

## K POJMU I ODREĐIVANJU »KRITIČNE VLAŽNOSTI« TLA

Mit deutscher Zusammenfassung

MIHOVIL GRAČANIN

(Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Primitljeno 3. 2. 1972.

### Uvod

Određivanje »kritične vlažnosti« tla postalo je svakodnevnom praksom ekologa, agronoma i šumara zaokupljenih proučavanjem vodnog režima tla i biljaka, ali je poimanje te vlažnosti ostalo nedovoljno precizirano. Napose nije dovoljno objašnjeno što treba shvaćati pod »kritičnom vlažnosti« i kako se ona može pouzdano odrediti u ekološkoj praksi. U literaturi postoje kontroverzna mišljenja o tim pitanjima, pa mi je to dalo povoda da u okviru ekološkog proučavanja značenja pojedinih stanja (oblika) vode u tlu napišem ovih nekoliko redaka, kako bih pojmove, koji se zamjenjuju, precizirao, a metode određivanja kritične vlažnosti tla ukratko objasnio.

### Voda tla s ekološkog gledišta

Općenito je poznato da se voda u tlu nalazi u različitim fizikalnim stanjima, da se pojavljuje u obliku pare, pa kristalne, higroskopske, filmske, kapilarne, te gravitacione vode, a ponekad i u obliku leda. Gravitaciona voda zaprema privremeno široke nekapilarne pore i nalazi se pretežno u pokretu u smjeru descendentnom, kapilarna voda ispunja kapilarne pore tla, dok su higroskopska i kristalna voda vezane velikim snagama, prva na površini koloidnih čestica u prvom redu, a druga u kristalima minerala. S gledišta ekološkog svu vodu tla mogli bismo podijeliti u tri skupine:

1. suvišnu vodu,
2. poželjnu, biljkama pristupačnu i
3. biljkama nepristupačnu, ekološki neaktivnu vodu tla.

Kad govorimo o *suvišnoj* vodi onda obično mislimo na vodu što stagnira u širokim nekapilarnim porama, te dulje ili kraće vrijeme potiskuje zrak iz tla i tako slabi, pa i potpuno sprečava oksidacijske procese i opskrbu podzemnih organa kisikom. To bi dakle bila ona voda čije su vrijednosti veće od vrijednosti retencionog kapaciteta tla za vodu. Kada je tlo zasićeno vodom do retencionog ili poljskog kapaciteta, onda su sve kapilarne pore ispunjene vodom.

Ipak se ne može reći da svu vodu što premašuje vrijednost retencionog kapaciteta treba smatrati suvišnom. Gravitacionu vodu, koja samo privremeno ispunja široke pore, npr. za jakih kiša, ne možemo smatrati ekološki štetnom, ako se nalazi u pokretu, jer ona unosi u tlo adsorbirani kisik. Samo stagnirajuću vodu, lišenu kisika, valja smatrati suvišnom.

Kao biljkama pristupačnu ili *ekološki aktivnu* smatramo obično onu vodu koja se nalazi u kapilarnim šupljikama tla vezanu kapilarnim snagama manjim od snaga kojima raspolaže biljno korijenje. U praksi se kapacitet za ekološki aktivnu vodu (Kve) izražava kao diferencija vrijednosti retencionog, odnosno poljskog kapaciteta za vodu (Kvr) i vrijednosti kapaciteta tla za ekološki inertnu vodu (Iv):

$$Kve = Kvr - Iv$$

Pretpostavlja se da se biljke mogu koristiti svom vodom tla, koja leži između vrijednosti retencionog kapaciteta i inertne vlage. One pak vrijednosti, koje leže ispod vrijednosti Iv nemaju nikakvo ekološko značenje, jer korijenje biljaka ne može tu vladu primiti; ona je vezana golemim snagama od nekoliko desetaka pa do više tisuća atmosfera.

Iako je ovo teoretsko razgraničenje oblika vode s ekološkog gledišta uvjerljivo i logično, ono se u praksi pokazalo prilično komplicirano, napose zato što pojmovi nisu do kraja raščišćeni, pa su poradi toga i metode određivanja inertne i ekološki aktivne vode dovedene u pitanje.

### »Kritična vlažnost« i metode njezina određivanja

Američki istraživači Briggs i Schantz već su 1911. godine proklamirali da se inertna voda tla dade izraziti postotkom vlažnosti, pri kojem biljke trajno venu. Eksperimentalno su utvrdili, da »koeficijent permanentnog venenja« (permanent wilting coefficient) ili »točka venenja« (wilting point) ne ovise ni o vrsti biljaka ni o starosti, već samo o svojstvima tla. Tvrđnju su potkrijepili rezultatima istraživanja u 1318 pokusa, sa 108 vrsta i sorata biljaka, te na 20 tala, počevši od najlakših do najtežih. »Wilting point« kolebao je od 0,86 (pijesak) do 17,1% (teška glina). Njihove nalaze potvrdili su potom Veihmeyer i Hendrickson, koji su eksperimentirali nekoliko godina i našli da na vrijednosti »točke venenja« nemaju utjecaja ni vrsta biljaka ni godišnje doba, pa ni intenzitet transpiracije, već samo svojstva tla. Sovjetski istraživač Fedorovski eksperimentalno je konstatirao da koeficijent venenja ipak ovisi o vrsti biljaka, te da razlike mogu iznositi i 4% računajući na težinu tla.

Pitanje se prilično zamrsilo kada su neki autori postavili pitanje da li sva voda tla od vrijednosti retencionog kapaciteta pa do Iv ima istu ekološku vrijednost. P. Kramer, poznati istraživač na području odnosa vode tla i biljaka, piše doslovno: »Na nesreću postoji kontroverznost

u vezi s točkom pri kojoj voda počinje da ograničava rast biljaka. Veihmeyer i Hendrickson (1950) tvrde da je voda tla jednako pristupačna od poljskog kapaciteta do trajnog venenja, dok drugi, čije mišljenje izražavaju Richards i Wadleigh (1952) vjeruju da smanjenje pristupačnosti vode tla utječe na rast prije nego dođe do venenja« I dalje: »Danas je općenito prihvaćeno da voda postaje progresivno manje pristupačna kako se njena sadržina smanjuje, te da nema definitivne točke, pri kojoj ona postaje nepristupačna biljkama« (str. 352). Primjer kojim Kramer nastoji potkrijepiti ovu tezu nije najsretniji, jer promjene postotka vode u tlu prate i promjene koncentracije soli, koje su u citiranim pokusima prilično velike. Ne upuštajući se na ovom mjestu u diskusiju Kramerove teze, pokušat ću objasniti razloge koji su doveli do podijeljenosti mišljenja o značenju vrijednosti Iv u teoriji i praksi.

Napomenuo bih još da su neskladi u pitanju ekološke vrijednosti vode tla nastali naročito onda kada se pokazalo da na nekim tlima biljke venu prije nego što vlažnost tla dosegne vrijednost Iv, odnosno wilting-pointa.

### Vlastita istraživanja

Radeći na usavršavanju tehnike ekološke metode određivanja kapaciteta tla za inertnu vlagu (Iv), dospio sam do spoznaje da ova vrijednost može znatno kolebati ovisno o tome da li korijenov sistem potpuno ili samo djelomično prorašćuje masu tla. U prvom slučaju dobivaju se niže, tj. realne, a u drugom mnogo veće vrijednosti Iv (Gračnin M. 1957). Utvrdio sam dalje da o veličini vrijednosti Iv, koje se dobivaju u laboratoriju, uvelike odlučuje i tekstura tla, koja limitira penetraciju korijenova sustava. Značenje teksture povećava se uporedo s porastom volumena tla. Ako npr. 20 biljaka uzgajamo u posudama malog volumena, one će svu masu tla prorasti i izvući iz nje svu ekološki aktivnu vodu, a u tlu će zaostati samo ekološki inertna voda, tj. voda vezana na čestice tla snagom većom od sorptivne snage korijenova sustava.

Ako u 5 puta veći volume tla zasadimo jednak broj biljaka, njihov će korijenov sistem prorasti samo neke dijelove tla, dok će ostali dio ostati neutjecan tj. vlažan. Na teškim tlima biljke će početi venuti prije nego što prosječna vlažnost tla u posudama padne na vrijednost točke venenja, odnosno na vrijednost Iv.

Ova i potonja proučavanja odnosa između režima vode u tlu i biljkama omogućila su mi da razlikujem »kapacitet tla za inertnu vlagu« od »poljske kritične vlažnosti« tla.

Kapacitet tla za inertnu vlagu (Iv) određen je onim stanjem vlažnosti, pri kojem korijenje biljaka ne može više primati vodu tla, jer su njegove sorptivne snage manje od snaga kojima je voda vezana na čestice tla.

Nasuprot tome pod »poljskom kritičnom vlažnošću« razumijevat ćemo onu vlažnost tla, odnosno rizosfere kojom se biljke više ne mogu na vrijeme opskrbiti aktivnom vodom ekološkog profila tla.

Dok vrijednost Iv predstavlja više-manje fizikalno-ekološku konstantu, dotle je »poljska kritična vlažnost« promjenljiva veličina, ovisna, kako o biljnoj vrsti, tako i o stupnju razvoja biljaka, te o fizičkim i kemijskim svojstvima tla.

Različite biljne vrste imaju u prirodnim uvjetima različitu sposobnost da se koriste ekološki aktivnom vodom rizosfere ili ekološkog profila,

zahvaljujući *nejednakoj arhitekturi i razvoju njihova korijenova sistema*. Ta je arhitektura veoma šarolika, no za pojedine biljne vrste karakteristična, jer je u prvom redu genetski uvjetovana. Čupasti korijen kukuruza ili drugih kulturnih graminea bitno se razlikuje od arhitekture korijenova sustava kakve dikotiledone npr. vrste *Beta vulgaris* ili vrsta *Soja hispida*, *Lupinus angustifolius*, *Pisum sativum* itd. Treba poznavati arhitekturu korijenova sustava pojedinih specijesa, uvjetovanu genetskim faktorima, da bismo mogli ocijeniti koji katovi ekološkog profila imaju najveće značenje za opskrbu biljaka vodom. Kod nekih vrsta rast korijenova sustava ograničen je na nekoliko gornjih centimetara tla (npr. *Poa nemoralis*), kod drugih dopire do 30 ili 40 cm, a kod nekih duljinski rast doseže 120 ili 150, pa i više centimetara. Očito je dakle da za utvrđivanje »poljske kritične vlažnosti« valja poznavati genetski uvjetovanu sposobnost biljaka da se koristi vodom određenih slojeva ekološkog profila. Ako je korijenov sustav rastom ograničen na gornjih 20—30 cm, onda valja određivati kritičnu vlažnost samo toga sloja.

Na razvoj korijenova sustava u dubinu i na tvorbu korijenja I i II reda, kao i na lateralni razvoj, utječu i vanjski, ekološki faktori. Treba dakle poznavati i realne ekološke uvjete, koji odlučuju o realizaciji potencijalnih mogućnosti biljnih vrsta u pogledu razvoja korijenova sustava. Jedna te ista biljna vrsta, sorta, pa čak i čista linija, ne razvijaju jednak korijenov sustav u različitim ekološkim sredinama. Tekstura i struktura tla, aeracija pojedinih slojeva, odnosno opskrbljenost kisikom, pa reakcija tla, prisutnost baza, osobito Ca, koncentracija soli od odlučna su utjecaja na rast korijenove mreže. U hrvatskoj Posavini, na dva tla udaljena tek nekoliko desetaka metara, ali različita u pogledu teksturne građe, srećemo npr. usjeve pšenice sa potpuno različitim duljinskim rastom korijenova sustava. U lakoj ilovastoj pjeskulji korijenje se intenzivno razgranjuje i prodire tlom do dubine od 120 cm i dublje, dok na susjednom teškom i koloidnom glinastom tlu često obustavlja duljinski rast već u dubini od 30 do 40 cm. U istom klimatskom području voda tla nije jednako dostupna istoj biljnoj vrsti; horizonti kritične vlažnosti nalaze se na različitoj dubini. Želimo li odrediti »kritičnu vlažnost tla«, moramo dakle poznavati zone kritične vlažnosti.

Negativan faktor u razvoju korijenova sustava većine kulturnih biljaka je npr. visok aciditet tla, pomanjkanje kalcija, previsok alkalitet, visoka koncentracija soli itd. Čak i prekomjerna fertilizacija dušikom deprimira duljinski rast korijenova sustava (G r a č a n i n M. 1932).

Ovi primjeri jasno pokazuju da nema neke opće »kritične vlažnosti« za pojedine biljne vrste, koja bi imala konstantnu vrijednost. Nju treba odrediti u svakoj ekološkoj sredini za pojedine vrste biljaka i tipove tla. Valja poznavati i tempo razvoja korijenova sustava tijekom vegetacije i građu tla, te utvrditi slojeve iz kojih se biljke tijekom razvoja opskrbljuju vodom u najvećoj mjeri.

Često se postavlja pitanje: mogu li se biljke na vrijeme opskrbiti vodom dubljih slojeva, ako se u tim slojevima nalazi trofičko korijenje? Dosadanja naša istraživanja dopuštaju dati potvrđan odgovor. Izučavajući vodni režim cimetno-smeđeg tla na neogenim sedimentima Skopja u toku 3 godine mogao sam utvrditi da je prirodna vegetacija ovih tala predurala ljetnu sušu, iako je u sloju tla do dubine od 60 cm količina vlage pala ispod vrijednosti Iv, ako se korijenje probilo do dubljih slo-

jeva opskrbljenih ekološki aktivnom vodom. Radilo se mahom o eukserofitima i parakserofitima (u smislu naše klasifikacije) kao što su *Peganum harmala*, *Marrubium peregrinum*, *Kochia prostrata*, *Cynodon dactylon*, *Euphorbia cyparissias* uz neke druge zeljaste biljke, a od fanerofita *Amygdalus communis*, *Eleagnus angustifolius*, *Celtis australis*, *Ailanthus glandulosa* i dr. Moj suradnik Lj. Gr u p ĉ e izučavao je ekologiju vrste *Peganum harmala*, pa je dospio do vrlo interesantne spoznaje da korijenov sustav ove biljke prodire i do dubine od 450 cm, a da se trofičko korijenje razvija pretežno u dubini od 240 do 320 cm u sloju vlažne pjeskulje, u kojemu se opskrbljuje vodom. I potonja istraživanja Lj. i R. Gr u p ĉ e na gore navedenim biljnim vrstama jasno su pokazala, da se kserofiti opskrbljuju vodom dubljih slojeva, pa u tu svrhu intenzivno rastu u dubinu. Na ovim primjerima mogu se lako uočiti razlike između »kapaciteta tla za faktički inertnu vlagu« i »kritične vlažnosti tla«.

Obj e vrijednosti imaju svoje ekološko značenje. Poznavanje vrijednosti Iv potrebno je da bismo mogli odrediti kapacitet za ekološki aktivnu vlagu, kao i granicu vlažnosti ispod koje se biljke ne mogu ni u kojem slučaju opskrbljivati vodom. Poznavanje vrijednosti »poljske kritične vlažnosti« (Vkp) služi nam kao osnova pri rješavanju pitanja irigacije tla za pojedine kulture. Kao što je rečeno, Vpk je promjenljiva veličina s obzirom na određene kulture, faze njihova razvitka i ekološke faktore.

Ekološku praksu zanima kako se navedene vrijednosti Iv i Vkp mogu pouzdano odrediti.

Određivanje vrijednosti Iv opisao sam na drugom mjestu pa upućujem na originalni rad (1957).

»Poljsku kritičnu vlažnost« možemo odrediti na više načina:

1. da odredimo sadržaj vode u profilu tla, odnosno u rizosferi, kod koje nadzemni organi pokazuju gubljenje turgescენტnosti,
2. da ispitamo i utvrdimo deficit vlažnosti (Dv) nadzemnih organa, koji je za pojedine specise kritičan,
3. da kontroliramo veličinu evaporacije i transpiracije u toku vegetacije.

Nema sumnje u tome da je kontrola stanja ekološki aktivne vlage tla u toku vegetacije najsigurniji put za utvrđivanje »kritičnih stanja vlažnosti«. Kvalitativan karakter ima određivanje vlažnosti opipom tla, iskapanog ili izvađenog svrdlom. Najpouzdanije je kvantitativno (gravimetrijsko) određivanje vlažnosti pojedinih slojeva ekološkog profila. Sigurni kriteriji mogu se dobiti na osnovi praćenja odnosa između stanja vlažnosti čitavog ekološkog profila i stanja biljaka. Treba utvrditi ona stanja vlažnosti rizosfere kod kojih pojedine vrste ne mogu podmirivati svoje potrebe u vodi. Ta kritična stanja mogu se određivati i s pomoću tenziometra (resistance blocks), koji se instaliraju u zonama maksimalne aktivnosti korijenova sustava. U svakom slučaju potrebno je odrediti odnose između kritične vlažnosti za biljke i tenziometrijskih vrijednosti, koji izražavaju vodni potencijal u atmosferama.

Drugi je način određivanja kritične vlažnosti tla s pomoću *deficita vlažnosti nadzemnih organa* (Dv) biljaka. I primjena ove metode iziskuje višegodišnje proučavanje odnosa između stanja ekološke vlažnosti tla i vrijednosti deficita vlažnosti Dv. Valja poznavati one deficite vlažnosti nadzemnih organa pojedinih biljnih vrsta, koje pouzdano indiciraju stanja »kritične vlažnosti« tla. Treba dakle, odrediti »kritične deficite vlažnosti lišća« (Dvk). Naša su istraživanja pokazala (G r a ĉ a n i n, I l i j a n i ć,

Gaži i Hulina 1970) da su deficiti vlažnosti različitih specijesa na istim staništima različiti, pa se može pretpostaviti da su i kritični deficiti vlažnosti lišća za pojedine biljne vrste specifični.

Postupak određivanja Dvk je jednostavan: lišće biljaka uzima se u momentu kada pokazuje prve vidljive znakove smanjenja turgescencije, odvagne na Hartmann-Braunovoj torzionoj vazi, a onda bazalnim dijelom stavlja u posudu od plastične mase u kojoj ima nešto vode (do visine od 1—1,5 cm). Ostavi se 6 sati ili do drugog dana ako je lišće ksermorfno, po mogućnosti kod temperature ne veće od 10 °C, a onda se izvadi, otare bugačicom, te ponovno odvagne.

$$D_{vk} = \frac{L_{maks} - L_{mom}}{L_{maks}} \cdot 100$$

gdje L maks znači težinu lišća maksimalno zasićenog vodom, a L mom težinu lišća u stanju kritične vlažnosti lišća.

Potrebno je napomenuti da vrijednosti Dvk ne mogu biti dobri pokazatelji kritične vlažnosti tla u slučajevima kada nadzemni organi biljaka gube vodu transpiracijom poradi toga što je provođenje vode cijevima od korijenove mreže do lišća sporije od transpiracije. U ljetnim mjesecima često možemo opaziti da vegetacija, posebice poljska i vrtna, vene čak i onda kada u tlu ima dosta ekološki aktivne vlage. Već u kasnim popodnevnim satima, a naročito preko noći, turgescencija lišća opet se uspostavlja, pa drugog jutra nema više nikakvih znakova nedovoljne opskrbe biljaka vodom. U ovim slučajevima bilo bi pogrešno prosuđivati stanje ekološki aktivne vlage u tlu na osnovi vrijednosti Dvk. Moglo bi se govoriti o »prividnoj poljskoj kritičnoj vlažnosti« (apparent field critical moisture), jer se ne radi o nedostatku aktivne vode u tlu, već o disproportiji između brzine kretanja vode provodnim sustavom korijenja i slabijke, s jedne, i gubitaka vode transpiracijom, s druge strane.

Kramer (1969) smatra da određivanje deficita vlažnosti i vodnog potencijala nailazi kod poljskih kultura i voćaka na teškoće, pa preporuča primjenu nekih drugih metoda, napose u irigacionoj praksi.

Treći način određivanja »poljske kritične vlažnosti« tla sastojao bi se u trajnoj kontroli evaporacije i transpiracije. Na osnovi poznavanja kapaciteta rizosfere ili ekološkog profila za aktivnu vodu i količina vode koje se u toku pojedinih faza razvoja vegetacije utroše transpiracijom i evaporacijom, moglo bi se zaključivati o stanju kritične vlažnosti tla. Kao što vidimo, ni ta metoda određivanja Vpk nije jednostavna, jer iziskuje dugotrajnija istraživanja na određenim tlima, klimatskim područjima i biljnim vrstama.

#### Literatura — Schrifttum

- Briggs, L. J.—H. L. Shantz, 1911: Application of wilting coefficient determinations in agronomic investigations. Journ. Amer. Soc. Agron. 3, 250.
- Briggs, L. J.—H. L. Shantz, 1912: The relative wilting coefficient for different plants. Bot. Gaz. 23, 229—235.
- Fedrovski, D., 1948: Zavisimost koeficienta zavjadanija ot vida rastenij i osmotičeskogo davlenija počvenogo rastvora. Počvovedenie, 10.
- Gračanin, M., 1932: Istraživanja relacije između duljinskog rasta korijenova sistema i sadržine fiziološki aktivnog dušika u hranjivom supstratu. Rad JAZU (Zagreb) 244, 94—125.

- Gračanin, M.*, 1957: Prilog ekološkoj metodi određivanja inertne vode tla. Godišen Zbornik PMF (Skopje) 10, 156—166.
- Gračanin, M.*, 1966: Voda kao ekološki faktor u nekim tlima Skopske kotline. Godišen Zbornik PMF (Skopje) 16, 23—41.
- Gračanin, M., Ilijanić Lj., Gaži, V., i N. Hulina*, 1970: Dnevni i sezonski hod deficita vlažnosti lišća nekih fanerofita na njihovim prirodnim staništima. Acta Bot. Croat. 29, 95—111.
- Grupče, Lj.*, 1963: Prilog kon ekologijata na Peganum harmala L. Godišen Zbornik na PMF (Skopje), 14, 167—174.
- Grupče, Lj. i Grupčo, R.*, 1968: Korenski sistemi na neкои vidovi drvenesti i zeljesti rastenija vo mestnosta Gazibaba—Skopje, Godišen Zbornik PMF (Skopje) 20, 159—174.
- Kramer, P.*, 1969: Plant and Soil Water Relationships. A Modern Synthe sis. McGraw-Hill Series in Organismic Biology, New York.
- Richards, L. A. and C. H. Wadleigh*, 1952: Soil water and plant growth. In Shaw: Soil Physical Conditions and Plant Growth, 73—251. Acad. Press Inc New York.
- Veihmeyer, F. J. and A. H. Hendrickson*, 1950: Soil moisture in relation to plant growth. Ann. Rev of Plant Physiology 1, 201—222.

## ZUSAMMENFASSUNG

### ZUM BEGRIFF UND BESTIMMUNG DER »KRITISCHEN BODENFEUCHTIGKEIT«

*Mihovil Gračanin*

(Botanisches Institut der Universität, Zagreb)

Nachdem *Briggs und Schantz (1911)* den Begriff »permanent wilting coefficient« bzw. »wilting point« als Bezeichnung für jene Bodenfeuchtigkeit bei welcher die Pflanzen dauernd welken, eingeführt haben, bemühten sich viele Forscher die Bedeutung dieses ökologischen Faktors näher zu klären. Indem einige, wie *Veihmeyer und Hendrickson (1950)* die Unabhängigkeit des »wilting point« von der Pflanzenart, Jahreszeit und Transpirationsintensität experimentell zu beweisen versuchten, glauben andere, wie z. B. *Fedorovski*, dass »wilting point« — Werte von der Pflanzenart sich doch abhängig machen. Das Problem komplizierte sich als *Richards und Waldleigh (1952)* die Meinung äusserten, dass das Wasser im Bereich von Feldkapazität bis zum »wilting point« ökologisch nicht gleichwertig ist, sondern sich erniedrigt gleichlaufend mit der Senkung des Wassergehaltes, ja dass diese Senkung auch das Pflanzenwachstum beeinträchtigt noch bevor »wilting point« erreicht wird. Zu dieser Frage äussert sich auch *P. Kramer*: »Unfortunately, there has been controversy concerning the point at which soil water begins to limit plant growth«. Und weiter: »Today is generally agreed that as the soil content decreases, water becomes progressively less available, and there is no definite point at which it becomes unavailable to plants« (S. 352). Diese Auffassung wird auch durch die praktische Erfahrung gestützt, dass unter Feldbedingungen die Pflanzen manchmal zu welken beginnen, noch bevor die Bodenfeuchtigkeit den »wilting point« erreicht hat.

Im Laufe unserer Studien zu diesem Problem und besonders der Bestimmungsmethoden des kritischen Bodenwassers bzw. der Bodenkapazität für inertes Wasser (*I<sub>v</sub>*), sind wir zu Ansicht gekommen, dass die im Laboratorium bestimmten *I<sub>v</sub>*-Werte in hohem Maße von dem Durchwurzelungsgrad der Bodenmasse sich abhängig machen. Bei intensi-

ver Durchwurzelung werden in der Regel niedrigere Iv-Werte erhalten, da die Kontaktfläche der Wurzeln mit der Bodenmasse erhöht und dadurch ermöglicht wird, all jenes Wasser dem Boden zu entziehen das durch Kräfte gebunden ist die niedriger als die Sorptionkräfte der Pflanzenwurzeln, sind. Bei einem großen Bodenvolumen ist die Durchwurzelung und damit auch die Nutzung des gesamten »ökologisch aktiven« Wassers begrenzt. Diese Begrenzung kommt ganz besonders zum Ausdruck in schweren, kolloidreichen Böden mit träger Bewegung des Kapillarwassers. Infolgedessen entstehen feuchtere und trockenere Bodenzone und die entnommenen Bodenproben weisen immer höhere Iv-Werte auf.

Bei der Bestimmung des kritischen Wassergehaltes im Felde kommen diese Erscheinungen in noch viel höherem Maße zum Ausdruck.

Bei Feld- und Gartenpflanzen, seltener auch bei natürlicher Vegetation, kommt im Laufe der Sommermonate zur vorübergehenden Turgorsenkung bzw. zum Welken der oberirdischen Organe, besonders zu Mittagsstunden. Gegen Abend oder in der Nacht wird die Turgeszenz wieder hergestellt. Solches Welken kommt manchmal auch bei genügendem Bodengehalt an ökologisch aktivem Wasser zum Vorschein, und kann als Folge ungleicher Geschwindigkeit der Wasserbewegung in den Leitbahnen der Pflanzen einerseits und der Transpiration von der Blattoberfläche andererseits erklärt werden.

Aufgrund all dieser Erkenntnisse unterscheiden wir:

1. die »Bodenkapazität für inertes Wasser« oder die »reale kritische Feuchtigkeit« (Iv), bestimmt durch jenen Feuchtigkeitszustand bei welchem Sorptionskräfte des Bodens und Sorptionskräfte der Pflanzenwurzeln im Gleichgewicht stehen.

2. »Kritische Feldfeuchtigkeit« (Vkp) entspricht derjenigen Feuchtigkeit der Rhizosphäre bzw. der wurzelreichsten Bodenschicht, bei welcher die Pflanzen, infolge träger Bewegung des Kapillarwassers nicht imstande sind sich mit ökologisch aktivem Wasser rechtzeitig zu versorgen.

3. »Scheinbar kritische Feldfeuchtigkeit« (Avkp), (Apparent critical field moisture), die durch Disproporz der Bewegungsgeschwindigkeit des Wassers in Leitbahnen der Pflanzen und der Intensität der Transpiration bestimmt wird.

Indem die »reale Bodenkapazität für inertes Wasser (Iv)« eine mehr oder minder konstante Größe vorstellt, hängt die »kritische Feldfeuchtigkeit« (Vkp) von der Bodentextur und Struktur, von der Architektur des Wurzelnetzes und seines Längenwachstums, von der Pflanzenart und der Phänophase ihrer Entwicklung ab.

Die »scheinbar kritische Feldfeuchtigkeit« (Avkp) ist im großen und ganzen von der Bodenfeuchtigkeit ziemlich unabhängig, hängt aber von der Fähigkeit der Pflanzenarten ab das Wasser durch ihr Leitungssystem schneller oder langsamer zu führen und auch von ihrem Vermögen Intensität der Transpiration zu regulieren.

Im kroatischen Text wurden die für die kritische Feldfeuchtigkeit wichtige Faktoren diskutiert und anschließend die Bestimmungsmethoden der »realen Kapazität für inertes Wasser« (Iv) und der »kritischen Feldfeuchtigkeit« (Vkp) ja auch ihre Bedeutung für die Theorie und Praxis, behandelt.