

Prof. dr M. Gračanin

Laboratorij za pedologiju i ishranu bilja Agroinstituta Zagreb

PRILOG DIJAGNOSTICI OPSKRBLJENOSTI BILJAKA DUŠIKOM

I. ZNAČENJE TESTIRANJA NITRATA

Uvod

Opskrbljenost usjeva dušikom prosuđuje se u praksi ponajčešće na osnovu vizuelnih znakova, koji se dadu zapaziti na nadzemnim organima. Bujan rast tih organa, povećana površina lisne plojke (lamine) te njena intenzivno zelena do tamnozeleno boja, uz osjetljivo odebljanje stabljike, smatramo dobrim pokazateljima izdašne ishrane usjeva dušikom. Mnogo je teže ocijeniti opskrbljenost dušikom kod osrednje ishrane tim hranivom ili u slučaju kada je slab razvoj nadzemnih organa uvjetovan nedostatkom nekih drugih bioelemenata, odnosno štetnim utjecajem pojedinih ekoloških faktora. U takvim prilikama biljke se slabo razvijaju i kraj obilja raspoloživog N u tlu. Ta saznanja bila su poticaj istraživačima da pokušaju pronaći metode kojima bi se moglo brzo odrediti stanje N u tlu i snabdjevenost usjeva dušikom.

Kao što je poznato bogatstvo tla dušikom ocjenjuje se često na osnovu sadržine ukupnog N, pri čemu se pretpostavlja, da su tla s manje od 0,05 % N vrlo slabo opskrbljena, ona s 0,10—0,25 osrednje do dobro, a tla s preko 0,35% N vrlo dobro opskrbljena tim hranivom. Radi se pretežno o organskom N, koji biljno korijenje ne može izravno primiti; on se mora prethodno mineralizirati u amonijski i nitratni N da bi mogao poslužiti biljkama za hranu. Brzina procesa mineralizacije ovisi o intenzitetu mikrobioloških procesa, a ta je, kao što je poznato, u različitim pedosistematskim jedinicama prilično različita. Zato je potrebno prethodnim istraživanjima utvrditi što znače za proizvodnju granične vrijednosti ukupnog N nađene u pojedinim pedosistematskim jedinicama.

Obzirom na to što nitrati i amonijske soli predstavljaju glavne spojeve, kojima više biljke podmiruju svoje potrebe u dušiku, mi u laboratorijskoj praksi obično kontroliramo i status ovih N-spojeva. Istraživanja su pokazala, da ta kontrola može biti veoma korisna, no da je potrebno pratiti dinamiku NO_3 i NH_4 u toku čitave vegetacijske periode odnosno godine, ako se želi dobiti predodžbu o sposobnosti pojedinih tipova tla da opskrbljuju usjeve aktivnim N-spojevima. Posebnu pažnju zaslužuje kontrola stanja nitrata u biljnim organima, pa smo odlučili u ovom kratkom prikazu razmotriti značenje testiranja nitrata u dijagnostici opskrbljenosti usjeva dušikom.

Testiranje nitrata u biljnim organima

Nakon što su Hoffer (1926) te Niklas i Grandel (1927) objavili rezultate istraživanja u odnosu između nitrata u biljkama i hranljivoj sredini, testiranje nitrata sve je više primjenjivano u dijagnostici opskrbljenosti biljaka dušikom. U novije vrijeme ono je našlo i prilično široku primjenu u praksi (Schutt, Cerling, Magnicki, M. Gračanin i dr.).

Dok su neki ispitivali prednosti difenilamin-metode odnosno testiranja nitrata pomoću sulfanilne kiseline i α naftalamina (Bray), dotle su drugi proučavali teoretske osnove metode (M. Gračanin) i mogućnosti njene primjene u širokoj praksi (Cerling). Posljednjih godina metode folijarne analize široko su primjenjivane i u praksi Laboratorija Agroinstituta u Zagrebu, a na usjevima Agrokombinata, pa su stečena izvjesna saznanja i iskustva o kojima bih ovdje kratko referirao.

Napomenuo bih da smo istraživanjima pokušali dobiti odgovor na ova pitanja:

1. da li testiranje NO_3 u biljnim organima može pružiti vjernu sliku stanja ishrane usjeva dušikom,
2. da li to testiranje indicira stanje zaliha aktivnog N u tlu,
3. koje organe treba testirati i kada i
4. što može pružiti testiranje nitrata našoj biljno-hranidbenoj praksi.

Prije nego pokušamo odgovoditi na ova pitanja napomenut ćemo da prisutnost nitrata prosuđujemo na osnovu intenziteta plave boje i brzine njezina pojavljivanja utjecajem difenilamina na sok ili biljna tkiva, po ovoj skali:

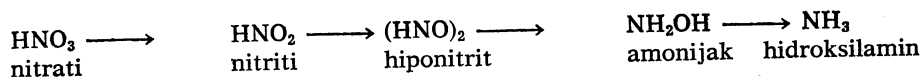
	Oznake	Numer., klasifikacija
reakcija negativna (nema obojenja)	n (nema nitrata)	. . . 0
plava boja jedva zamjetljiva	t (tragovi)	. . . 1
vrlo slabo plava	v. m. (vrlo malo)	. . . 2
reakcija spora, boja svjetlo plava	m (malo)	. . . 3
reakcija spora, boja zatvoreno plava	d (dosta)	. . . 4
reakcija brza, boja zatvoreno plava	mn (mnogo)	. . . 5
reakcija vrlo brza, b. tamno plava	v. mn. (vrlo mnogo)	. . . 6

ZNAČENJE TESTIRANJA NITRATA U PRAKSI ISHRANE USJEVA

Valja odmah naglasiti da testiranje NO_3 pruža samo uvjetno uvid u stanje ishrane usjeva dušikom. Dobro indicira to stanje u tlima u kojima se opskrba dušikom vrši pretežno na račun amonijskog, a dijelom i nitratnog N. Ako se biljke hrane isključivo amonijskim dušikom onda u biljnim organima ne možemo naći nitrata. Veća ili manja prisutnost nitrata u biljnim tkivima svjedoči da su usjevi više ili manje snabdjeveni dušikom. Ako nitrata nema u biljkama izraslim u tlima, u kojima se normalno odigravaju nitrifikacijski procesi, onda se može naslutiti da je opskrba usjeva ostalim izvorima N nedovoljna; nitratni dušik se, naime, u tome slučaju veoma brzo reducira u biljnim organima, pa ih u zelenim tkivima ne nalazimo.

Bogatstvo biljnih organa nitratima redovito je znak vrlo dobre opskrbljenosti usjeva dušikom. Ipak ima iznimaka! Ako je razvoj biljaka deprimiran zbog nepovoljnog metabolizma, odnosno nepovoljne konstelacije nekih fiziološko-ekoloških faktora, može doći do nagomilavanja NO_3 u biljnim organima i pri relativno slaboj koncentraciji NO_3 u tlu. Tako se može desiti da se nitrati nagomilavaju zbog nedostatka S i P, koji su prijeko potrebni da bi se nitratni N mogao ugraditi u organske N-spojeve, napose proteine, nukleo-proteine i sl.

Isto tako moglo bi doći do nagomilavanja NO_3 ako biljka oskudijeva reduktorima potrebnim za redukciju nitrata u dušik aminokiselina. Nakon sorpcije od strane korijenova sistema nitrat-ijoni podliježu redukciji u kojoj sudjeluju encimi zvani reduktaze. Po opće prihvaćenoj teoriji nitrati se u biljnom organizmu reduciraju po ovoj shemi:



Sve ove promjene praćene su s promjenama valentnosti atoma dušika, a odigravaju se uz pomoć encima: nitrat-reduktaze, nitrit-reduktaze, hiponitrit-reduktaze i hidroksilamin-reduktaze. Ovi elementi pripadaju grupi flavoproteida tj. encimima, kojima kao kofaktori služe flavinadeninnukletidi (FAD), a kao njihovi aktivni metali: molibden (Mo), bakar (Cu), željezo (Fe), mangan (Mn), pa i magnezij (Mg). Valja istaći da je nitrat-reduktaza inducirajući encim tj. encim, koji se brzo tvori u stanicama uporedo s nagomilavanjem nitrata. Aktivatorom te nitratne reduktaze je molibden. Ako biljka oskudijeva molibdenom onda ne dolazi do aktivacije nitratne reduktaze, pa prema tome ni do redukcije nitrata u nitrite. Pomanjkanje molibdena moglo bi dakle biti razlog nagomilavanje nitrata u biljnim organima. U tome slučaju moglo bi nas samo testiranje nitrata dovesti do pogrešnog zaključka da je tlo bogato dušikom. Bilo bi korisno poznavati i status Mo u biljkama ili tlima na kojima biljke rastu, kako bi ocjena opskrbljenosti biljaka dušikom bila što pouzdanija.

Koje organe i kada valja testirati

Na ovo pitanje nije moguće dati jednoznačan odgovor. To zato što različite biljne vrste ne nagomilavaju nitrata jednako u istim organima. U literaturi postoji dosta podataka o podesnosti pojedinih organa za testiranje, kao i o vremenu testiranja.

Prema našim i istraživanjima nekih drugih autora, čini se da je lisna plojka organ najmanje podesan za testiranje nitrata. U lisnoj plojci odigravaju se obično najintenzivniji procesi ugrađivanja anorganskog u organski N, jer je ono sijelo i najintenzivnijih fotosintetskih procesa, dakle i tvorbe ugljičnih hidrata, bazične supstance potrebne za sintezu organskih N-spojeva. Upravo zbog toga količina NO_3 u lisnoj plojci može veoma kolebat. Dalje je dokazano da se nitrati u lišću nekih speciesa uopće ne pojavljuju, čak ni onda kada u tlu ima dosta nitrata. Tako npr. nitrata nismo nikad našli u lišću nekih fanerofita kao što su hrast, grab, bukva, kesten itd. Ova pojava nije definitivno objašnjena, no sva je prilika da kod nekih vrsta biljaka dolazi do redukcije nitrata već u podzemnim organima. U novije vrijeme ističe *Cerlingova* (1971) da nitrati nisu odsutni u nadzemnim organima svih Rosacea, već samo onih, koji se odlikuju jako reduciranim N-spojevima i sadrže CN-grupe; među takve pripadaju jabuka, kruška, trešnja, šljiva, badem i sl. Kod nekih od ovih nitrati su nađeni u perifernim dijelovima korijenja.

Kad je riječ o korijenju treba odmah reći da je testiranje nitrata u korijenju veoma neophodno kod perenih biljaka, napose fanerofita, ali je ote-

žano i kod anuelnih biljaka, navlastito u sušnim periodima i kasnijim fazama razvoja.

Kada se radi o anuelnim, kulturnim biljkama onda nam za određivanje nitrata mogu najbolje poslužiti peteljka (petiolus) i stabljika (kaulom), jer se u tim organima anorganski N ponajčešće mnogo sporije reducira, pa ga tu možemo i najlakše otkriti. Na to upućuju istraživanja Cerlingove i M. Gračanića. Kod kulturnih graminea, kao što su pšenica, ječam, raž, a napose kukuruz, dajemo prednost testiranju nitrata u stabljici, no usput određujemo i NO₃ u lišću. Kod kukuruza se služimo sokom iz glavne cijevi lamine, te sokom iz stabljike. Novija su nas istraživanja uvjerila da je za testiranje nitrata naročito podesan oko 0,5 do 1 cm debeo poprečni rez stabljike kukuruza, poblize bazalnog nodija. Kod ostalih graminea istražujemo bazalni i medijalni dio stabljike.

Odnos između nitrata nađenih u lišću odnosno lamini i ostalim dijelovima nadzemnih organa vidi se iz tabele 1. u kojoj je taj odnos predočen kod različitih speciesa, dok je u tabeli 2. prikazan raspored nitrata u kukuruзу izraslom na različitim tlima Agrokombinata Zagreb.

Podaci u tabeli 1 jasno pokazuju da je određivanje NO₃ u peteljci i stabljici biljaka pouzdaniji pokazatelj opskrbljenosti biljaka nitratima nego u samoj plojci. Samo u slučaju kada je supstrat veoma bogat nitratima nalazimo ih tada obilno i u samoj lamini.

U žitaricama testiramo nitrate prije svega u stablici i to kod mlađih biljaka samo u soku, a kod starijih i na presjeku stabljike. U tabeli 2 uspo-ređeni su nalazi nitrata u soku i u prerezu stabljike; iz podataka se vidi da je testiranje NO₃ u presjeku sigurnije nego u samom istisnutom soku stabljike

Tabela 1 — Nitrati u različitim organima biljnih vrsta

Species	plojci	NO ₃ u peteljci	stabljici	korijenu
<i>Zea mays</i>	t-v. m.	—	d	d
<i>Triticum vulgare</i>	m	—	d	d-mn
<i>Pisum satioum</i>	t	v. mn	v. mn	v. mn
<i>Lupinus albus</i>	n	—	v. m	m-d
<i>Arachis hypogea</i>	m	d	d	mn
<i>Sinapis alba</i>	m-d	—	d	d-mn
<i>Nicotiana tabacum</i>	d	—	mn	v. mn
<i>Cucurbita pepo</i>	m-d	mn	v. mn	mn
<i>Helianthus annuus</i>	v. m.	d-mn	m	d
<i>Ricinus communis</i>	n	m-d	m-d	m-d
<i>Avena sativa</i>	d	—	mn	mn
<i>Hordeum vulgare</i>	d	—	d-mn	m-d
<i>Urtica urens</i>	t-m	m-mn	mn	—
<i>Sambucus nigra</i>	t-m	mn	—	—
<i>Pirus malus</i>	n	n	—	—
<i>Pirus communis</i>	n	n	—	—

kukuruzu. Na presjeku stabljike uočljiva je i raspodjela NO₃ u provodnom sistemu.

I Cerlingova je mišljenja da je za analizu bolje uzeti bilo koji pre-rez biljnih organa nego sam sok, kako je to preporučio Magnickii.

Napomenuo bih da sam kod kukuruza uveo testiranje NO₃ i u soku glavne žile lista, jer se u njemu nalaze nitrati uglavnom u još nereduciranom obliku.

Tabela 2 — Testiranje nitrata u različitim organima kukuruza

Lokalitet i tabla	List sok	NO ₃		
		sok	Stabljika presjek	
Zaprešić				
Bistra T-1	n-t	t-v. m	v. m.	
Novi Dvori T-4	t-v. m.	m-d	d-mn	
Jastrebarsko				
Cvetković CP-4	t-v. m.	v. m.-m	v. m.-d	
Cvetković CP-2	n	n	n	
Bratina B-5	v. m.-m	v. m.-m.	m-mn	
Kupinečki Kraljevac				
T-4	m	m-d	v. mn.	
Vel. Gorica				
Vukovina V-26	n-v. m.	n-v. m.	d-v. mn.	
V-32	n-v. m.	t-m	m-d	
V-1	n	n-t	v. m.-d	
Kušanec K-16	n-m	n-m	m-mn	
Ivanić-Grad:				
Opatinec T-17	t	t	m-d	
Novoselec T-11	t	n-t	mn-v. mn	
Novska:				
Lipovljani (Subotska) L-7	n	n	v. m.	
Grede L-1	t-v. m.	t-v. m.	m. mn	
Kutina:				
Vlahinička V-24	n	t	mn-v. mn	
V-27	n	n	t	
Garešnica G-20	n	v. m.	m-mn	
Terez. Polje K-9	n	n	n	
Čazma:				
Laminska La-1	t	v. m.-m	mn	
Pleščica T-1	n	v. m.-m	d	
Cerina	n	n	n	
Bjelovar:				
Gaj-Severin H-20	n-v. m.	v. m.-m	m-mn	
Nova Rača T-4	v. m.-m.	v. m.-m	md-v. mn	
T-1	t	v. m.	m-mn	

Zbog toga analiza soka glavne žile bolje indicira prisutnost NO₃ nego čitava plojka.

Posebnu pažnju zaslužuje vrijeme uzimanja uzoraka biljnih organa za analizu. Kada smo u početku naših istraživanja testirali NO₃ u samoj plojci, pokazalo se da već doba dana može imati odlučan utjecaj. Najveće vrijednosti dobivali smo u jutarnjim satima, dok je prema podnevu, napose za sunčanog dana, nitrata bilo sve manje, jamačno zbog intenzivne redukcije i ugrađivanja nitrarnog N u organske N-spojeve. Kada smo prešli na testiranje nitrata u peteljci, stabljici ili korijenovu sistemu, pokazalo se da dnevno kolebanje ima mnogo manji intenzitet, izuzev u slučaju kada su zalihe NO₃ u tlu vrlo malene.

Mnogo veće značenje u testiranju nitrata ima doba godine odnosno faza razvoja biljaka. U Laboratoriju Agroinstituta postoji prilično opsežan dokumentacioni materijal, koji nedvojbeno pokazuje da količina raspoloživih nitrata u tlu, a jednako i u usjevima, vanredno kolebaju u toku godine (7). U tabeli 3 predočili smo samo neke podatke o hodu nitrata u toku ontogeneze pšenice, koji tu činjenicu lijepo ilustriraju.

Kao što vidimo nije dovoljno samo jedamput odrediti NO₃ u biljnim organima, već je potrebno pratiti ga u toku čitave ontogeneze, a naročito od

*Tabela 3 — Hod NO₃ u stabljici pšenice (Libellula)
u toku vegetacijske periode
Saisongang der Nitrate im Winterweizenhalm*

Lokalitet	1—7. IV 1970.	23—28. IV 1970.	12—19. V 1970.	15—19. VI 1970.	25. VI 1970.
1. Zaprešić					
Prigorje — 1	d	n-v. m.	t	n	t
Novi Dvori — 6	d-mn	m-d	d	t	n-t
2. Velika Gorica					
Kušanec — 45	m-z	d-mn	n	n-t	n
Vukovina — 9	mn	mn	m	n	n
3. Božjakovina					
Štakorec — 8	mn	mn	mn	m	t-m
Prečec — 15 (P-1)	d-mn	m	n	n-t	t
4. Ivanić-Grad					
Topolje — 1	vm-d	n	n	n	v. m.
Obreška — 2	mn-v.	—	m-d	—	t-d
5. Garešnica					
T-7	mn	v. m	n	t	n
Hrastovac H-9	d-mn	n-v. m.	n	n	n
6. Čazma					
Laminska LA-1	m	v. m	n	n-t	n
Vagovina Vg-1	n-d	d-mn	n	n	n-t
7. Bjelovar					
N. Rača — Sred.					
Polje	d-mn	mn	v. mn	n	n-v. m.
Gaj-Severin	d-mn	n-d	v. m-m	n	—

druge i treće fenofaze pa do cvatnje i klasanja žitarica. To je vrlo važno već i zato jer se prihranom mogu osigurati potrebne količine dušika u različitim fenofazama razvoja usjeva.

Ponekad se dešava da se ishrana dušikom naročito u fazi vlatanja naglo pogoršava, bilo radi nedovoljne opskrbljenosti tla ekološki aktivnim dušikom, bilo zbog humiditeta klime i ispiranja nitrata. Testiranje nitrata u nadzemnim organima odmah otkriva nepovoljno stanje ishrane dušikom.

Ako u fazi vlatanja ili klasanja nađemo u nadzemnim organima znatne količine nitrata onda je to obično dokaz da su usjevi bili pregnojeni dušikom. Prisutnost manjih količina NO_3 u tim fenofazama upućuje na dobru ishranjenost dušikom, dok odsutnost nitrata u fazi klasanja ne mora biti dokazom nedovoljne ishrane.

Praćenje hoda opskrbljenosti usjeva dušikom u pojedinim fenofazama razvoja i uspoređivanje dobivenih vrijednosti s postignutim prirodnima, napose visokim, može znatno doprinijeti objektivnijoj evaluaciji testiranja nitrata.

Odnos između NO_3 u tlu i biljnim organima

Odmah u početku naših studija provjeravali smo mnogim laboratorijskim i poljskim istraživanjima kvantitativne odnose između nitrata u biljnim organima i tlu pa smo ubrzo dospjeli do saznanja da postoji uočljiv, ako ne i sasvim pravilan odnos između NO_3 -vrijednosti biljaka i tla. Na tlima bogatim nitratom kulturama su biljke sadržale redovito dosta nitrata i obrnuto, ako u tlu nije bilo nitrata onda ih ni u biljkama nismo mogli naći. Navest ću ovdje samo nekoliko primjera o odnosu NO_3 vrijednosti konstatiranim u biljnim organima i koncentracije NO_3 u hranivim otopinama (tabela 4).

Tabela 4

Vrsta	Koncentracija NO_3 u supstratu u %	Nađeno u NO_3 u stabljici
Zea mays	0	v. m.
	0,0015	d
	0,0150	mn-v. mn
Triticum vulgare	0	t-v. m.
	0,0015	d-mn
	0,0150	v. m
Avena sativa	0	v. m
	0,0015	mn
	0,0150	v. mn
Helianthus annuus	0	v. m
	0,0015	d
	0,0150	v. mn
Hordeum vulgare	0	t
	0,0015	mn
	0,0150	v. mn
Arachis hypogea	0	v. m
	0,0015	m-d
	0,0150	mn

Ovi pokusi vršeni su u vodnim kulturama s mladim biljkama uzgojenim u vodovodnoj vodi iz sjemena. Biljke su zatim prenesene u naš hranljivi supstrat (Gračanin M. 1932) bez N, u 1/4 normalnoj koncentraciji. Hranljivim otopinama dodavan je $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ u količinama navedenim u tabeli 4. Nitrati su testirani već nakon 48 sati.

Kauzalni odnosi između nitrata u biljkama i u različitim tlima provjeravani su na čitavom nizu tipova, počam od podzoliranih tala Hrvatske, nizinskih hidromorfni tala gornje Posavine, smeđih karbonatnih i sivih do žućkastosivih karbonatnih tala Hrvatskog zagorja i Makedonije, skeletoidnih brdskih i planinskih tala Zagrebačke gore i Peristera, smolnica i slanjača, antropomorfnih vrtnih crnica i aluvijalnih tala. Na ovom mjestu prikazat ćemo samo neke rezultate naših istraživanja, koji mahom jasno upućuju da između nitrata u tlu i u biljkama koje na njima rastu postoji pozitivan odnos.

U prirodnoj vegetaciji podzoliranih tala ponajčešće nismo našli ništa nitrata što se vidi iz tabele 5. Fanerofiti, koje smo istraživali ne sadrže doduše ni na drugim tlima nitrata ni u lamini ni u petiolusu, ali je značajno da ni u tlu nismo našli ništa nitrata. Samo *Cyclamen europaeum* sadržao je nešto malo nitrata u tlu, a dosta u peteljci. U zeljastim biljkama voćnjaka zagrebačke diluvijalne terase, koji su gnojeni umjetnim i stajskim gnojivima nađeno je nešto nitrata, jednako kao i u tlima na kojima su rasli, ali isto tako i u poljskim tlima pod kulturom pšenice. U oba ova slučaja radi se o antropomorfnim podzoliranim tlima. Istraživanja jasno pokazuju, da na prirodnim podzoliranim tlima, u kojima nema nitrata, ni usjevi ne sadrže nitrata.

Vegetacija smeđih i sivih karbonatnih tala ponajčešće sadrži nešto nitrata, pa i vegetacija koja na njoj raste.

Hidromorfna kisela tla obično ne sadrže nitrata pa tako ni vegetacija koja na njima raste. Međutim, hidromorfna tla Agrokombinata Zagreb, koja su posljednjih godina intenzivno obrađivana i fertilizirana, redovito sadrže izvjesne količine nitrata, barem jedan dio godine. Takvo stanje nitrata u tlu reflektira se dakako i u usjevima, što se dade razabrati iz podataka u tabeli 5.

Biljke uzgajane na aluvijalnim karbonatnim tlima redovno sadrže nitrata ako ih u tlu ima manja ili veća količina

U skeletoidnim brdskim tlima s acidnom sitnicom ne nalazimo nitrata, kao ni u prirodnoj vegetaciji koja na njima raste.

Najviše nitrata ima u intenzivno fertiliziranim tlima vrtova, ali ih mnogo nalazimo i u mladim usjevima na poljima, ako su obilno fertilizirani nitrata. Na takvim tlima i sama je lamina često bogata nitrata (vidi tabelu 5).

Kao što vidimo iz ovih podataka postoji ponajčešće pozitivan odnos između bogatstva tla nitrata i količine NO_3 u stabljici, peteljci, a eventualno i drugim organima biljaka. Ne smije se zaboraviti, prilikom terenskih istraživanja, da samo neke biljke mogu biti indikatori stanja NO_3 u tlu.

Tabela 5

Tlo i biljna vrsta	lamini	NO ₃ u		
		petiolusu	kaulomu	tlu (Boden)
I. Podzolasta tla				
1. Quercu-Carpinetum	n	n	—	n
Quercus petraea				
Carpinus betulus	n	n	—	n
Fagus silvatica	n	t	—	n-t
Castanea sativa	n	n	—	n
Prunus avium	n	n	—	n
Cyclamen europaeum	n	d	—	v. m.
2. Voćnjak (Obstgarten)				
Pirus domestica	n	n	—	n
Pirus malus	n	n	—	n
Sambucus nigra	v. m.	mn	—	d
Urtica urens	t-mn	m-mn	mn	d
Mentha piperita	v. m.-m	m	m-d	m-d
3. Polje (Acker)				
Titricum vulgare	n	—	d	m-d
Zea mays	v. m.	—	d	d
II. Smeđa i siva miner. karb. tla — Braune u. graue mineralische Karbonatböden				
Triticum vulgare	n	—	t-v. m.	v. m.
Hordeum vulgare	n	—	v. m.	v. m.
Medicago sativa	n	t	t	t
Taraxacum off.	t	d	m	m
III. Aluvijalna karb. tla Aluviale Karbonatböden				
Helianthus annuus	v. m.	d-mn	m	d
Zea mays	n-t	—	d	d
Avena sativa	d	—	mn	d
Cucurbita pepo	m-d	mn	v. mn	d-mn
IV. Antropomorf. hidromorfna tla. Pšenica — Weizen: Vrtna crnica — Gartenschwarzerde:				
Cucurbita pepo	d-mn	mn	v. mn.	mn-v. mn.
Papaver somniferum	mn	v. mn	v. mn.	mn-v. mn.

U nekim tlima biljke podmiruju svoje potrebe u dušiku pretežno, a u nekim čak isključivo, na račun amonijskih spojeva. U tome slučaju valja testirati amonijski N. Hromatografskom metodom, koju je predložio Japanac K. Ozaki, (modificiranoj po Cerlingovoj i Zinkevičevoj), može se vizuelno ocijeniti bogatstvo biljaka slobodnim aminokiselinama i amidima, na osnovu intenziteta boje i veličine mrlja, koje se pojavljuju na hromatogramima. Metoda je prilično jednostavna pa bi je valjalo primijeniti ne samo kod biljaka koje već u podzemnim organima reduciraju nitrate, već i kod svih biljaka, što rastu na tlima u kojima nema nitrata.

Kada se radi o kulturnim gramineama, koje se uzgajaju na tlima hrvatske Posavine, onda testiranje nitrata može biti prilično dobar pokazatelj opskrbljenosti usjeva dušikom. I u ovom području usjevi podmiruju svoje potrebe u dušiku na račun amonijskog N, što se u tlu neprekidno tvori amonizacijskim procesima, ali se i nitrati tvore nitrifikacijskim procesima, a dijelom dospijevaju u tlo i fertilizacijom (npr. u KAN-u, te neizravno iz karbamida, čiji se dio N transformira u N-nitratni).

Testiranje nitrata u nadzemnim organima biljaka ima još posebno značenje u vrtlarstvu. Poznato je da neke vrtno kulture, kao npr. špinat, mogu nagomilati u zelenim organima enormne količine nitrata, ako je tlo pregnojeno. Prevelike količine nitrata znatno smanjuju dietetsku vrijednost povrća. Prilikom duljeg transporta, uskladištenja i ležanja dolazi često do redukcije nitrata u nitrite, koji toksički djeluju na ljudski organizam već u vrlo malim koncentracijama. Prema dosadašnjim istraživanjima nitriti prevode hemoglobin u metahemoglobin, nesposoban da transportira O₂. Pored toga nitriti djeluju depresivno i na transformaciju karotena u vitamin A₁. Ali i sami nitriti mogu djelovati toksički ako dolaze u većim koncentracijama, a i neizravno ako se u probavnom traktu (npr. male djece) reduciraju u nitrite utjecajem bakterija (H. Jurkowska). Na mnogim vrtlarskim površinama u okolici Zagreba preintenzivno zelena boja povrća često odaje da su kulture pregnojene dušikom. Prije nego to povrće stigne na tržište valjalo bi utvrditi nije li pregnojeno nitratnim N.

Prof. Dr. M. Gračanin:

EIN BEITRAG ZUR DIAGNOSTIK DER STICKSTOFFVERSORGUNG
DER PFLANZEN
I. ZUR BEDEUTUNG DER NITRATTESTIERUNG
IN PFLANZENORGANEN

Der Verf. bringt die Resultate seiner Forschungen über die Anwendbarkeit der Nitrattestierung in Pflanzenorganen in breiter landwirtschaftlicher Praxis. Die Testierung der Nitrate fand in den letzten Jahren grosse Verbreitung in Nordwest-Kroatien und es war notwendig festzustellen unter welchen Bedingungen diese Methode die zufriedenstellende Ergebnisse in der Diagnostik der Pflanzenbedürftigkeit an Stickstoff bieten kann.

Die Testierung der Nitrate in oberirdischen Organen der Pflanzen kann nur unter gewissen Bedingungen gute Hilfe leisten und zwar wenn.

1. die Böden sich normalerweise durch Nitrifikationsprozesse oder durch Fertilisierung mit Nitraten bereichern;

2. zur Testierung der Nitrate nur solche Pflanzen dienen, die keine stärkere Reduktion der Nitrate in den Wurzeln aufweisen. Die Mehrzahl der untersuchten Phanerophyten zeigt keine NO_3 -Akkumulation in grünen Organen;

3. die Testierung im Stamm der Graminaen oder auch im Stiel der Dicotyledonen vorgenommen wird. Bei *Zea mays* bietet die Testierung im Saft des Blatthauptnerves oder noch besser im Querschnitt des mittlern Stammnodiums die zuverlässigsten Stützpunkte.

Es konnte ein positives kausales Verhältnis zwischen Nitratgehalt in Pflanzenorganen und im Boden festgestellt werden.

Podsolige Böden unter natürlicher Vegetation enthalten gewöhnlich keine Nitrate und auch nicht ihre Vegetation. Die auf antropomorphisierten podsoligen Böden wachsenden Pflanzen enthalten dagegen oft mehr oder minder NO_3 -Ionen. Auch in hydromorphisierten aziden Böden die durch Kulturmaßnahmen beeinflusst wurden, konnten gewisse Mengen der Nitrate, ja auch in ihren Pflanzensaatensprossen, gefunden werden.

Für die Diagnostik der N-Versorgung der Pflanzensaatensprossen ist von grösster Bedeutung dass die Testierung nicht nur einmal, sondern in allen Phasen ihrer Entwicklung ausgeführt wird. Die Verfolgung des NO_3 -Ganges in Pflanzenorganen im Laufe ganzer Vegetationsperiode kann für die Ernährungspraxis der Saaten von grösster Bedeutung sein.

In Gebieten wo die Bodeneinheiten mit vorwiegenden Ammonifikationsprozessen und schwachen Nitrifikationsprozessen vorkommen, kann die Anwesenheit der Nitrate in Pflanzenorganen als ein guter Indikator der zufriedenstellenden Ernährung der Saaten betrachtet werden.

Die Testierung der Nitrate hat noch eine besondere Bedeutung im Gartenbau. Überdüngung der Gemüsegärten mit NO_3 , die in den letzten Jahren nicht selten zu bemerken ist, führt zur Verschlechterung des diätetischen Wertes, ja auch zur toxischen Wirkung der Gartenprodukte (Spinat etc). Dadurch bekommt die Nitratbestimmung der Gemüsearten eine nicht unterschätzende Rolle auch in der Hygiene.

LITERATURA

1. Bray R. H. 1945, Nitrates tests for soils and plant tissues. Soil. Science 60, 219—221.
2. Cerling V., 1958, Metodika diagnostirovanija potrebnosti rastenii v azote. Počvovedenie, 1958, 1, 68—74.
3. Cerling V. i A. Zinkevič, Sadržanie svobodnyh aminokislot v tkanjah kak pokazatelj obespečnosti rastenii azotom. Agrohimiija, 9, 107—115.

4. Gračanin M., 1932, Istraživanje relacije između duljinskog rasta korijenovog sistema i fiziološki aktivnog dušika u hranljivom supstratu. Rad Jugoslav. Akademije znanosti i umjetnosti, 244, 94—125.
5. Gračanin M., 1961, Zur Statik und Dynamik des Stickstoffs in podsoligen Böden. *Agrochimica* V, 352—369.
6. Gračanin M., 1967, Određivanje ekološkog statusa N u tlu na osnovu analize biljnih organa. *God. Zbornik PMF Skopje*, 19, 5—29.
7. Gračanin M. i sarad. M. Kadić, V. Primorac i F. Pavlić, 1971, Statika i dinamika dušika, fosfora i kalija u tlima stacionara. Zagreb, 1—74.
8. Hoffer L., 1926, A simple test for detecting the nutrients needs of corn plant. *Journ. of Amer. Soc. of Agr.* XVIII, 1, 29.
9. Jurkowska H., 1971, Effect of dicyanodiamide on the content of nitrates and oxalic acid in spinach. *Agrochimica* XV, 445—453.
10. Magnickii K., 1954, Uprošćenje polevje metode opredelenija potrebnosti rasteinii v udobrenijah po himičeskomu analizu ih soka. *Agrohimičeskie metody issledovania počv.*
11. Niklas H. und Grandel F., 1927, Über die Beziehungen zwischen Pflanzen- und Bodennitrat. *Naturwissen. und Landwirtschaft*, Hf. 12.
12. Ozaki Kiyoshi, 1961, The detection of asparagine as a criterion for top-dressing for rice in the field. *Plant Analysis and Fertilizer Problems. Amer. Potash Inst.* 323—325.
13. Rauterberg E., 1968, Erfahrungen mit dem Diphenylamin-Test zum Nachweis von Nitraten in Pflanzen. *Zeitschr. für Pflanzenernährung u. Bodenkunde*, 121, 1, 4—11.
14. Schutt, K., 1955, Einfache Pflanzenteste und Nährlösungenkontrollen *Gartenbau Nachrichten*, 12—14.
15. Tserling V., 1971, The Diagnostic of Plant Nutrition. *Proceedings of the Internat. Symposium on Soils Fertility Evaluation. New Delphi. Vol. 1*, 211—217.