

**PREGLED ISTRAŽIVANJA PROFESORA M. GRAČANINA U
FIZICI TLA I DANAŠNJE STANJE ZNANOSTI NA TOM
PODRUČJU**

**REVIEW OF INVESTIGATIONS BY PROFESSOR M. GRAČANIN
IN SOIL PHYSICS AND PRESENT STATUS OF SCIENCE IN
THIS FIELD**

Z. Racz

UVOD

Znanstveno-istraživački opus prof. M. Gračanina vrlo je bogat te pored ostalog, obuhvaća i više značajnih radova iz područja fizike tla. Osim pedologije i ishrane bilja, predavao je mehaničku obradu tla na Poljoprivrednom fakultetu, pa se opravdano smatra utemeljiteljem agrikulturne mehanike tla u Hrvatskoj. Osim toga, prema raspoloživim podacima predavao je tehničku pedologiju u Geodetskom i Melioracijskom odsjeku bivšeg Tehničkog fakulteta.

Nastavljajući tu tradiciju, nastavnici i suradnici Zavoda za pedologiju aktivno sudjeluju u brojnim istraživanjima i predaju više predmeta iz šireg područja pedologije u matičnom fakultetu, zatim u Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku i u građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu i u Osijeku.

Rad je posvećen uspomeni na pokojnog prof. Gračanina i u njemu se ukratko osvrćem na bit i značenje njegovih istraživanja u fizici tla. U drugom dijelu izložit ću nekoliko aktualnih pitanja kojima se danas bave istraživači u svijetu i kod nas u fizici tla i primijenjenoj pedologiji za hidrotehničke i agrotehničke potrebe.

**OBUHVAĆENA PROBLEMATIKA I ZNANSTVENI DOPRINOS
M. GRAČANINA U FIZICI TLA**

U popisu literature kronološki su navedeni svi dostupni radovi M. Gračanina iz fizike tla koji se nalaze u knjižnici Zavoda za pedologiju ili su pohranjeni zajedno sa ostalim knjigama koje je pokojni profesor poklonio Višoj poljoprivrednoj školi u Križevcima. Zajedno s njima navedeni su udžbenici i priručnici, radi cjelovitosti pregleda.

U popisu literature navedeno je 19 radova prof. Gračanina koji se odnose na fiziku tla. Prvi je objavljen 1931. god. i odnosi se na aparaturu za određivanje glinenih čestica pipet-metodom. Zadnji je naveden udžbenik iz ekologije bilja koji su zajednički objavili M. Gračanin i Lj. Ilijanić 1977. god. i u kojem je još jedanput sustavno obrađeno ekološko značenje fizikalnih i ostalih svojstava tla.

U spomenutim radovima obuhvaćeni su:

- šira problematika elementarnog mehaničkog sastava i teksture tla (kategorizacija čestica po veličini, postupci određivanja i klasifikacije tala po teksturi te posebno skeletnih tala),

- struktura tla (definicija, tvorba, podjela i određivanje stabilnosti makro i mikroagregata),

- voda u tlu (oblici, vrste i određivanje retencijskog kapaciteta tla za vodu, inertna i fiziološki aktivna voda i kretanje vode u tlu), te

- kapacitet i promjene trenutnog sadržaja zraka u tlu.

Slijedi kraći prikaz spomenutih istraživanja.

Tekstura tla

Određivanje i klasifikacija teksture tla te sedimentnih stijena zaokupljaju pozornost pedologa i ostalih stručnjaka iz geoloških i tehničkih znanosti duže vrijeme. Ne ulazeći u detalje, treba napomenuti da su metoda elutacije i aparat prema Kopeckom korišteni kod nas već na početku ovog stoljeća (Šandor, 1911).

Osim toga, naši su stručnjaci sudjelovali u prvim komparativnim istraživanjima pripreme uzoraka tla za mehaničku analizu europskih zemalja koji su kasnije razmatrani na međunarodnim konferencijama i kongresima (Seiwerth, 1926. i 1927. te Gračanin, 1932).

Prije drugoga svjetskog rata kod nas su se najčešće upotrebljavali kombinirani postupci laboratorijskih određivanja mehaničkog sastava tla prema Kopeckom, Novaku i Gračaninu te klasifikacija teksture prema Gračaninu. Osnovna kategorizacija čestica provedena je prema Schöneu i Kopeckom koje su se tada najviše primjenjivale u srednjoj Europi.

Bitno je međutim istaknuti da je Gračanin uvođenjem pipet-metode i određivanjem glinastih čestica manjih od 0,002 mm promjera znatno unaprijedio ranije postupke čeških autora. Time je ujedno omogućena komparacija podataka s međunarodnom Atterbergovom podjelom čestica koja je službeno prihvaćena na II. kongresu Pedološkog društva 1930. god. u Moskvi. Osim toga, korišten je Vagelerov postupak određivanja stabilnosti mikrostrukturnih agregata na temelju količinskih odnosa glinastih čestica koje su dobivene različitim postupcima

pripreme uzoraka tla za mehaničku analizu s peptizatorom i bez peptizatora.

Međutim, kod nas je manje poznato da se sadržaj čestica manjih od 0,01 mm promjera prema Kopeckom još uvijek koristi za određivanje razmaka drenskih cijevi u Češkoj i Slovačkoj, dok se stabilnost mikroagregata prema Vageleru koristi za procjenu pogodnosti tala prilikom agrotehničkih zahvata dubinskog prorahljivanja u Njemačkoj (DVWK, 1985; Chour, 1988).

Nakon drugoga svjetskog rata u Hrvatskoj i bivšoj Jugoslaviji postupno se uvodi međunarodna podjela čestica i Tommerupova klasifikacija tala po teksturi. Sada se najčešće upotrebljava kombinirana međunarodna i američka podjela čestica po veličini, zatim američka klasifikacija sitnog tla i Gračaninova klasifikacija skeletnih tala (Racz 1971; Popovski i Racz, 1976).

Posebnu problematiku predstavljaju interpretacije podataka mehaničkog sastava tla za meliorativne i druge potrebe, o čemu će biti više riječi u idućem poglavlju.

Struktura tla

Gračaninova istraživanja strukture tla pobudila su veliko zanimanje na IV. međunarodnom kongresu znanosti o tlu koji je održan 1950. god. u Amsterdamu. Naime, relativno brzo nakon toga Gračanin je ponovno podnio referat o strukturi tla na Međunarodnom simpoziju održanom 1952. god. u Bruxellesu, na kome su razmatrana prioritetna pitanja iz fizike tla.

Spomenuta istraživanja odlikuju se preciznim definicijama osnovnih pojmova o strukturi tla i načinu tvorbe makro i mikroagregata te njihovoj podjeli po obliku i veličini. Ona se još uvijek primjenjuju u pedološkoj praksi Hrvatske zajedno s određivanjima stabilnosti makro i mikroagregata (Škorić, 1982. i 1991).

Kompleksnija istraživanja stabilnosti agregata za različite potrebe opisana su u Priručniku za istraživanja fizikalnih svojstva tla (JDPZ, 1971). Osim toga, u našim istraživanjima pokorice tla primijenili smo skanerski elektronski mikroskop i određivanje stabilnosti agregata pod utjecajem umjetne kiše i različitih pritisaka vode (Racz 1985).

Treba podsjetiti da struktura tla ima veliko značenje za biljnu proizvodnju, jer povoljna struktura može do određenog stupnja korigirati nepovoljni mehanički sastav tla i na taj način osigurati povoljne vodno-zračne prilike u tlu, zatim toplinska svojstva te normalan rast i razvoj biljnog korijena. Ostala pitanja mikro-morfoloških svojstava tla ovdje su izostavljena.

Ravnotežna stanja i kretanje vode u tlu

Najvažniji radovi prof. M. Gračanina o problematici vode u tlu objavljeni su 1965. i 1972. god. pod naslovima:

- Ekološka ocjena vrijednosti retencionog kapaciteta tla za vodu i
- K pojmu i određivanju "kritične vlažnosti" tla.

Povezano s diskusijom o poljskom kapacitetu za vodu i općenito o tzv. vodno-fizičkim konstantama tla, u prvom radu su objašnjene razlike između retencijskog kapaciteta niskog stupca tla, kakvi se dobiju pomoću cilindra Kopeckog, i vododržnosti visokih kolona. Pri tome su utvrđene veće razlike u teksturno lakšim tlima zbog naknadnog ocjeđivanja vode. Međutim, retencijski kapacitet visokog stupca tla pruža najpovoljniju sliku vododržnosti čitavog ekološkog stupa u kome se retencijski kapacitet postiže kapilarnim zasićenjem u tijeku 3 dana. Približna visina takvog stupca tla iznosi od 30 - 120 cm.

U drugom radu razmatra se pitanje fiziološki aktivne vlage, pri čemu Gračanin razlikuje kapacitet inertne vlage i kritičnu vlažnost tla za rast pojedinih kultura u poljskim uvjetima.

Za određivanje inertne vlage tla postoji više postupaka koji su detaljnije objašnjeni u jednom od ranijih Gračaninovih radova iz 1957. god. Taj rad je citiran u popisu literature, ali ga nije potrebno posebno komentirati.

Svoje mišljenje o tim pitanjima navodim u daljnjem tekstu na temelju opsežnih laboratorijskih i terenskih istraživanja koja sam proveo proteklih godina (Racz, 1972, 1974, 1976, 1981).

a) **Određivanje poljskog kapaciteta tla za vodu**, ili skraćeno, PKv može se uspješno provesti samo u homogenim, propusnim i teksturno laganijim tlima. Određivanje PKv obično se kombinira s određivanjima infiltracije i filtracije na istim lokalitetima.

b) **Vrijednosti PKv odgovaraju tenziji vlage od 60-300 cm visine kapilarnog stupca vode ili pF od 1,8 -2,5**. To ovisi o količini i rasporedu tzv. brzodrenirajućih i sporodrenirajućih pora u tlu. Odnosno kod pF 1,8 još uvijek su potpuno zasićene sporodrenirajuće pore promjera od 50-10 μm .

Unutar toga raspona kreću se i vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu prema Gračaninu i Novaku, čiji sam postupak također koristio u svojim istraživanjima.

c) **Za inertnu vlagu** uzeto je ravnotežno stanje tla i vode koje se postiže kod 15 bara pozitivnog pritiska prema Richardsovu postupku i s uzorcima tla u porušenom stanju.

Prilikom detaljnih hidropedoloških istraživanja preporučuje se određivanje

potpune pF krivulje. Pri tome se najčešće koristi Richardsov i Stakmanov kombinirani postupak (1974).

d) **U pogledu fiziološki aktivne i tzv. optimalne vlažnosti tla** priklonio sam se koncepcijama Gračanina i onih istraživača koji tu problematiku promatraju sa šireg, ekološkog stajališta, tj. u sklopu cjelovitog energetskog sustava što ga zajedno čine tlo, biljka i atmosfera.

Međutim, kao donji limit za **tehničke potrebe navodnjavanja** najčešće se uzima 50% fiziološki aktivne vlage (Czeratzki, 1964; Vlahinić i Muftić, 1972). Prema Chouru (1988), spomenute količine fiziološki aktivne vlage energetski odgovaraju 1/3 slabije vezane i pokretljivije vode u srednje teškim tlima.

DANAŠNJE STANJE ISTRAŽIVANJA U FIZICI TLA

U ranijem osvrtu na stanje fizike tla u bivšoj Jugoslaviji konstatirano je da zaostajemo za svijetom, što se, nažalost, nastavlja (Racz, 1984). Trenutna situacija je otežana ratom koji je nametnut Hrvatskoj, s ogromnim ljudskim žrtvama i materijalnim štetama. U ratu su potpuno stradala ili su još uvijek pod okupacijom pokusna polja na melioriranim tlima u istočnoj Slavoniji i Baranji koja su kompletirana neposredno prije rata. Kako se u fizici tla ne može bez eksperimentalnoga rada, sretni smo što su usprkos velikim poteškoćama obnovljena stacionarna praćenja dinamike vlage, podzemnih voda i istjecanja vode iz drenskih cijevi u Podravini. To možemo zahvaliti prije svega stručnjacima Hrvatske vodoprivrede i poljoprivrednih kombinata u Donjem Miholjcu, Našicama i Podravskoj Slatini koji su osigurali stručnu i financijsku pomoć.

Nadamo se da će se uskoro obnoviti istraživanja u Kutjevu i Šašnoj Gredi nedaleko Siska, dok je u Mahovu na području Črnc-polja bilo samo manjih zastoja (Racz, 1989, Vidaček 1991. te Dropulićev i Puvačev izvještaj u okviru znanstvenog projekta i kolektivnog izvještaja za 1991. god.).

Slijedi kraći pregled istraživanja u agrikulturnoj mehanici tla, zatim o vertičnim tlima i eroziji tla na čemu je dosta učinjeno u zadnje vrijeme.

Dinamička svojstva i promjene volumena u vertičnim tlima

Agrikulturna mehanika tla bavi se istraživanjima mehaničkih ili, točnije, dinamičkih svojstava tla koja dolaze do izražaja prilikom obrade i transporta na oranicama ovisno o njegovoj čvrstoći.

Istraživanja se provode u suradnji sa Zavodom za geotehniku Instituta za građevinarstvo Hrvatske, orijentacijski od 1980. god. Neposredni povod za to bilo

je otvaranje Odsjeka mehanizacije poljoprivrede u Agronomskom fakultetu u Zagrebu čijim je studentima, osim klasične fizike tla, trebalo pružiti i dodatna znanja o mehanici tla. U popisu literature navedeni su značajniji radovi i udžbenik iz agrikulture mehanike (Racz i Novosel, 1984. i 1988, Racz, 1986, te Novosel et al., 1992).

Paralelno s tim proširena su istraživanja konzistencije i mehaničkih svojstava tla na nova područja hidromelioracije i agromelioracija, te naročito vertičnih tala (Butorac i Racz, 1987; Bogunović 1988, i Bogunović et al., 1991).

U spomenutim istraživanjima prihvaćene su nove koncepcije francuskih autora o fizičkoj plodnosti tla čije glavne komponente čini... "veća ili manja sposobnost regeneracije i što dužeg održavanja povoljne strukture i ostalih fizikalnih svojstava tla, nakon provedenih agrotehničkih mjera..." (Boiffin i Monnier, 1982).

Pojam strukture tla također je proširen i uključuje čvrstoću i stabilnost agregata ili, drugim riječima, sva ona fizikalna i mehanička svojstva tla koja određuju ponašanje tla pri obradi, zatim erodibilnost i nosivost tla prilikom kretanja poljoprivrednih strojeva na oranici.

U međuvremenu je održan sastanak specijalista iz pedofizike i mehanike tla 1986. u Hannoveru, čiji su radovi naknadno objavljeni (Drescher et al., 1988). Na tome, kao i na zadnjem sastanku Komisije za fiziku tla održanom za vrijeme XIV. kongresa Međunarodnog pedološkog društva 1990. u Kyotu, dominirali su problemi degradacije strukture i prekomjerne zbijenosti tla, koji mogu znatno utjecati na visinu i kvalitetu prinosa ratarskih i drugih kultura (ISSS, 1990).

Potrebno je spomenuti još i značajan napredak istraživanja na području reologije tla, pomoću koje ruski autori objašnjavaju koloidno-kemijske procese tvorbe mikrostrukturnih agregata i međusobne odnose retencije vlage s naprezanjima i deformacijama tla (Gorbunov i Abrukova, 1974, Voronin, 1982. i 1990).

Prva istraživanja **promjena volumena tla** do kojih dolazi zbog bubrenja i kontrakcije zajedno s promjenama vlažnosti tla potječu od Heinesa i Keena iz tridesetih godina ovoga stoljeća (citirano prema Marshallu i Holmsu, 1988). Odgovarajuća istraživanja proveo je kod nas Gračanin u poznatom radu o genezi džomba odnosno teksturno težih hidromorfnih tala (1941). Opisani mikroreljef džomba i unutarnje pedoturbacije odgovaraju današnjim pojmovima i karakteristikama vertičnih tala koja je u Hrvatskoj detaljno istražio Bugunović primjenjujući mikromorfološka i ostala pedofizikalna istraživanja tla (ibid).

Promjene volumena tla najlaganije se određuju postupnim sušenjem i kontrakcijom neporemećenih uzoraka tla prvo na zraku, a zatim na 60 i 105 °C u termostatu. Spomenuta se istraživanja najčešće provode paralelno s određivanjem retencijskog kapaciteta tla za vodu u cilindrima zapremnine 100 cm³. Prilikom

naknadnog sušenja provode se mjerenja promjene visine i promjera uzoraka tla te promjene težine tla.

Na temelju tih podataka obračunavaju se i grafički prikazuju međusobni odnosi koeficijenta poroznosti i koeficijenta vlažnosti tla prema Bronswijku (1988). Koeficijent poroznosti (e) definiran je kao V_v/V_s i češće se primjenjuje u mehanici tla. Koeficijent vlažnosti (σ) odgovara V_w/V_s , a obračunava se prema formuli $\theta(1+e)$, tj. vlažnosti tla u volumnim jedinicama i koeficijenta pora.

Erozija tla

U pedologiji se erozija najčešće tretira kao površinski proces migracije tla, odnosno proces spiranja čvrstih čestica i otopljenih tvari prilikom otjecanja površinskih voda niz padinu ili odnošenja tla vjetrom (eolska erozija). Osim toga, razlikuje se prirodna ili normalna erozija koja je u stanovitoj ravnoteži s ostalim procesima tvorbe tla, od ubrzane ili antropogene erozije.

Globalno značenje erozije najbolje ilustriraju podaci Oldemana et al. (1992), prema kojima je erozijom vodom u svijetu zahvaćeno 55,7% površina, erozijom vjetrom 27,9%, kemijskim polucijama 12,2% i pogoršanjem ostalih fizikalnih svojstava tla 4,2% površina.

Hrvatska je, pored toga, znatno zahvaćena specifičnom krškom erozijom na terenima koji su izgrađeni od vapnenca i dolomita u središnjem planinskom i priobalnom području. Odatle je ekološko značenje erozije, kojim se u zadnje vrijeme bavimo, također povezano sa zaštitom tla i voda (Ćirić, 1987; Bašić et al., 1992; Bašić, 1992; Racz et al. 1992).

Ostajući u okvirima fizike tla, zadržat ćemo se ukratko samo na tzv. univerzalnoj američkoj jednadžbi za procjenu količine tla koja se odnosi s golih i obradivih površina. U spomenutoj formuli ključne parametre za procjenu erodibilnosti tla predstavljaju mehanički sastav, propusnost tla za vodu i sadržaj humusa, pored intenziteta kiše, konfiguracije padine, pokrivenosti tla vegetacijom, te agrotehničkih i ostalih primijenjenih mjera zaštite.

To su tzv. K vrijednosti koje, prema našim istraživanjima, iznose 0,51 - 0,75 u središnjoj flišnoj zoni Istre, koja je najjače zahvaćena erozijom u Hrvatskoj. Na temelju tih i ostalih parametara, količine erodiranog materijala iznose od 40 do 75 t/ha. Premda se radi o vrlo visokim vrijednostima, one su, prema svemu sudeći, ipak realne, jer su do podjednakih podataka došli i talijanski stručnjaci na sličnim terenima u središnjem dijelu Apenina nedaleko Bologne.

ZAVRŠNE NAPOMENE

Iako je na području fizike tla učinjeno relativno mnogo u tijeku zadnjih godina, u usporedbi s razvijenim svijetom zaostajemo zbog manjeg broja angažiranih stručnjaka i posebno mlađih ljudi u tim istraživanjima. Osim toga, često nam nedostaju novčana sredstva za nabavu adekvatne opreme, terenskog vozila, stručne literature, te naročito za organiziranje trajnih pokusnih ploha.

Pretpostavljamo da se sa sličnim poteškoćama susretao i prof. Gračanin prije i nakon drugoga svjetskog rata nastojeći to nadoknaditi održavanjem brojnih međunarodnih veza. Zbog toga i mi težimo međunarodnoj suradnji i sudjelovanju na inozemnim znanstvenim skupovima, premda smo u našim radovima često hendikepirani premalim brojem podataka ili prekratkim razdobljima pokusnih motrenja.

Odajući još jedanput zasluženo štovanje pokojnom profesoru Gračaninu, kao i svim njegovim prethodnicima i suradnicima, bit će mi drago ako sam uspio barem malo osvjetliti njegov rad na području fizike tla koji je još uvijek aktualan i prisutan u našim udžbenicima i laboratorijima.

LITERATURA

- Bašić, F.**, 1992. Konceptije istraživanja erozije tla u okviru programa trajnih osmatračkih ploha. Savjetovanje radnih grupa za zaštitu tla RZ Alpe, Alpe-Jadran i Podunavlje koji je održan u Zagrebu. Referat u tisku.
- Bašić, F., Vidaček, Ž., Petraš, J., Racz, Z.**, 1992. Distribution and Regional Peculiarities of Soil Erosion in Croatia. US-Central and Eastern European Agro-Environmental Programm. Proc. of Workshop held in Budapest, pp. 134-157.
- Bogunović, M.**, Vertična tla Hrvatske. Disertacija. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
- Bogunović, M., Škorić, A., Racz, Z., Vidaček, Ž.**, 1991. Vertic Hydromorphic Soils of the Sava River Valley and Problems of their utilization. Zemljište i biljka, Vol. 40, No. 1:13-28, Beograd.
- Boiffin, J., Monnier, G.**, 1982. Etats properties et comportements des Sols: Recherche et utilization des criteries de fertilite physique. BTI, No. 370/372, pp. 401/407.
- Bronswijk, J.J.B.**, 1988. Modeling of Water Balance, Cracking and Subsidence of Clay Soils. Journal of Hydrology, 97:199-222. Elsevier, Amsterdam.
- Butorac, A., Racz, Z.**, 1987. Povećanje plodnosti. Hrana i razvoj, Jugoslavenski znanstveni forum, pp. 91-98, Beograd.
- Chour, V.**, 1988. An actual demand for improved soil technology in irrigation and drainage design in Czechoslovakia Soil Technology, Vol. 1:97-99. Catena Verlag.
- Czeratzki, W.**, 1964. Beregnung, ihr rechtzeitigiger einsatz nach Bodenfeuchte. KTL - Arbeitsblatt für landtechnik, Frankfurt/Main.

- Ćirić, M.**, 1987. Promotion of soil protection as an essential component of environmental protection in Mediterranean coastal zones. Syntesis of national reports. MAP Technical Reports Series No. 16:9-40. UNEP, MAP/PAP, Split.
- Drescher, J., Horn, R., M. de Boodt (Ed.)**, 1988. Impact of Water and External Forces on Soil Structure. Selected papers of the 1st Workshop on Soilphysics and Soilmechanics, Hannover 1986. Catena Supplement 11.
- Gorbunov, I.I., Abrukova, L.P.**, 1974. Reologičeskie svojstva i mineralogičeskij sostav slitih počv. Počvovedenie, No. 8:74-85, Moskva.
- Gračanin, M.**, 1931. Aparatura za određivanje glinenih čestica pipet metodom. Glasnik za šumske pokuse, Sv. 3, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1932. Preparation of soil samples for mechanical analysis. Proceedings and papers of the second Intern. congress of Soil Science. Moskow.
- Gračanin, M.**, 1935. Die Temperaturwirkung bei der mehanischen Bodenanalyse. Transactions of the Third International Congress of Soil Science. Vol. 1, Oxford.
- Gračanin, M.**, 1938. Klasifikacija tala po teksturi. Glasnik za šumske pokuse, 6:390-404. Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1940. Klasifikacija skeletnih tala. Poljopr. znanstvena smotra, Sv. 2, str. 33-40. Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1940. A contribution to the classification of sceletal soils. Bodenkundliche forschungen, VII, 1/2, pp. 33-39.
- Gračanin, M.**, 1941. Geneza džomba. Poljoprivredna naučna smotra, br. 3:1-13. Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1945. Mali pedološki praktikum. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1947. Pedologija II dio - Fiziografija tala. Nakladni zavod, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1950. Metodika ekoloških istraživanja tala. Priručnik za tipološka istraživanja i kartiranje vegetacije, str. 89-207. Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1950. To the problem of evolution of soil structure. Transaction of the international congress of Soil Science, Vol. I, 40-43 and 421-423. Amsterdam.
- Gračanin, M.**, 1952. The Soil Structure. Repports de XV^e Assemblée, de l'inst. internat. Betarvieré, Bruxelles.
- Gračanin, M.**, 1957. Prilog ekološkoj metodi određivanja inertne vode tla. GZFFS/PMO, X, str. 155-165, Skopje.
- Gračanin, M.**, 1963. Ekološka ocjena vrijednosti kapaciteta tla za uzduh. Ibid, Biologija, XIV, Skopje.
- Gračanin, M.**, 1965. Ekološka ocjena vrijednosti retencionog kapaciteta tla za vodu. Acta Bot. Croat., 24:29-46, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1966. Voda kao ekološki faktor u nekim tlima Skopske kotline. GZPMF, Biologija, XVI, 23-41, Skopje.
- Gračanin, M.**, 1970. Zum Wasserhaushalt der epigleyisierten Boden. Acta Bot. Croat., 29:131--147, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1972. K pojmu i određivanju "kritične vlažnosti" tla. Acta Bot. Croat., 31:181-188, Zagreb.
- Gračanin, M., Ilijanić, Lj.**, 1977. Uvod u ekologiju bilja. Školska knjiga, Zagreb.
- Marshall, T.J., Holms, J.W.**, 1988. Soil Physics. Second edition. Cambridge University Press.
- Novak, V.**, 1932. Vorbehandlung der Bodenproben zur mehanischen Bodenanalyse. Second

International Congress of Soil Science. Commission I (Soilphysics), Moskva.

- Novosel, T., Racz, Z., Husnjak, S.,** 1992. Dinamičke promjene zbijenosti tla i prognoze tih promjena. Referat podnesen na savjetovanju radne grupe za zaštitu tla RZ Alpe, Alpe-Jadran i Podunavlja održanog u Zagrebu. Materijali u tisku.
- Oldeman, L.R., van Engelen, V.W.P., Pulles, J.H.M.,** 1992. The Extent of Human-Induced Soil Degradation. ISRIC/UNEP, Wageningen.
- Popovski, D., Racz, Z.,** 1976. Standardizacija podataka pri izradi pedološke karte SFRJ 1:50.000. Združen zemjodjelski institut Skopje i V komisija JDPZ.
- Racz, Z.,** 1971. Određivanje mehaničkog sastava tla. Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta. Priručnik JDPZ, knjiga V, str. 11-27, Beograd.
- Racz, Z.,** 1972. Hidropedološka problematika navodnjavanja nekih povrtnih kultura na području Zagreba. Zemljište i biljka, Vol. 21, No. 3:403-418, Beograd.
- Racz, Z.,** 1974. Fizikalna svojstva i dinamika vlage u pseudogleju. Poljoprivredna znanstvena smotra, br. 33:43-57, Zagreb.
- Racz, Z.,** 1976. Interpretacija podataka i bilanciranje vlage tla za razne namjene. Vodoprivreda, br. 39:26-32, Beograd.
- Racz, Z.,** 1981. Meliorativna pedologija, II dio. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Racz, Z.,** 1984. Suvremeni razvoj fizike tla u svijetu i Jugoslaviji. Poljoprivredna znanstvena smotra, br. 64:117-135, Zagreb.
- Racz, Z., Novosel, T.,** 1984. Some Experience in Investigation of Mechanical Properties of Agricultural Soils in Croatia. AFFES, pp. 309-322. Dijon.
- Racz, Z.,** 1985. Results of complex investigations and a contribution to the genesis of soil surface crusts. Proc. of the Symposium held in Ghent, pp. 24-31.
- Racz, Z.,** 1986. Agrikulturna mehanika tla. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Racz, Z., Novosel, T.,** 1988. A Contribution to the Mechanical Investigations of Solonetz Soils. Proc. of the Intern. Symposium held in Osijek, pp. 190-195.
- Racz, Z.,** 1989. Optimalizacija pedofizikalnih i mehaničkih svojstava tla za potrebe intenzivne ratarske proizvodnje. Nauka u proizvodnji, Vol. 17., br. 1-4, str. 41-49, IPK Osijek.
- Racz, Z., Bogunović, M., Martinović, J., Kvastek, K., Bognar, A.,** 1992. Soil degradation and potential pollutants on Croatian coast and surrounding mountains. Soil Degradation, Desertification and CTB Workshop held in Valencia, in press.
- Seiwerth, A.,** 1926. Prilozi mehaničkoj analizi tla. Glasnik za šumske pokuse, Sv. 1:1-15. Zagreb.
- Seiwerth, A.,** 1927. O metodama pripreme tla za mehaničku analizu. Ibid, Sv. 2:236-250. Zagreb.
- Stakman, W.P.,** 1974. Measuring soil moisture. Drainage principles and application. Publ. 16, Vol. III:221-251. ILRI, Wageningen.
- Šandor, F.,** 1911. Sprava za muljenje po prof. Kopecky-u. Vjesti geološkog povjerenstva za 1910 god., Sv. I:54-57. Zagreb.
- Škorić, A.,** 1982. Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
- Škorić, A.,** 1991. Sastav i svojstva tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
- Vidaček, Ž.,** 1991. Kontrola i održavanje sustava cijevne drenaže. Priručnik za hidrotehničke melioracije. I kolo, knjiga 6:155-170, Zagreb.

Z. Racz: Pregled istraživanja profesora M. Gračanina u fizici tla i današnje stanje znanosti
na tom području

- Vlahinić, M., Muftić, H.**, 1972. Poljoprivredne melioracije i uređenje zemljišta, I dio. Udžbenik Univerziteta u Sarajevu.
- Voronin, A.D.** 1982. Novij podhoid k opredeleniju gidrofizičkih i reologičkih karakteristika po krivim vodouderživajušćij sposobnosti počv. Objavljeno u knjizi "Problemi počvovedenia", AN SSSR, Moskva.
- Voronin, A.D.**, 1990. Energetičeskaja koncepcija fizičkog sostojanija počv. Počvovedenie, No. 5:7-19, Moskva.
- xxx Jugoslavensko društvo za proučavanje zemljišta (JDPZ), 1971. Određivanje strukture i njene stabilnosti. Kolektiv autora, priručnik, knjiga V, str. 112-130, Beograd.
- xxx Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), 1985. Die gedüge melioration durch Tieflockerung. Grupa autora pod redakcijom W. Müllera. Verlag Paul Parey, Hamburg - Berlin.
- xxx International Society of Soil Science (ISSS), 1990. Transactions of the 14th Int. Congress of Soil Science held in Kyoto, Vol. I-Commission for Soilphysics.
- xxx Kolektiv autora, 1991. Godišnji izvještaj o provedenim istraživanjima u okviru znanstvenog projekta "Uređenje i zaštita tla i voda u agroekosustavima". Agronomski fakultet Zagreb.

Adresa autora - Author's address:

Zoltan Racz
Zavod za pedologiju
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Primljeno: 2. 10. 1992.