijednosti. Rezultati provedenih istraživanja dalje pokazuju da je količina pristupačnih hraniva u oraničnom sloju ovisna o specifičnim uvjetima, osobito o sadržaju organske tvari, plodoredu i obradi tla (Droeven i Rixhon, 1983).

Ranija iskustva s direktnom sjetvom ozimih žitarica u Danskoj na pjeskovitim tlima i ilovačama su negativna, kako u pogledu visine prinosa, tako i zakorovljenosti (Rasmussen, 1982). Broj biljaka nakon direktne sjetve se

smanjuje, ali je i polijeganje manje u usporedbi s oranjem. Pšenica uzgajana pri direktnoj sjetvi vrlo je osjetljiva na zasićenost tla vodom. I prinosi jarih žitarica (ječma i pšenice) niži su pri direktnoj sjetvi nego oranju (Rasmussen, 1988), a nije ih moguće kompenzirati primjenom većih količina dušika.

Prema istraživanjima provedenim u Finskoj (Pitkämen et al., 1988) obradom tla bez pluga došlo je na nekim tipovima tala do smanjenja, a na nekim do povećanja prinosa jarih žitarica (pšenice, ječma i zobi). Pad je bio dijelom uvjetovan širenjem *Elymus repens* kada nije provedeno prskanje *glyphosatom*. Postojala je također tendencija pada prinosa u vlažnim godinama. *Elymus repens* smatra se glavnom preprekom koja onemogućuje sjetvu bez obrade plugom, osobito na lakim tlima. U sklopu reducirane obrade tla mogu se javiti problemi vezani sa slamom, čije rješenje se vidi u konstruiranju specijalnih strojeva, koji bi bili u stanju raditi u slami, pri čemu se najpogodnijim smatraju praškaste gline i glinasta tla.

Iskustva s direktnom sjetvom uljane repice, prema istraživanjima provedenim u Švedskoj, su pozitivna (Cedell, 1988). Najviši prinosi dobivaju se pri direktnoj sjetvi ako se slama spaljuje, neznatno više u odnosu na oranje ako se slama odstranjuje, a pri sjeckanju slame padaju ispod razine dobivene pri konvencionalnoj obradi.

U Norveškoj istraživanja s direktnom sjetvom protežu se na nekoliko vrsta Brassica: kupus, cvjetaču i uljanu repicu, kao i na žitarice (Ekeberg, 1987, Ekeberg i Riley, 1989). Žetveni ostaci ili su spaljeni ili odstranjeni s pokusne površine. S izuzetkom švedske repe u suhoj godini, koja je dala najveći prinos s reduciranom obradom, razlike u prinosu ostalih vrsta Brassica između konvencionalne obrade i direktne sjetve nisu se javile. Analogno su reagirale i žitarice (ječam, zob i pšenica), osim u suhim godinama kada je pri reduciranoj obradi došlo do pada prinosa. Pri reduciranoj obradi bilo je manje polijeganja, u slučaju ječma i najmanja vlaga u vrijeme žetve, te najveća hektolitarska masa zrna. Prema novijim istraživanjima prinos žitarica u velikoj mjeri ovisi o zakorovljenosti pirikom. Dolazilo je do njegovog pada ako je oranje izostavljeno, a s oranjem masa 1000 zrna ječma se povećavala. I istraživanja Markusa (1984) potvrđuju da pod utjecajem korova (*Elytrigia repens*) dolazi do pada prinosa ječma, zobi i pšenice. To potvrđuju i istraživanja Børresena (1987), što se može smatrati velikim nedostatkom direktne sjetve, iz čega proizlazi i potreba za obradom.

Općenito se može konstatirati da su na širem prostoru Europe postignuta pozitivna iskustva s uzgojem žitarica i nekih drugih ratarskih usjeva pri različitim oblicima konzervacijske obrade tla, a unutar nje i direktne sjetve.

U novije vrijeme izašla je iz tiska jedna međunarodna monografija koja konzervacijsku obradu tla razmatra u okviru umjerenih agroekosustava, gdje se konzervacijska obrada i najviše udomaćila. Autori te monografije znanstvenici su iz Europe, Sjeverne Amerike i Australije. Za nas su posebno zanimljivi radovi europskih znanstvenika (Riley et al., 1994, Dudley i Bruce, 1994, Ehlers i Clampon, 1994, Massé et al., 1994, Butorac, 1994, Christian i Ball, 1994). U nastavku se navode neki radovi po kulturama.

PŠENICA

Prvi pokusi s različitim oblicima konzervacijske obrade tla u Europi bili su opterećeni nekim, u to doba još neriješenim problemima tehničke prirode. Ponajprije nije se raspolagalo odgovarajućim sijačicama za direktnu sjetvu. Postojeće sijačice znatno su zaostajale za današnjim modernim rješenjima, pa je penetracija ulagača sjemena i pokrivanje sjemena bilo neadekvatno. Poseban problem predstavljali su korovi, osobito graminejski, jer je raspoloživih herbicida bilo znatno manje.

Uobičajena praksa dublje obrade u nekim istočnoeuropskim zemljama za pšenicu smatra se nužnom za postizanje viših i, što je još važnije, sigurnih prinosa, dok se pokusima nije potvrdilo da se visoki prinosi pšenice na nekim tipovima tala mogu postići i sasvim plitkom obradom (Popov et al., 1970). Slični primjeri mogli bi se navesti i za neke druge zemlje istočne Europe, uključujući i Hrvatsku (Butorac et al., 1981).

Prema istraživanjima Šimona (1979) u Čehoslovačkoj pokazalo se da je direktna sjetva prikladna za ozimu pšenicu nakon predusjeva povoljne agrotehničke vrijednosti na plodnim tlima, s izuzetkom humidnih područja. Međutim, pri sukcesivnom uzgoju žitarica direktna sjetva manje je prikladna od konvencionalne sjetve zbog pojačanog širenja korova i drugih negativnih utjecaja (bolesti, fizikalna svojstva tla itd.). Kasnija istraživanja u ovoj zemlji pokazala su gotovo potpuno izjednačenje u prinosu ozime pšenice i jarog ječma nakon konvencionalne obrade i direktne sjetve poslije leguminoznih predusjeva.

Istraživanja provedena u Švicarskoj s uzgojem ozime pšenice u monokulturi pokazala su da su negativni utjecaji monokulture došli više do izražaja pri oranju nego direktnoj sjetvi na tlu koje se ranije koristilo kao prirodna livada (Vez, 1979). Uslijedio je osobito jači napad *Cercospora herpotrichoides*. Pod utjecajem obrade došlo je do pada sadržaja humusa u tlu i stabilnosti agregata, dok je borba protiv korova bila uspješna čak i u uvjetima direktne sjetve u monoprodukciji pšenice. Daljnja istraživanja utjecaja obrade tla u kombinaciji sa zelenom gnojidbom ukazuju da se minimalna obrada može preporučiti pri sjetvi ozime pšenice nakon kukuruza i kukuruza nakon ozime pšenice na ilovasto glinastim tlima (Maillard i Vez, 1988).

Nešto niže prinose jare pšenice u uvjetima reducirane obrade tla u usporedbi s konvencionalnom dobio je Mikkola (1989) u Finskoj. Pri tome jesensko je oranje vrlo djelotvorno u suzbijanju korova koji se duboko zakorjenjuju, kao i prašenje strništa i primjena herbicida. Pri izostavljanju oranja ili proljetnom oranju znatno je otežana predsjetvena priprema tla, posebno zbog strni i slame. Ovi se nedostaci ne manifestiraju ako se provodi prašenje strništa.

U Rumunjskoj su stečena pozitivna iskustva s reduciranom obradom tla. Prema provedenim istraživanjima u uvjetima irigacije i bez irigacije pri različitim načinima obrade nisu se javile signifikantne razlike u prinosu pšenice, ali je došlo do jače infestacije korovima (Pintilie et al., 1976). Istraživanja su dalje pokazala da je moguće smanjiti dubinu obrade, zamjenjujući je površinskom obradom ili direktnom sjetvom, ovisno o potrebama pojedinih usjeva (Sin, 1987).

Pozitivne rezultate s uzgojem pšenice u uvjetima direktne sjetve dobili su istraživači u Francuskoj (Bodet et al., 1976, Boiffin et al., 1976 i dr).

Navedena istraživanja opravdaju primjenu različitih oblika konzervacijske obrade tla u uzgoju pšenice, shodno vladajućim ekološkim uvjetima.

JEČAM

Već krajem šezdesetih godina javljaju se opsežnija istraživanja s uzgojem ječma u monokulturi u uvjetima no-tillage sustava, s osobitim naglaskom na razvoju korijena i stabljike, pojavi i širenju nekih bolesti i utjecaju rastućih doza dušika na prinos (Holmes i Lockhart, 1970). Između različitih načina obrade tla (duboko i plitko oranje, oranje čizel plugom i direktna sjetva) nisu se javile

razlike u gustoći sklopa, ali jesu u pogledu visine biljaka. Biljke su bile najniže pri direktnoj sjetvi. Visina prinosa bila je u uskoj vezi s obradom, ali i gnojidbom dušikom. Najniži prinos postignut je pri direktnoj sjetvi s niskom dozom dušika, ali se izjednačio s ostalim načinima obrade kada je primijenjeno 150 kg/ha dušika. Na neobrađenom tlu razvoj korijena bio je ograničen zbog zbivanja ili nedovoljne aeracije, ali je primjena dušika popravila razvoj korijena i stabiljike ječma. Pojava *Ophyobolus graminis* bila je ograničena i neovisna o načinu obrade.

I danska istraživanja pokazala su da se na većini tipova tala u ovoj zemlji dubina obrade tla za ječam može smanjiti sa 20 do 25 cm na 10 do 12 cm (Hansen i Rasmussen, 1979, Rasmussen, 1984). Pri tome je poželjna sideracija na pjeskovitim tlima, koja, između ostalog, smanjuje ispiranje dušika. Na pjeskovito ilovastim tlima poželjno je oranje, budući da frezanje ili obrada tanjuračom smanjuje prinos ječma. Proizvođače ne zanima direktna sjetva jarog ječma. Pri prašenju strništa nakon kojega slijedi oranje gubici dušika ispiranjem iznose do 39 kg/ha, a na neobrađenom tlu do 17 kg/ha. Malčiranje slamom zajedno sa zelenom gnojidbom štiti dušik od ispiranja, tako da gubici ne prelaze 3 do 8 kg/ha. Pri reduciranoj obradi glavni uzrok smanjenja prinosa jest pojava *Rhynchosporium secalis*.

Istražujući utjecaj dva alternativna sustava minimalne obrade u usporedbi s direktnom sjetvom, reduciranom i konvencionalnom obradom u Škotskoj, Pidgeon (1980) zaključuje da nije došlo do signifikantnih razlika u prinosu jarog ječma između spomenutih načina obrade na pjeskovito-ilovastom tlu koje je klasificirano kao pogodno za konvencionalnu direktnu sjetvu, iako je upravo pri ovakvoj sjetvi došlo do pojačane kompakcije tla u proljeće, jer je vlažnost tla redovito blizu poljskog kapaciteta. K tome, mogućnosti direktne sjetve jarih žitarica znatno su ograničene u usporedbi s ozimim, što se objašnjava kraćim vegetacijskim razdobljem za razvoj korijenovog sustava. Sjetva širom na neobrađenom tlu, osobito pri manjem tlačenju tla, znatno umanjuje oba ova problema. Jare žitarice mogu se češće sijati ranije s manjom opasnosti od zbivanja tla. Ova tehnika znatno proširuje mogućnosti sjetve jarih žitarica s obzirom na klimu i tlo.

Istražujući tri različita načina obrade tla (direktnu sjetvu, obradu kultivatorom do 12,5 cm dubine i oranje do 20 cm) za jari ječam, Sharma (1985) je utvrdio da je volumna gustoća tla bila veća u slojevima od 0 do 5 i 5 do 10 cm pri direktnoj sjetvi. I napetost tla bila je također veća pri direktnoj

sjetvi do 22,8 cm dubine u usporedbi s oranjem i do 15,2 cm u usporedbi s kultiviranjem. Pa, premda pojedini načini obrade tla mogu utjecati na pojedine parametre tla i biljke, kao što su volumna gustoća, napetost tla, distribucija korijena i ekstrakcija vode iz različitih slojeva tla do razine statističke opravdanosti, stanje vode u jarom ječmu ostaje neizmijenjeno. I upravo nepromijenjeno stanje vode u biljci moglo bi biti razlogom za mali i nikakav utjecaj načina obrade na prinos zrna.

Prema istraživanjima četiriju različitih načina obrade tla za ozimi ječam u sjeveroistočnoj Škotskoj (normalno i plitko oranje, tanjuranje i obrada rotirajućom drljačom), Mackie - Dawson i Morrice (1988) zaključuju da obrada nije utjecala na konačni prinos zrna u trima izrazito različitim sezonama, te da na prinos nije utjecalo stanje tla u vrijeme sjetve, ali je normalno oranje omogućavalo bolji razvoj nadzemnih dijelova biljke tijekom većeg dijela vegetacije usjeva. Distribucija korijena odražavala je stanje napetosti tla, s time da je bila najpovoljnija pri oranju, a najlošija pri obradi rotirajućom drljačom. Pri normalnom oranju volumna gustoća bila je niža, porozitet viši, a napetost tla niža u usporedbi s plitkim oranjem, tanjuranjem i obradom rotirajućom drljačom.

Istražujući nekoliko načina obrade tla bez pluga za jari ječam nakon šećerne repe u Istočnoj Njemačkoj, Voegler et al. (1989) dobili su prinose na razini oranja na 20 cm uz znatnu uštedu energije. Gotovo analogne rezultate s jarim ječmom primjenom reducirane obrade tla u visoko intenzivnom žitnom plodoredu dobili su i Manersberger et al. (1989), uz vrlo značajno poboljšanje strukture i općenito fizikalnih svojstava tla.

Očito je da pri uzgoju ječma postoje mogućnosti korištenja široke lepeze različitih oblika konzervacijske obrade tla, koje imaju svoje ekonomsko, ekološko i agrotehničko opravdanje.

KUKURUZ

Među okopavinskim kulturama ovaj sustav obrade tla osobito je zanimljiv u uzgoju kukuruza. Razlozi su višestruki, a prvenstveno su uvjetovani osobinama ove kulture, njezinim ekološkim i agrotehničkim zahtjevima, ulogom i mjestom u plodoredu te agrotehničkom vrijednošću i privrednim značenjem. U arealima intenzivnog uzgoja kukuruza moglo bi se reći da je u provjeravanju učinkovitosti konzervacijske obrade tla najveća pozornost posvećena toj kulturi.

Ovdje treba tražiti i glavnu razliku između istraživanja provedenih na sjeveroameričkom kontinentu i u Europi. Za prva se može reći da su pionirska u svijetu i da ih karakterizira integralni pristup u rješavanju svih uzgojnih aspekata kukuruza. To se, barem za sada, ne bi moglo tvrditi za istraživanja provedena u Europi. Na njih se i daje samo kraći osvrt uz naglasak da kukuruz za dio europskih zemalja i nema veće značenje zbog ekoloških razloga, osobito ne kukuruz za zrno.

U Portugalu se započelo istraživanjima minimalne obrade s kukuruzom u uvjetima natapanja u okviru plodoreda sličnog norfolškom plodoredu nakon ozimog krmnog međuusjeva kojem je prethodila ozima pšenica (Azevedo, 1973). U Mađarskoj prema Kovātsu (1972) došlo je do povećanja prinosa kukuruza pri proljetnom tanjuranju uz izostavljeno jesensko oranje u usporedbi s direktnom sjetvom, posebno u suhim godinama. Ranija istraživanja u Rumunjskoj upućuju na povoljnije rezultate postignute s reduciranom obradom za pšenicu i ječam nego kukuruz i suncokret (Pintilie et al., 1979). Zamjena oranja tanjuranjem dovodi do smanjenja prinosa kukuruza direktno proporcionalno broju godina u kojima je oranje izostavljeno, pa autori zaključuju da je potrebno provesti oranje svake tri do četiri godine za kukuruz i korjenaste usjeve. Pri tri različita načina obrade tla (oranje, tanjuranje i frezanje) nisu se javile signifikantne razlike u prinosu kukuruza uzgojenog na izluženom černozeu (Pintilie et al., 1976). Autori naglašavaju mogućnost upotrebe freze za sjeckanje i unošenje biljnih rezidua u tlo, kao i hlapljivih herbicida. Zamjenom jesenskog oranja jesenskim i proljetnim tanjuranjem izrazito je smanjilo prinos kukuruza (Pintilie et al., 1971). I druga istraživanja provedena u Rumunjskoj ukazuju na pad prinosa kukuruza na izluženom černozeu u uvjetima reducirane obrade i primjene herbicida, osobito u prisutnosti korova rezistentnih na herbicide (*Sorghum*, *Cirsium*, *Digitaria*) ili manje osjetljivih kao što su *Setaria* i *Echinochloa* (Hulpoi et al., 1973). Infestacija korovima bila je jača kada je oranje bilo zamijenjeno primjenom herbicida ili površinskom obradom. Pri izostavljanju oranja povećala se volumna gustoća tla i smanjio porozitet. Iz svega iznijetog autori izvode zaključak da je pri uzgoju kukuruza neophodno oranje. Naše je, međutim, mišljenje da su s daljnjim napretkom tehnike sjetve i povećane učinkovitosti herbicida ovakva mišljenja i u Rumunjskoj dalje napredovala. To se nazire i iz nekih drugih radova ovdašnjih istraživača prema kojima su postignuti gotovo istovjetni prinosi kukuruza pri oranju, obradi čizelom, frezom i direktnoj sjetvi. Prednost se daje obradi čizelom, jer se troši manje goriva, jednostavan je za rad i lako ga se može

spajati s drugim tipovima aktivnih radnih organa (diskosne baterije), da bi se u jednom proходу obavilo više operacija.

Sturny i Meerstetter (1990) proveli su dvogodišnja istraživanja u Švicarskoj sa sjetvom silažnog kukuruza u malč koristeći u tu svrhu različite kulture - faceliju, jaru grahoricu, suncokret, sjeckanu raž i malč od raži s promjenljivim uspjehom u usporedbi s jesenskim oranjem. Posebna pažnja posvećena je iznalaženju odgovarajućih sijačica za sjetvu kukuruza (Sturny, 1988).

Istraživanja s direktnom sjetvom kukuruza u Francuskoj dosta su opširna. Navode se samo rezultati koje su postigli Boiffin et al. (1976). Oni pokazuju nešto niže prinose zrna kukuruza pri direktnoj sjetvi u usporedbi s oranjem i površinskom obradom tla.

Problemom reducirane odnosno konzervacijske obrade tla za kukuruz bavili su se u Hrvatskoj Butorac et al. (1976), Butorac et al. (1979, 1981), Butorac et al. (1986), Žugec (1984) i dr. Zajednička je karakteristika svih tih istraživanja da su ukazala na mogućnost simplifikacije osnovne obrade tla za kukuruz sve do njenog potpunog, ali ipak samo povremenog izostavljanja ovisno o ekološkim uvjetima, prvenstveno, dakako, svojstvima tla, tj. stupnju njegove stvarne, odnosno tehnološke plodnosti. Pri tome stanovito značenje može se pripisati i klimi, iako, istraživanja pokazuju, u smislu primjene konzervacijske obrade odlučujući je tip tla. Međutim, čini se da u našoj zemlji nisu još uvijek u dovoljnoj mjeri uspješno riješeni neki tehnički problemi vezani s direktnom sjetvom kukuruza. Među njima na prvo mjesto treba staviti osiguranje odgovarajućih sijačica, ali i drugog suvremenog oruđa za primjenu različitih oblika konzervacijske obrade tla za kukuruz u smislu njenog suvremenog poimanja prema američkim koncepcijama. Treba, naravno, riješiti i neke probleme fertilizacije od proizvodnje do primjene najpovoljnijih oblika mineralnih gnojiva i, što je posebno važno, u svijest proizvođača kukuruza "usaditi" potrebu modernijeg, suvremenog načina razmišljanja sukladno proizvodno - tehničkom i znanstvenom progresu i inovacijama.

ŠEĆERNA REPA

Istraživanja, a shodno tome, i iskustva s uzgojem šećerne repe u uvjetima konzervacijske obrade tla u Europi dosta su skromna. Razloga je takvom stanju svakako više. Kao bitni mogli bi se istaći velika zahtjevnost ove kulture u

pogledu bonitetne vrijednosti tla odnosno njegove plodnosti, te snažan i dubok korijen čija je penetracija kroz tlo vrlo otežana pri nepovoljnim fizikalnim svojstvima tla, osobito jače izraženoj volumnoj gustoći, odnosno kompakciji i napetosti tla. Sama činjenica da se obradom tla integralno zadire u fizikalni kompleks upućuje na logični zaključak da oni oblici konzervacijske obrade tla koji podrazumijevaju njenu potpunu negaciju, tj. no-tillage odnosno direktnu sjetvu u većine tala ne pružaju dovoljnu garanciju za uspješan uzgoj šećerne repe. Ipak, neka od dosadašnjih istraživanja pokazuju da je moguć, iako ograničeno, i takav uzgoj šećerne repe. To se prvenstveno odnosi na istraživanja u Švicarskoj (Maillard et al., 1990, Sturny i Meerstetter, 1989). U prvom slučaju sjetva šećerne repe provedena je u malč odnosno rezidue grahorice, facelije, suncokreta i bijele gorušice, tj. u usjeve vrlo osjetljive na mraz, uobičajenim sijačicama bez opasnosti od pada prinosa i kakvoće. Međutim, ovakav način uzgoja uvjetuje neke poteškoće u usporedbi s konvencionalnim oranjem u jesen. Stoga posebnu pažnju treba posvetiti izboru pokrovnog usjeva odnosno vrsti malča, pri čemu slama strnih žitarica daje najviše izgleda za uspješan uzgoj šećerne repe.

U drugom slučaju provedeno je komparativno istraživanje jesenskog i proljetnog oranja, sjetve pokrovnih usjeva s različitim načinima predsjetvene pripreme tla i direktne sjetve. Pokazalo se da je ovaj posljednji način uzgoja bio gotovo jednako uspješan, pa čak i bolji od ostalih uključujući, dakle, i konvencionalnu obradu.

Istraživanja provedena u Nizozemskoj (Bakermans i Vader, 1980) pokazala su da je kontinuirani no-tillage sistem manje pogodan za uzgoj korjenastih usjeva, posebno šećerne repe. Da bi se spriječilo slijeganje neobrađenog tla preporučljivo je pripremiti sjetveni sloj nakon korjenastih usjeva prije sjetve u golo tlo. Malčiranje i kemijsko suzbijanje korova u šećernoj repi izaziva mnogo problema. Usporen je na neki način razvoj šećerne repe, gubici pri vađenju repe su veći, a manji je i prinos šećera nego na obrađenom tlu. Kemijsko suzbijanje korova nije uspješno.

I naša vlastita istraživanja provedena na hipogleju, lesiviranom smeđem tlu i *lessivé* pseudogleju ukazuju na prednost dublje osnovne obrade tla za šećernu repu pred plićom, osobito izostavljanjem oranja (Butorac et al., 1981). Dubina oranja mogla bi se ograničiti na svim navedenim tipovima tala na 20 cm.

Čini se da pod utjecajem dugogodišnje empirije još uvijek postoji čvrsto uvjerenje da šećerna repa traži bez oklijevanja duboku osnovnu obradu tla. Njega je upravo zbog toga teško negirati. Nije, međutim, bez osnove i pretpostavka, na što posebno ukazuju istraživanja provedena u Švicarskoj, da je moguć i drugačiji pristup u uzgoju te kulture od tradicionalnog za kojeg moraju biti ispunjene i neke druge pretpostavke koje se danas ne koriste u dovoljnoj mjeri. One su prvenstveno vezane s osuvremenjivanjem uzgojnih metoda ove kulture koje, dakako, podrazumijevaju i primjenu konzervacijske obrade tla.

KRUMPIR

U usporedbi s nekim drugim oraničnim kulturama, kada je riječ o konzervacijskoj obradi tla, krumpir je privukao znatno manje pozornosti, iako se ova kultura uzgaja na cjelokupnom poljoprivrednom proizvodnom području Europe. Razlozi su svakako višestruki, u nekim područjima i sasvim specifični. Prema našem mišljenju kao glavni mogao bi se uzeti duboko tradicionalno uvriježeni specifični način uzgoja ove kulture. Sadnja gomolja krumpira u neobrađeno tlo je nepraktična. No, gomolji se mogu saditi s minimalnom obradom i uzgojem u plodoredu s drugim usjevima koji se direktno siju. Istraživanja ove vrste najprije su otpočela u Nizozemskoj u okviru šireg programa komparativnog testiranja konvencionalne obrade, no-tillage sustava i racionalne obrade kroz 4-godišnji plodored u kojeg su bile uključene ozima pšenica, krumpir, jari ječam i šećerna repa. Za krumpir se najlošijim pokazao no-tillage sistem, ponajprije zbog neuspješne borbe protiv korova. Prinos je iznosio 91 % prinosa dobivenog pri racionalnoj obradi sa smanjenom kakvoćom u pogledu veličine gomolja.

Pokusi provedeni u Norveškoj išli su u pravcu istraživanja reducirane obrade i direktne sadnje krumpira, te stanja nekih važnijih parametara fizikalne plodnosti tla (Ekeberg, 1987, 1988). U prvim istraživanjima uspoređivana je tradicionalna obrada s tanjuranjem provedenim u proljeće i sustavom no-tillage prije sadnje. Sadnja je provedena s 2-rednim strojem za sadnju, nakon čega su slijedila dva prohoda oruđa za pravljenje grebenova. No-tillage prije sadnje prouzročio je krupnije agregate, viši sadržaj vlage i pliću dubinu gomolja nego tradicionalna obrada. Postojala je pozitivna korelacija između manjka oborina u razdoblju lipanj - kolovoz i porasta prinosa samo za tanjuranje ($r = 0,81^{**}$) i no-tillage ($r = 0,76^{**}$) u odnosu na tradicionalnu obradu. Kada nije bilo nedostatka

vlage nije se javila razlika između sustava obrade tla, dok pri deficitu od 100 mm regresije su pokazale porast od 7,2 % samo s tanjuranjem i 3,5 % s no-tillage sustavom. Sadržaj suhe tvari u korijenu bio je 0,3 do 0,4% viši pri tradicionalnoj obradi nego pri samom tanjuranju ili no-tillage sustavu. Veličina gomolja i pojava nekih bolesti krumpira nije bila pod utjecajem provedenih tretiranja u pokusu.

U istraživanjima koja su uslijedila nakon ovih, direktna sadnja je u prosjeku dala isti prinos gomolja kao i tradicionalna obrada s oranjem, ali je uz to rezultirala znatno krupnijim agregatima, višom vlažnošću tla i nižim temperaturama tla. To je prouzročilo sporiji razvoj i sazrijevanje, s nižim sadržajem suhe tvari i većim udjelom krupnih gomolja u kasnih sorata. Vegetacijsko razdoblje ranih sorata produžio se pri direktnoj sadnji, dovodeći do viših prinosa nego pri tradicionalnoj obradi, kada je vađenje uslijedilo kasnije. Zamijećen je neznatan udio gomolja izloženih svjetlu (zeleno obojenih) pri bilo kojem načinu obrade.

Direktna sadnja dala je više prinose u suhim godinama od tradicionalne obrade, dok je u vlažnim godinama bilo obratno. Istraživači smatraju da je jeftinije i lakše provesti direktnu sadnju krumpira nego direktnu sjetvu žitarica, budući da u drugom slučaju treba koristiti specijalne sijačice, dok je sadnja gomolja moguća korištenjem kombiniranih strojeva za gnojidbu i sadnju, čija jednostavna modifikacija daje zadovoljavajući oblik grebena. Borba protiv korova moguća je na više načina: kemijski, mehanički, ručnim pljevljenjem ili njihovom kombiniranom primjenom. Pri direktnoj sadnji gomolji rastu u nezbijenom tlu, što je prednost. Manji je broj gomolja, ali su krupniji nego pri tradicionalnoj proljetnoj obradi. Jesenska obrada također povećava stvaranje gomolja. Smatra se da su razlike u fizikalnim svojstvima između sustava obrade razlogom ovih pojava.

Nisu nam poznati eventualni rezultati s uzgojem krumpira u okviru sustava konzervacijske obrade tla u nas, uključujući, dakako, i direktnu sadnju. Pobude za istraživanja ove vrste u nas svakako su višestruke - od značenja krumpira u narodnom gospodarstvu do svih onih koje s ekološkog, ekonomskog i agrotehničkog aspekta mogu opravdati primjenu konzervacijske obrade tla.

SUSTAVI KONZERVACIJSKE OBRADE TLA U EUROPI

Zaključna razmatranja

Uvažavajući činjenicu da se pojedini sustav obrade tla nalazi u funkciji ekoloških, bioloških, proizvodno-tehničkih i ekonomskih čimbenika, logički se lako može predstaviti da na širem području Europe postoje različiti sustavi obrade tla, odnosno da je gotovo nemoguće zamisliti, a kamoli realizirati jedan jedinstveni univerzalni sustav. U tom kontekstu treba prihvatiti i osnovni pristup pri razradi sustava konzervacijske obrade tla u Europi. Unutar ovog sustava moguće su njegove brojne varijante odnosno podvarijante, shodno njegovoj namjeni i čimbenicima u čijoj se funkciji nalazi čitav sustav. Upravo u vezi s ovom opće poznatom činjenicom prihvaćanje i daljnja evolucija konzervacijske obrade tla u Europi išla je u raznim pravcima, pa se čak u izvjesnom smislu može postaviti i određena razlika između pojedinih regija, ponajprije zapadne i istočne Europe, a u nešto većem opsegu i južne. Introdukcija sustava konzervacijske obrade tla pretpostavlja određene prirodne, razvojne, ekonomske i znanstvene pretpostavke, kako bi se maksimalno izbjegle moguće dileme. Naime, svaka je obrada tla u krajnjoj konsekvenciji umjetan i neprirodan zahvat. Stoga je pri razradi konzervacijske obrade tla nužno temeljito izučiti metodološke osnove teorije obrade tla koje proizlaze iz procesa pedogeneze i plodnosti tla uz puno uvažavanje zaštite tla od negativnih abiotskih i antropogenih utjecaja. Ako se mogućnost primjene sustava konzervacijske obrade tla promatra *pro futuro*, može se očekivati da će primjena pluga biti i u europskoj poljoprivredi stavljena na ozbiljnu kušnju, posebno na staništima na kojima već sada nema ograničenja za primjenu najrigoroznijeg oblika konzervacijske obrade, tj. no-tillage sustava. Stoga posebnu pozornost treba posvetiti objektivnoj procjeni pogodnosti tla za primjenu sustava konzervacijske obrade u kom je pogledu već razrađen veći broj funkcionalnih klasifikacija, koje prvenstveno uvažavaju stanišne čimbenike i zahtjeve usjeva.

Pri daljnjoj razradi sustava konzervacijske obrade tla u Europi treba uvažiti i sve specifičnosti njezine poljoprivrede koje se ogledaju u različitoj fizionomiji poljoprivredne proizvodnje. Promatrano, naime, ekološki, proizvodno područje Europe nalazi se u nekoliko zonobioma i, uže, unutar njih može se izdvojiti relativno veliki broj bioma unutar kojih je pak često puta u potpunosti zanemaren geomorski princip, što konzervacijskoj obradi tla daje još veće značenje. To posebno vrijedi za područja koja su izložena pretjeranoj eroziji, bilo vodom ili vjetrom. Pri tome posebno značenje pripada manipulaciji sa

žetvenim ostacima, malčiranju proizvodnih površina i sjetvi pokrovnog usjeva, odnosno primjenjivanim sustavima biljne proizvodnje, pa i "prometu" organske tvari u tlu.

Pri korištenju sustava konzervacijske obrade tla suzbijanje korova, pa i bolesti i štetnika poprima neke svoje specifičnosti. Pa, kako cijeli ovaj sustav treba promatrati i sa stajališta utroška energije i borbe protiv korova, pored agrotehničkih, podrazumijeva i neke energetske aspekte, budući da krajnju djelotvornost herbicida, kako agrotehničku, tako i ekonomsku treba vezati za utrošenu energiju.

Sa stajališta utjecaja na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla sustavi konzervacijske obrade tla trebali bi u pravilu dovesti do uspostavljanja ravnoteže pojedinih elemenata fizikalne, kemijske i biološke plodnosti tla, jer je to siguran znak da je uspostavljena potpuna ravnoteža svih stanišnih čimbenika, s jedne, i sustava biljne proizvodnje, s druge strane. Zapravo, moglo bi se tek onda reći da je odabran najfunkcionalniji sustav konzervacijske obrade tla kada je ta ravnoteža uspostavljena. Samim time takav će sustav imati svoje puno ekološko opravdanje.

I na kraju, shodno svojim morfološkim i biološkim osobinama, te zahtjevima u pogledu ekološke i fiziološke vrijednosti pojedinih vegetacijskih čimbenika važnije oranične (ratarske) kulture različito se u pojedinim regijama Europe odnose prema konzervacijskoj obradi tla. Reakcija nekih izrazito je pozitivna. U nekih je sasvim obrnuto, ali ima i onih koje su u tom pogledu intermedijarne. No, bilo bi pogrešno tu reakciju vezati isključivo za biljnu vrstu. Ona će, naime, u velikoj mjeri biti određena intenzitetom i konstelacijom pojedinih biofaktora. Zaključimo stoga s konstatacijom da na putu zaštite tla u užem smislu, te agrosfere u cjelini, konzervacijska obrada tla podrazumijeva nužno usavršavanje primjenjivanih oblika u tehnološkom i tehničkom smislu.

CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS IN EUROPE

Summary

In view of the fact that each tillage system is conditioned by ecological, biological, productional, technical and economic factors, it is logical to expect different tillage systems in the wide area of Europe, while one universal system seems almost unconceivable. It is along these lines that the application of conservation tillage systems in Europe should be approached. The system has a

number of variants and subvariants corresponding to the purpose and the factors governing its application. This is the reason for the divergence of the evolution of conservation tillage systems in Europe, which even leads to regional distinctions, notably between Western and Eastern Europe, further leading to regional distinctions, to a large degree in Southern Europe. To avoid possible dilemmas, introduction of conservation tillage should comply with particular natural, developmental, economic and scientific presuppositions. Namely, each soil tillage is, ultimately, an artificial and unnatural intervention. Therefore, when working out the most appropriate systems of conservation tillage, it is necessary to master the methodological basics of soil tillage theory originating from the process of pedogenesis and soil fertility, paying full attention to soil protection from adverse abiotic and anthropogenic effects. If the potential application of conservation tillage systems is considered *pro futuro*, the application of the plough will be put to severe test, especially on sites on which there are already no restrictions to the use of the most rigorous type of conservation tillage, that is the no-tillage system. Hence, special attention should be paid to objective estimation of the suitability of a soil for conservation tillage. For this purpose, a number of functional classifications have been made, which primarily regard the site factors and crop requirements.

Further working out of conservation tillage systems in Europe should take account of all the specific features of European agriculture that are reflected in the distinct character of its crop production. From the ecological point of view, the agricultural area of Europe extends over several zonobiomes, within which a relatively large number of biomes can be separated, where the geomorphic principle is frequently completely disregarded, thus giving even more importance to conservation tillage. This particularly applies to regions exposed to excessive erosion, either by water or by wind. Here, special importance is attached to the handling of plant residues, mulching of agricultural areas, and sowing of cover crops, as well as the plant production systems applied and the circulation of organic matter in the soil.

When conservation tillage is applied, also weed control and disease and pest management acquire some special characteristics. Since the whole system has to be considered from the aspect of energy consumption, there are, in addition to agrotechnical, also energetic sides to weed control, whose ultimate efficiency, both agrotechnical and economic, should be related to the energy consumed.

As regards their impact on the physical, chemical and biological properties of the soil, conservation tillage systems should, as a rule, lead to the balance of particular elements of the physical, chemical and biological soil fertility, since this indicates that full balance has been established of all the site factors, on the one side, and the system of plant production, on the other. Actually, it can be said that the functional conservation tillage system has been chosen, only when this balance is established. *Ipso facto*, such a system will be fully ecologically justified.

To conclude, in accordance with their morphological and biological properties, as well as their requirements regarding the ecological and physiological value of discrete vegetation factors, the major field crops in different parts of Europe respond differently to conservation tillage. The response of some crops is expressly positive. In contrast, some crops respond quite adversely, while there are those whose response is intermediary. However, it would be wrong to relate the response only to the plant species, for it will be greatly determined also by the intensity and constellation of particular biofactors. Thus, as the conclusion, it can be said that, for the protection of the soil, in the narrower sense, and the agro sphere as a whole, conservation tillage implies advancement of the practiced forms of tillage both in the technological and technical sense.

LITERATURA

- Azevedo, A.L.**, 1973. A densidade de povoamento e a produção do milho para grão, em sistema de mobilização mínima. An. do Inst. Sup. de Agr., 41-52.
- Bakermans, W.A.P. and Vader, C.**, 1980. Remarks on no-tillage cropping with and without root crops. In: Experience with three tillage systems on a marine loam soil. I: 1972. – 1975. AGR. RES. REP. 899, Wageningen, 85-89.
- Basch, G., Crvalho, M., Azevedo, A.L., Alpendre, P., Carolino, F., Figo, M.**, 1987. Produção de pastagens e forragens com tres tipos de mobilização do solo. Past. E forrag, 8 (1): 111 – 122.

- Bodet, J.M., Fourbet, J.F.**, 1976. Incidence de la simplification du travail du sol sur le devenir du phosphore et du potassium. Simplification du travail du sol en production cerealiere.
- Boiffin, J., Sebilotte, M., Couvreur, F.**, 1976. Incidence de la simplification du travail du sol sur l'élaboration des rendements du blé et du maïs. Simplification du travail du sol en production cerealiere.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.**, 1979. Interrelationship of soil tillage and fertilizing in growing main field crops on hypogley. Proc. 8th. Conf. ISTRO, Hohenheim, 2: 359 – 364.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.**, 1981. Efficiency of reduced and conventional soil tillage in interaction with mineral fertilizing in crop rotation winter wheat-sugar beet – maize on lessive pseudogley. Polj. znan. smotra, 54: 5-30.
- Butorac, A.**, 1994. Conservation Tillage in Eastern Europe. Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems, 357-374.
- Canell, R.Q., Christian, D.G. and Henderson, F.K.G.**, 1986. A study of mole drainage with simplified cultivation for autumn – sown crops on a clay soil. 4. A comparison of direct drilling and mould ploughing on drained and undrained land on root and shoot growth nutrient uptake and yield. Soil Till. Res., 7: 251-272.
- Canell, R.Q., Ellis, F.B., Christian, D.G., Graham, J.P. and Douglas, J.T.**, 1980. The growth and yield of winter cereal after drilling, shallow cultivation and ploughing on non - calcareous clay soils, 1974-8. J. agric. Sci., Camb., 94: 345-359.
- Cedell, T.**, 1988. Direktsådd av objeväkster. Rapporter från jordbearbetningsavdel – ningen, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 77: 138-147.
- Christian, D.G., Ball, B.C.**, 1994. Reduced Cultivation and Direct Drilling for Cereals in Great Britain. Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems, 117-140.

- Christov, A., Onchev, N., Tzvetkova, Elka,** 1982. Antierosion and agrotechnical efficiency of zero and subsurface basic tillage of different soil types. 9th Conf. ISTRO, Osijek, 91-96.
- Droeven, G. and Rixhon, L.,** 1983. Fertilizer, Soil and Crop Management – Evaluation of Long – Term Field Experiment. Agric. Res. Centre, Gembloux, Belgium, 273-289.
- Dzienia, S., Karnaś, Eleonora,** 1982. Wpływ różnych technologii uprawy roli i nawożenia mineralnego na zachwaszczenie roślin w czteropolowym zmianowaniu zbożowym. Cz. II. Owies, 74: 71-81.
- Dzienia, S., Karnaś, Eleonora,** 1984. Żito ozime. 106: 17-28.
- Dzienia, S., Kusz, J., Karanaś, Irena,** 1981. Wpływ różnych technologii uprawy roli i nawożenia mineralnego na zachwaszczenie roślin w czteropolowym zmianowaniu zbożowym. Cz. I Jeczmierni jary. Zeszyty nauk. akad. rol. w Szczecinie, 88: 35-44.
- Ehlers, W., Claupein, W.,** 1994. Approaches Toward Conservation Tillage in Germany. Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems, 141-165.
- Ekeberg, E.,** 1987. Reduced tillage on loam soil III. Brassica crops. Norsk landbruksforskning 1: 15-21.
- Ekeberg, E.,** 1987. Reduced tillage on loam soil. II. Potato. Norsk landbruksforskning 1:7-14.
- Ekeberg, E.,** 1988. Direct planting of potato. Proc. 11th Conf. ISTRO, Edinburgh, 2: 643 – 647.
- Ekeberg, E., Riley, H.,** 1989. Ploughless tillage in large – scale trials. I. Yields, grain quality and couch grass. Norsk landbruksforskning 3:97-105.
- Frankinet, M., Rixhon, L. and Crohain, A.,** 1979. Tillage or no - tillage, depth of ploughing, consequences on yields. Proc. 8th Conf. ISTRO, Hohenheim, 1: 45-50.

- Frankinet, M., Rixhon, L., Grevy, L.,** 1984. Travail du sol et productions végétales. Station de Phytotechnic chemin de Liroux, Gembloux, 1-11.
- Hansen, L.,** 1979. Reduced cultivation for spring barley in Denmark. Proc. 8th Conf. ISTRO, Hohenheim, 2:205-210.
- Holmes, J.C., Lockhart, D.A.S.,** 1970. Cultivations in relation to continuous barley growing I. Crop growth and development. The Proc. Inter. Conf., Silsoe, pp. 46-57.
- Jabłoński, B., Miklaszewski, S., Radomska, Maria, Szulinak, Grażyna, Zielinska, Danuta, Gandecki, R.,** 1981. Porównanie różnych uproszczeń uprawy roli przy dwóch poziomach nawożenia w czteroletnim zmianowaniu na glebach lekkich. II. Wpływ uproszczonej uprawy na jakość planu owsa, łupinu i żytu. Zeszyty nauk. akad. rol. we Wrocławiu, 130: 143-149.
- Lumkas, L.M. and Ouwerkerk, C. van,** 1980. Crop response. In: Experience with tree tillage systems on a marine loam soil. I: 1972-1975. Agr. Res. Rep. 899, Wageningen, 51-76.
- Mackie–Dawson, L.A. and Morrice, L.A.F.,** 1988. The effect of cultivation on the growth and development of winter barley. Proc. 11th Inter. Conf. ISTRO, Edinburgh, 2: 751-756.
- Maillard, A. and Vez, A.,** 1988. Interaction between soil tillage and green manuring in a winter wheat – maize crop rotation. Proc. 11th Inter. Conf. ISTRO, Edinburgh, 2:757-762.
- Maillard, A., Vullioud, P., Sturny, W.G.,** 1990. Semis sous litière de la betterave sucrière dans des engrais verts non hivernants: II. Difficultés de cette technique et solutions. Revue suisse Agric. 22 (1):11-16.
- Manersberger, V., Graul, W., Butzert, R.,** 1989. Reduzierte Bodenbearbeitung zu Sommergergerste in intensiven Getreidefruchtfolgen. Feld wirtschaft 8:357-359.

- Massé, J. Boisgontier, D. Bodet, J.M., Gillet, J. P.,** 1994. Feasibility of Minimum Tillage Practices for Annual Cropping Systems in France. Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems, 167-179.
- Mikkola, H.,** 1989. Effects of autumn ploughing and different reduced tillage methods on yield and quality of spring wheat 1975-1988. State Res. Inst. of Engin. In Agriculture and Forestry, 1-32.
- Pidgeon, J.D.,** 1979. Preliminary experiments with alternative zero tillage systems for cereals. Proc. 8th Conf. ISTRO, Hohenheim, 1:179-184.
- Pidgeon, J.D.,** 1981. A preliminary study of minimum tillage systems (including broadcasting) for spring barley in Scotland. Soil Till. Res., 1:139-151.
- Pintilie, C., Sin, Gh., și Damian, L.,** 1971. Influenta lucrărilor superficiale și adinci ale solului porumb. An. I.C.C.C.P.T., 37: 221-225.
- Pintilie, C., Sin, Gh., Arfire, Ana, Nicolae, H., Bondarev, I., Ionescu, Fl., Timirgaziu, Elisa, și Les, Maricica,** 1979. Lucrarila minime ale solului si perspectiva lor in Romania. Probleme de agrofitotehnie teoretică și aplicata, 1: 97-116.
- Pintilie, C., Sin, Gh., Nicolae, H. și Sandu, Fl.,** 1976. Rezultate experimentale privind influenta lucrării cu freza asupra insusirilor fizice ale solului si a productiei de porumb in condiții da irigare la Fundulea. An. I.C.C.C.P.T., 41: 155-159.
- Pitkänen, J., Elonen, P., Kangasmäki, Köylijärvi, J., Talvitie, H., Virri, K., Vuorinen, M.,** 1988. Effects of ploughless tillage on yield and quality of cereals: results after six years. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 21: 1-59.
- Popov, P., Vanchev, N., Simeonov, B., Petrova, M., Manov, B. and Kovachev, V.,** 1970. Investigations on the depth of tillage for winter wheat. Dokl. mezđ. soveščanija "Problemi obrabotki počvi", 1968., Varna, pp: 243-253.

- Rasmussen, K.J.**, 1982. Soil tillage systems for winter cereals. *Saertryk af Tidsskrift for Planteavl* 86:531-541.
- Rasmussen, K.J.**, 1984. Methods of soil tillage for spring barley on coarse sandy soils. *Saertryk af Tidsskrift for Planteavl* 88: 443-452.
- Rasmussen, K.J.**, 1988. Ploughing, direct drilling and reduced cultivation for cereals. *Saertryk af Tidsskrift for Planteavl* 92: 233-248.
- Riley, H., Borresen, T., Ekeberg, E., Rydberg, T.** 1994. Trends in Reduced Tillage Research and Practice in Skandinavia. *Conservation tillage in Temperate Agroecosystems*, 23-45.
- Sharma, R.B.**, 1985. Plant – water relations, crop growth and grain yield of spring barley in relation to tillage methods. *Soil Till. Res.*, 6: 111-121.
- Sin, Gh.**, 1987. Cercetări privind asolamentale, lucrările solului și tehnologia semănat *An. I.C.C.C.P.T.*, 55: 317-343.
- Sturny, W.G.**, 1988. Pfluglose Bestellverfahren im Maisanbau – ein Überblick mitt. für die Schweiz. *Landwirt*, 1/2: 66-73.
- Sturny, W.G., Meerstetter, A.**, 1989., Konservierende Bodendearbeitung und Mulchsaat im Zuckerrübenbau – ein Bestandteil integrierter Produktion. *FAT - Berichte*, 363: 1-12.
- Sturny, W.G., Meerstetter, A.**, 1990. Mulchsaat von Mais in Gründungsbestände. *FAT – Berichte*, 376: 1-11.
- Šimon, J.** 1979. No-tillage system in crop rotation sugar beet – winter wheat – spring barely. *Proc. 8th Conf. ISTRO, Hohenheim*, 2: 211-216.
- Vez, A.**, 1979. Soil tillage in a long term wheat monoculture. *Proc. 8th Conf. ISTRO, Hohenheim*, 2: 263_269.
- Voegler, W., Noatsch, F., Bosse, O., Christoph, H., Graul, W., Otto, R., Hofmann, B., Landmann, R.**, 1989. Anwendung der pfluglosen Grundbodenbearbeitung zu Sommergerste nach Zuckereüben. *Feldwirtschaft*, 8:539-361.

Žugec, I., The effect of reduced soil tillage on maize (*Zea mays* L.) grain yield in eastern Croatia. *Soil Till. Res.*, 7: 19-28.

xxxx. 1989. Vorträge analáslich der wissenschaftlichen Tagung des Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit. Münchenberg vom 26. Bis 29. Juni 1989.

Adresa autora – Author's addresses

Prof.dr.sc. Anđelko Butorac
Grge Novaka 5
10 000 Zagreb, Croatia

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

Primljeno – Received: 20. 12. 2006.

