

F. TOMIĆ

DOZIRANJE VODE PRI NAVODNJAVANJU U STAKLENICIMA NA OSNOVU MJERENJA VODE U SUPSTRATU

U V O D

Voda je jedan od najznačajnijih vegetacijskih faktora. Životni procesi biljke se mogu odvijati samo u prisutnosti pristupačne vode u tlu, odnosno supstratu. U svrhu održavanja pristupačne vode za biljke primjenjuje se melioracijska mjera — navodnjavanje. U vanjskim uvjetima uzgoja poljoprivrednih kultura potreba primjene navodnjavanja ovisi o količini i rasporedu prirodnih oborina. Pri intenzivnom uzgoju kultura u zatvorenom prostoru (staklenici, platenici), prirodne oborine ne dolaze izravno do izražaja, te se voda u supstratu osigurava samo putem navodnjavanja. Zbog toga je potrebno poznavati pravilne principe navodnjavanja i na osnovu njih vršiti stručno doziranje vode u svrhu održavanja optimalne vlažnosti u supstratu kroz cijelo vegetacijsko razdoblje za svaku kulturu.

Doziranje vode pri navodnjavanju može se bazirati na osnovu različitih elemenata. Međutim, u ovom radu će biti prikazan način na osnovu mjerenja vlage u supstratu, koji se u praksi dosta primjenjuje.

OPTIMALNA VLAŽNOST U UZGAJANOM SUPSTRATU

Krajnji cilj, pri uzgoju intenzivnih poljoprivrednih kultura, je postići visoke i stabilne prinose. Taj rezultat je moguće postići samo onda ako se osiguraju svi vegetacijski faktori u optimalnim iznosima.

Budući da je voda jedan od najvažnijih vegetacijskih faktora, neophodno je primjenom navodnjavanja održavati optimalnu vlažnost u supstratu tokom cijelog života biljke.

Prevelika količina vode je štetna za kulturne biljke isto tako kao i nedovoljna količina vode u supstratu. U uvjetima prevelike vlažnosti nedostaje zrak, biljke se guše i trunu. Pri nedovoljnoj količini vode biljka troši veliki dio svoje energije nastojeći odvojiti, odnosno koristiti, vodu iz uzgojenog supstrata. Izvjesno vrijeme se može na taj način održavati, a onda počinje venuti i konačno ugine. Optimalna vlažnost u supstratu za uzgoj kulturnih biljaka ovisi o fizikalnim i kemijskim svojstvima supstrata, te vrsti i razvojnoj fazi uzgajane kulture. U vezi optimalne vlažnosti za praktične svrhe, najvažnije je poznavati njezine granične vrijednosti. Uzimajući uzgoj poljo-

Prof. dr Frane TOMIĆ

Fakultet poljoprivrednih znanosti

OOOR-Institut za agroekologiju Zagreb, Šimunska 25

privrednih kultura općenito, za donju granicu optimalne vlažnosti tla koristi se vrijednost leutokapilarne vlažnosti, a za gornju vrijednost poljskog vodnog kapaciteta (Vukašinić, 1961 i Vučić 1976). U intervalu od leutokapilarne vlažnosti do poljskog vodnog kapaciteta, voda također nije jednako pristupačna za kulturne biljke. Što se stanje vlage više približava poljskom vodnom kapacitetu snaga držanja vode u tlu (supstratu) je manja, a biljke lakše koriste njima potrebnu vodu. Međutim, što je stanje vlage bliže leutokapilarnoj vlažnosti, voda postaje manje pristupačna korijenovim dlačicama. To biljku prisiljava na veći napor da bi osigurala potrebnu količinu vode za normalni život. Ovu činjenicu treba imati u vidu u uvjetima navodnjavanja, odnosno intenzivnog uzgoja kultura u staklenicima (Tomić, 1974).

Rezultati istraživanja vodnog režima supstrata za uzgoj karanfila u stakleniku »Žitnjak« — Zagreb pokazuju, da je optimalna vlažnost za ovu kulturu u intervalu od poljskog vodnog kapaciteta do njegove 75 %-tne vrijednosti (Tomić, 1971). Ovaj interval vlažnosti je bio najpovoljniji za kulturu karanfil i pri provedenim istraživanjima u staklenicima »Jadro« Split, i »Zadar« — Zadar (Tomić et. al, 1976). Istraživanja u ovim staklenicima su također pokazala da je najpovoljniji interval vlažnosti supstrata za gerbere 100—80 % fiziološki aktivne vode, za ružu 100—50 % fiziološki aktivne vode, a za rajčicu 100—60 % fiziološki aktivne vode. (Tomić et. al, 1974 i 1975). Dakle veća saturiranost supstrata s vodom je najviše odgovarala kulturi gerberu, a zatim karanfilu, dok najmanju saturiranost zahtijeva ruža, a potom rajčica. Optimalna vlažnost u supstratu se može postići i održavati samo onda ako se vrši stalno mjerenje vlage u rizosferi. U trenutku kada se vlažnost u supstratu spusti do donje granice optimalne vlažnosti, dodaje se odgovarajuća količina vode (određeni obrok) putem navodnjavanja.

ODREĐIVANJE OBROKA NAVODNJAVANJA

Obrok navodnjavanja predstavlja količinu vode koja se dodaje jednim navodnjavanjem u m^3/ha ili u mm.

Pravilno određen obrok za svako navodnjavanje osigurava njegovu racionalnost, te visoke i kvalitetne prinose. U slučaju manje datog obroka, nego što je potrebno, nastaje nedovoljno vlaženje supstrata, a time i slab efekat navodnjavanja. Nasuprot tome dodavanje prevelike količine vode dolazi do njezinog ocjeđivanja u niže slojeve. To ubrzava i ispiranje hranjivih vrijednosti i supstrat osiromašuje. Osim toga u uvjetima slabe drenažnosti supstrata, može doći do pojave zamočvarivanja, a eventualno i do pojave zaslanjivanja uslijed stagniranja suvišne vode i soli u rizosferi.

Količina vode koja se dodaje jednim navodnjavanjem ovisi o kulturi koja se navodnjava, njezinoj fazi razvoja, svojstvima supstrata i stanju vlage u njemu prije samog navodnjavanja.

Dubina do koje je potrebno tlo navlažiti ovisi o dubini razvoja korijenovog sistema. Prema tome masa korijenovog sistema kod iste kulture nije u svim razvojnim fazama jednako razvijena, što uvjetuje i potrebu vlaženja do različitih dubina u različitim fazama razvoja. U prvim fazama razvoja

dok je biljka mlada korijenov sistem još nije razvijen. Glavna masa korijenovog sistema se nalazi u površinskom sloju, pa je u odnosu na to potrebno vlažiti samo površinski sloj tla. Što su biljke starije korijenov sistem je razvijeniji i dospio je dublje u supstrat. Nije potrebno vlažiti čitavu dubinu do koje korijenje biljaka dopire, jer se korijenov sistem najviše razvija u površinskim slojevima iz kojih uglavnom i koristi vodu. Takav slučaj je naročito izražen kod cvjećarskih kultura. Korijenov sistem ovih kultura uglavnom se razvija do 30 cm dubine.

Zbog toga se može preporučiti, da su u prva tri mjeseca vegetacije supstrat vlaži — prilikom navodnjavanja — do 20 cm dubine. Nakon toga, pa do kraja vegetacijskog perioda, potrebno je vlažiti sloj tla do 30 cm dubine. Iznimno je ružu potrebno vlažiti do 40 cm dubine.

Ovisnost veličine obroka navodnjavanja o vrsti tla supstrata očituje se u tome, što se dodaje onolika količina vode koju će tlo na prethodno određenu dubinu saturirati do poljskog vodnog kapaciteta. Pošto različita tla ili supstrati imaju različite vrijednosti PVK, različiti su i obroci navodnjavanja kod različitih tala, odnosno supstrata. Zbog toga je obrok navodnjavanja kod lakših tala (pjeskovita) manji nego što je kod glinovitih teških tala. Međutim, u pjeskovitim tlima bit će potrebno više puta navodnjavati nego kod glinovitih tala, jer biljke imaju isti zahtjev prema vodi bez obzira na kojem tlu se uzgajale.

Kako supstrat u stakleniku treba zasititi vodom do poljskog vodnog kapaciteta, za obračun obroka navodnjavanja potrebno je, pored vrijednosti PVK, poznavati stanje vlažnosti supstrata u tom trenutku. Razlika vrijednosti PVK i trenutačne vlažnosti supstrata u stvari predstavlja obrok navodnjavanja tj.

$$O = 10 \cdot D \cdot (PVK - Tv)$$

gdje je:

O = obrok navodnjavanja u mm

D = dubina do koje se supstrat vlaži u m

PVK = poljski vodni kapacitet u sloju supstrata koji se vlaži u vol %

Tv = trenutačna vlažnost supstrata u navodnjavanom sloju u vol %.

Ako su vrijednosti PVK i trenutačne vlažnosti supstrata izraženi u tež. % obrok se određuje:

$$O = 10 \cdot D \cdot Vt \cdot (PVK - Tv)$$

Vt = volumna težina sloja supstrata koji se vlaži u g/cm³.

Prema tome za doziranje vode pri navodnjavanju, odnosno za određivanje obroka navodnjavanja, nužno je poznavati vrijednost poljskog vodnog kapaciteta, volumnu težinu, donju granicu optimalne vlažnosti (leutokapilarnu vlažnost) i trenutačnu vlažnost za sloj supstrata koji se vlaži navodnjavanjem. S obzirom da je vrijednost poljskog vodnog kapaciteta često otežano odrediti, mogu se umjesto njega koristiti njegove alternativne vrijednosti određene u laboratoriju — retencioni kapacitet i retenzija vode pri tlaku od 0,33 atmosfere.

ODREĐIVANJE TRENUTAČNE VLAŽNOSTI U SUPSTRATU

U cilju poznavanja trenutačne vlažnosti u supstratu, potrebno je kroz cijelo vegetacijsko razdoblje osigurati njezino mjerenje. Od postojećih praktičnih metoda mjerenja, naša iskustva pokazuju da je elektrometrijsko mjerenje u staklenicima povoljno. Pokusi provedeni u staklenicima »Žitnjak« — Zagreb, »Jadro« — Split, »Agrozadar« — Zadar, »Vrana« — Biograd na moru i »Nova zora« — Filip Jakov, su pokazali da se tenziometri nisu pokazali prikladnim, dok je gravimetrijsko mjerenje vrlo nepraktično u praksi (Tomić et. al, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978. i 1979). Elektrometrijskom metodom se u stvari mjeri otpor elektrovodljivosti ili fiziološki aktivna voda u postocima. Naime, postoji instrument različitih konstrukcija, kao i s različitim mjernim jedinicama. Budući da se najčešće susreću instrumenti koji mjere otpor elektrovodljivosti izražen u log-ohms, ovdje će se dati obrazloženja koja su u skladu ovog instrumenta i mjerne jedinice log-ohms. Otpor elektrovodljivosti se mijenja ovisno o stanju vlažnosti u supstratu.

U svrhu mjerenja otpora elektrovodljivosti na željenim dubinama supstrata, postavljaju se blokovi koji mogu biti od različitog materijala (gipsa, najlona, staklene vune i dr). Naša iskustva su pokazala da je najbolje koristiti gipsane blokove u staklenicima »Zadra«, »Vrane« i »Žitnjaka«. Međutim, u staklenicima »Jadra« povoljniji su se pokazali najlon blokovi. Razlog tome je vrsta supstrata. U »Jadru« je vlažnost supstrata dinamičnija — brže podliježe promjenama, pa se najlon blokovi lakše prilagođuju, tj. vjerodostojnije prate dinamiku vlage u supstratu. U supstratima ostalih navedenih staklenika voda se, zbog postojećih fizikalnih svojstava, duže zadržava, te gipsani blokovi više odgovaraju (Tomić et. al, 1976). Od bloka do instrumenata s izvorom električne struje se nalaze izolirani provodnici. U svakom trenutku se može donijeti instrument, spojiti ga s provodnikom odnosno blokom i izmjeriti otpor. Da bi se na osnovu vrijednosti otpora odredila vlažnost u supstratu, neophodno je za svaku dubinu na koju je postavljen blok izvršiti »baždarenje« odnosno konstruirati krivulju.

POSTUPAK BAŽDARENJA

Baždarenje je moguće provesti u laboratoriju ili izravno u stakleniku. Pri baždarenju u stakleniku postave se blokovi na željene dubine u supstrat. Nakon toga, kroz određeno vremensko razdoblje očita se u više navrata otpor vodljivosti električne struje. Pri mjerenju otpora uzme se sandom uzorak supstrata (što bliže bloku) s dubine koja odgovara dubini bloka. Metodom sušenja odredi se u uzorku supstrata vlažnost u tež. %. Na osnovu većeg broja (20 — 40) paralelnih vrijednosti otpora i vlažnosti, odredi se matematičkim putem (metoda najmanjih kvadrata) njihova međusobna ovisnost. Na osnovu ove ovisnosti konstruira se krivulja za pojedine dubine. Nakon toga, kada se želi znati stanje vlažnosti u supstratu, dovoljno je izmjeriti otpor elektrovodljivosti. Vrijednost otpora prenesemo na odgovarajući grafikon (njegovu ordinatu), a na apscisi se očita odgovarajuća vlažnost supstrata u tež. %. Ako su poznate i vrijednosti vodnih konstanti, koje

odgovaraju gornjoj i donjoj granici optimalne vlažnosti, moguće je putem navodnjavanja održavati optimalnu vlažnost u supstratu kroz cijelo vegetacijsko razdoblje.

IZRADA KRIVULJE NAKON BAŽDARENJA

Na osnovu većeg broja podataka o mjerenju otpora u log-ohms i vlažnosti supstrata u tež. % matematičkim putem — metoda najmanjih kvadrata se dobije jednadžba drugog stupnja. Prikazuje se primjer postupnog računanja, tj. izrada jedne krivulje u cijelosti. Podaci baždarenja, tj. mjernog otpora i vlage u supstratu, kao i njihova matematička obrada, se odnosi na »Žitnjak« Zagreb, staklenik br. 2, dubina bloka 20 — 30 cm (tabela 1).

Na osnovu dobivene jednadžbe drugog stupnja $y = 15,28 - 0,8456 x + 0,0134 x^2$ konstruira se odgovarajuća krivulja, kao što je prikazano na (grafikonu 1). Naime, ako se u navedenu jednadžbu umjesto »x« uvrste postupno vrijednosti vlage tla u tež. % dobiju se odgovarajuće vrijednosti »y«, tj. otpor elektrovodljivosti u log-ohms. Nanoseći i spajajući njihove vrijednosti na koordinatnom sustavu, nastaju krivulje (dijagrami) koji služe za određivanje vlažnosti u bilo kojem trenutku. U svrhu održavanja povoljne vlažnosti u supstratu potrebno je na prikazani način izvršiti baždarenje, matematičku obradu i izraditi krivulju za pojedine dubine (najčešće 0—15, 15—30 i 30—45 cm). Ovaj postupak zahtijeva dosta truda i vremena. Međutim, znatno ubrzanje (pogotovo kada se radi o većem broju blokova — mjernih mjesta) izrada krivulja se može postići ako se baždarenje vrši u laboratoriju, a matematička obrada putem kompjutera.

UPOTREBA DIJAGRAMA U DOZIRANJU VODE

U trenutku kada se želi znati stanje vlage na određenoj dubini na supstratu tada se na odgovarajućem bloku izmjeri otpor u log-ohms. Vrijednost otpora se nađe na ordinati analognog dijagrama. Zatim, paralelno s apscisom se prenese vrijednost otpora na krivulju, a onda — paralelno s ordinatom na apscisu. Na apscisi se dobije vlažnost izražena u tež. %. Na apscisi su označene i vrijednosti gornje i donje granice optimalne vlažnosti. Ako se trenutačna vlažnost supstrata nalazi unutar ovog intervala navodnjavanje se odgađa. Ako je trenutačna vlažnost na donjoj granici intervala ili oko njezine vrijednosti, navodnjavanje je potrebno vršiti. Prije izvođenja navodnjavanja određuje se obrok navodnjavanja. U formulu za izračunavanje obroka se uvrsti određena vrijednost trenutačne vlažnosti i dobije se količina vode koju treba dodati navodnjavanjem u tom trenutku.

UTJECAJ DOZIRANJA VODE NA PRINOS I KVALITET PRINOSA

Budući da se voda u supstratu osigurava jedino navodnjavanjem, ova mjera se obavezno primjenjuje pri uzgoju kultura u staklenicima.

Međutim, u našoj stakleničkoj proizvodnji doziranje vode se uglavnom izvodi prema nahođenju proizvođača. Ovakav nestručan pristup u dozira-

nju vode zapravo predstavlja nekontrolirano izvođenje navodnjavanja. Zbog toga često dolazi do nepovoljnog vodnog režima u supstratu, koji postaje limitirajući faktor za ostvarenje većih prinosa i unapređenja intenzivnog uzgoja kultura. Ovu tvrdnju potvrđuju i rezultati istraživanja (Tomić, 1977).

Tabela 2 — Prinos rajčice u kg/100 m²

Staklenik	Ostvareni prinos			L S D	
	Kontrolir. navodnjava.	Nekontrolir. navodnjava.	Razlika	5%	1%
»Jadro« Split	1095	945	150	61	93
»Vrana« Biograd	1055	965	90	58	81

Tabela 3 — Broj cvjetova na 100 m²

Kultura	Staklenik	Vegetacijsko razdob. u mjesecima	Ubrani broj cvjetova		Razlika	5%	1%
			Kontrol. navodnj.	Nekontrol. navodnj.			
Karanfil	»Žitnjak« Zagreb	26	55.925	40.688	15.237	4.720	6.810
	»Jadro« Split	14	31.835	30.525	1.310	1.106	1.580
	»Zadar« Zadar	18	36.942	31.163	5.779	1.582	1.938
Gerber	»Jadro« Split	14	16.456	14.975	1.481	1.095	1.476
Ruža	»Zadar« Zadar	20	17.730	15.190	2.540	1.121	1.638

Rezultati pokazuju da je ostvareni veći prinos rajčice (tabela 2) i cvjetova cvjećarskih kultura (tabela 3) u uvjetima kontroliranog navodnjavanja (pravilne primjene doziranja vode) statistički opravdan u odnosu na uvjete nekontroliranog navodnjavanja (dodavanje vode prema iskustvu ili vizuelno-opipna metoda).

Utjecaj različitog pristupa pri doziranju vode (izvođenju navodnjavanja) na lokalitet cvjetova najraširenijih cvjećarskih kultura je vidljiv u tabeli 4. Pri kontroliranom navodnjavanju ili doziranju vode na osnovu stanja vlage u supstratu, ostvaren je bolji kvalitet cvjetova u svim staklenicima u odnosu na nekontrolirane uvjete navodnjavanja. Na varijanti nekontroliranog navodnjavanja dodavanje vode za navedene kulture nije vršeno u trenutku kada se vlažnost supstrata spustila oko vrijednosti donje granice optimalnog intervala već prema nahođenju proizvođača, oslanjajući se na iskustvo i vizuelnu procjenu. U ovim uvjetima su se pojavljivala razdoblja tokom ve-

Tabela 4 — Kvalitet cvjetova u različitim uvjetima navodnjavanja

Kultura	Staklenik	Klase	Ostvareni kvalitet cvjetova u % pojedinih klasa	
			Kontrolirano navodnjavanje	Nekontrolirano navodnjavanje
Karanfil	»Jadro« Split	I	78,3	68,2
		II	17,4	25,1
		III	4,3	6,7
		ukupno	100,0	100,0
Karanfil	Zadar »Zadar«	II	20,4	20,3
		I	76,8	61,1
		III	2,8	18,6
		ukupno	100,0	100,0
Karanfil	»Žitnjak« Zagreb	I	74,0	65,5
		II	20,3	28,4
		III	5,7	6,1
		ukupno	100,0	100,0
Gerber	»Jadro« Split	I	52,3	44,6
		II	34,2	35,3
		III	13,5	20,1
		ukupno	100,0	100,0
Ruža	»Zadar« Zadar	extra	22,7	2,3
		I	37,5	30,0
		II	25,6	34,2
		III	14,2	33,5
		ukupno	100,0	100,0

getacije u kojima biljka nije imala na raspolaganju dovoljno vode, kao i razdoblja s prekomjernom vodom u supstratu. U oba ova slučaja fiziološki proces biljke morali su biti više ili manje oštećeni (Tomić 1973. i Tomić et. al, 1976). Kada se je pri nekontroliranom navodnjavanju dodavala veća količina vode nego što je supstrat rizosfere mogao zadržati, dolazilo je do ispiranja hraniva. Ovaj slučaj se je smjenjivao s pojavom nedovoljne vlažnosti u rizosferi, pa se nije mogla odvajati potrebna transformacija i korištenje hraniva od strane biljaka. U uvjetima doziranja vode prema stanju vlažnosti u supstratu ove nepovoljnosti nisu dolazile do izražaja (ili su dolazile u manjoj mjeri), pa je i ostvaren povoljniji prinos i kvalitet cvjetova (Tomić, 1977).

OSNOVNI ZAKLJUČCI

Na osnovu razmotrene problematike osnovni zaključci su:

1. Pri uzgoju kultura u staklenicima prirodne oborine ne dolaze izravno do izražaja, te se voda u supstratu osigurava samo navodnjavanjem.

2. Primjenom navodnjavanja treba održavati vlažnost supstrata u njeznom optimalnom intervalu za svaku kulturu. Nepovoljni interval vlažnosti za karanfil od poljskog vodnog kapaciteta do njegove 75%-tne vrijednosti. Za gerber 100—50% fiziološki aktivne vode, ružu 100—50%, a rajčicu 100—60% fiziološki aktivne vode u supstratu.
3. Dodavanje vode navodnjavanjem treba vršiti kada trenutačna vlažnost uzgajanog supstrata iznosi oko vrijednosti donje granice optimalnog intervala za uzgajanu kulturu.
4. Trenutačna vlažnost tla se može mjeriti na više načina. Ako se primjenjuje elektrometrijska metoda prethodno se vrši baždarenje mjerača i izrada potrebnih dijagrama.
5. Obrok navodnjavanja se određuje na osnovu dubine vlaženja, volumne težine supstrata, poljskog vodnog kapaciteta (ili retencionog kapaciteta) i trenutačne vlažnosti u uzgojnom supstratu. Ove vrijednosti se upotrebljavaju do dubine vlaženja.
6. Statistički opravdan veći prinos rajčice i cvječarskih kultura je ostvaren u uvjetima gdje je primjenjivano doziranje vode na osnovu mjerenja vlage u tlu, u odnosu na varijantu s nekontroliranim izvođenjem navodnjavanja (doziranje vode na osnovu iskustva proizvođača).
7. U uvjetima kontroliranog navodnjavanja postignut je i bolji kvalitet cvjetova.

L I T E R A T U R A

1. **Tomić F. (1971):** Vodni režim tla i njegov utjecaj na uzgoj karanfila u zatvorenom prostoru, Disertacija Zagreb.
2. **Tomić F. (1973):** Reguliranje vodnog režima tla za intenzivni uzgoj karanfila, Zemljište i biljka, Vol. 22 No 1, str. 105—117, Beograd.
3. **Tomić F. (1974):** Interval vlažnosti tla pri uzgoju poljoprivrednih kultura, Savjetovanje o fizici tla, Ljubljana.
4. **Tomić F. (Brnetić I., Šalinović I., Škorić Z., (1977—1979):** Stvaranje i održavanje optimalnih proizvodnih uvjeta za intenzivni uzgoj kultura u staklenicima, Godišnji izvještaji SIZ-u IV, Zagreb.
5. **Tomić F., Brnetić I., Milas S. (1975):** voda i hraniva za intenzivni uzgoj rajčice u staklenicima, I kongres o proizvodnji hrane u Jugoslaviji, Novi Sad.
6. **Tomić F., Brnetić I., Tomaš I., Škorić Z., (1976):** Reguliranje stanja vode i hraniva u tlu za intenzivni uzgoj kultura u staklenicima. Završni izvještaj Savjetu za znanstveni rad SRH, Zagreb.
7. **Vučić N (1976):** Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
8. **Vukašinić S. (1961):** Visoki prinosi i odnos biljke i vode u zemljištu, Vodoprivreda Jugoslavije, br. 1—2, Beograd.