

ISSN 0370-0291, UDC 63



**ACS**

CROATIA

---

**AGRICULTURAE  
CONSPECTUS  
SCIENTIFICUS**

**POLJOPRIVREDNA  
ZNANSTVENA  
SMOTRA**

---

**VOLUMEN 62 BROJ 3-4 1997**

<http://www.agr.hr/smotra/>

# Djelovanje gnojidbe dušikom na koncentraciju nitrata glavatog radiča

MIRJANA ĆUSTIĆ

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,  
Zavod za ishranu bilja

Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

## SAŽETAK

*Gnojidbeni pokus na crvenom glavatom radiču postavljen je 1991. godine na antropogeniziranom vrtinom tlu. Istraživanja su trajala tri godine i okončana su 1993. godine. Pokus je izveden prema metodi latinskog pravokutnika sa osam gnojidbenih varijanata u četiri ponavljanja. Pored negnojene, kontrolne varijante, u pokusu su bile zastupljene četiri gradacije dušika i dvije gradacije kalija, dok je gnojidba fosforom bila uniformna.*

*Rezultati istraživanja pokazuju da je u pogledu nitrata u radiču došlo do značajnih razlika u koncentracijama, kako po varijantama gnojidbe tako i po godinama istraživanja, na što su zasigurno utjecali klima i tlo kao temeljni čimbenici staništa, odnosno vremenske prilike koje su značajnije odstupale od prosječnih.*

*Značajno je za ova istraživanja da su sve utvrđene vrijednosti nitrata u radiču u berbi (555 - 1057 mg  $\text{NO}_3^-$  /kg) bez obzora na gnojidbu, kao i godinu istraživanja ispod dozvoljenih svjetskih standarda za ovu vrstu lisnatog povrća (1500 -2500 mg  $\text{NO}_3^-$ /kg Z.M.).*

*Izvorni znanstveni rad  
Original scientific paper*

**Ključne riječi :** gnojidba dušikom, nitrati, aminokiseline, glavati radič

## UVOD

Akumulacija nitrata u biljci pojava je koja nastaje kao posljedica prekomjernog primanja nitrata iz tla ili neadekvatne redukcije u biljci.

Poznato je da biljka za biosintezu aminokiselina i proteina treba reducirani oblik dušika, a češće iz tla prima nitratni oblik, koji se stoga prije ugradnje u organske spojeve mora reducirati.

Pored preobilne gnojidbe dušikom, glavnog uzročnika navedene pojave, (osobito nitratnim gnojivima), do prekomjernog nakupljanja nitrata u biljci može doći i zbog njihove neadekvatne redukcije u amonijak, koji je tek podesan za inkorporiranje u glutamin i glutaminsku kiselinu. Obzorom da na proces redukcije nitrata u biljci, utječe veliki broj okolišnih čimbenika ( temperatura, vlaga, svjetlo) ali i opskrba nekim makro i mikro elementima (K, Fe, Mo), moguće je da zbog neadekvatne opskrbe nekim od njih dođe do zastoja u procesu, što ima za posljedicu prekomjerno akumuliranje nitrata u lišću. Pojačano nakupljanje nitrata u biljci ide na uštrb biosinteze aminokiselina, te tako preobilna gnojidba dušikom čini dvostruki nepovoljan učinak, koji je osobito bitan u lisnatog povrća, gdje se konzumira list.

Crveni glavati radič *Cichorium intybus L. var. foliosum*, vrlo je atraktivna vrsta lisnatog povrća, koja ima izuzetno povoljan period skladištenja (do dva mjeseca), te svojim navedenim potencijalom zadovoljava i najizbirljivije gastronomske zahtjeve.

Obzirom da istraživanja o njegovom kemijskom sastavu, kao i o utjecaju gnojidbe na nutritivnu vrijednost radiča gotovo i nema, istraživanja Ćustić 1996. prilog su poznavanju potreba gnojidbe glavatog radiča, kao i utjecaju gnojidbe dušikom na njegovu cjelovitu nutritivnu vrijednost (količinu aminokiselina, minerala i vitamina) s jedne strane, te neželjeno akumuliranje nitrata s druge strane. Ova saznanja od osobite su važnosti za bolje širenje crvenog glavatog radiča u sva ekološki povoljna područja Hrvatske, kao i za njegovo bolje promicanje u gastronomskoj ponudi.

## PREGLED LITETERATURE

Problem gnojidbe dušikom vrlo je širok i obuhvaća razna područja, pa bi se stoga mogao podijeliti na praćenje promijena koje nastaju u biljci primijenom različitih količina kao i oblika gnojiva, ali isto tako i na primijenu različitih razina gnojiva u različitim razdobljima vegetacije, na različitim tlima i za različite kulture. Uz to je dakako važan odnos dušika i ostalih prisutnih hraniva u tlu, osobito povezanost dušika i kalija te nekih mikroelemenata poput željeza i molibdena, što i navodi veći broj autora.

Mnogobrojini su razlozi preobilne akumulacije nitrata u lisnatom povrću. Iako se većina autora slaže da je

opskrba tla dušikom dominantna (Venter 1983; Roorda Van Eysinga i Spaas 1984; Szwonek 1986; Ćustić 1991, Ćustić i sur. 1994) neki autori poput Schuphana (1961), Schuphana i sur. (1967 citirano prema Maynardu 1976) i Maynarda i sur. (1976) navode da su jednako važne i vremenske prilike koje vladaju u razdoblju istraživanja. Osobito važnu ulogu ima količina vode, iz razloga što su nitrati u tlu vrlo pokretni, a zna se da i u biljku ulaze masovnim strujanjem vode, te bi stoga opskrba vodom mogla pored količine nitrata u tlu biti drugi značajan čimbenik akumuliranja nitrata u biljci (Mengel i Kirkby 1987; Haynes 1986; Marschner 1995). Maynard (ibid) naglašava da se gnojidba dušikom prečesto krivi za visoke koncentracije nitrata u biljci, dok su Schuphan i sur. (ibid) uzgajajući špinat više godina, pri istoj gnojidbi utvrdili različite koncentracije nitrata, čak i do pet puta.

Pored navedenog važnu ulogu u akumuliranju nitrata ima svjetlo i temperatura (Beevers i sur. 1965; Bloom-Zandstra 1990; Oaks 1994) kao i prisustvo reduktanata poput NADPH (Werner i sur. 1994).

Dio autora osobito važnim smatra odnos dušika i kalija, iz razloga što biljka oba prima luksuzno te primajući jednoga prima odmah i drugoga da bi održala električnu neutralnost u biljci (Kirkby i Knight 1977; Mengel i Kirkby 1987; Serna i sur. 1992).

Na važnost kalija u metabolizmu dušika ukazuje i Marschner (1995), te navodi da u slučaju njegova nedostatka dolazi do akumulacije topivih N-spojeva poput aminokiselina, amida i nitrata. Reggiani i sur. (1993) navode da ozbiljan problem pri nedostatku kalija za metabolizam dušika predstavlja akumulacija toksičnih tvari poput putrescina i agmatina, koji nastaju dekarboksilacijom arginina.

Među mikroelementima molibdenu zasigurno pripada najvažnija uloga jer je sastavni dio NR te neophotan za enzimatsku redukciju nitrata do nitrita (Hewit i Gundry 1970; Beevers 1976; Kindl 1987) dok željezo ima važnu ulogu u NR u feredoksinu (Mengel i Kirkby 1987).

Što se tiče afiniteta pojedinih kultura prema nitratima, oni su različiti, no, većina autora smatra ipak salatu, špinat, kelj i celer pravim akumulatorima nitrata, pa odatle i naziv "nakupljači dušika". Razlog tomu bi mogao biti u nedostajanju skladišnih organa pa se nitrati akumuliraju u lišću (Maynard i sur. 1976).

Rorda Van Eysinga (1983 i 1984) navodi da lisnato, povrće amumulira daleko više nitrata (500-5000 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$ ) od plodovitog povrća poput rajčice i krastavca (100- 400 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$ ), dok Ruckenbauer (1985. citirano prema Bergmannu 1992) navodi da su dozvoljene koncentracije nitrata u pojedinim povrtnim vrstama različite. Tako za radič, kupus i kineski kupus navodi 1500- 2500 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$ , dok su dozvoljene vrijednosti za salatu 3500-4500 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$ , a za matovilac čak i do 5000 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$ .

Obzirom da se unošenjem previsokih količina nitrata u organizam čovjeka mogu izazvati i nepoželjni efekti po zdravlje ljudi - methemoglobinemija te tvorba kancerogenih i mutagenih tvari poput nitrosamina, FAO je od 1962. do 1992. godine smanjio dozvoljeni unos nitrata u organizam čovjeka sa 500 na 200 do 250 mg  $\text{NO}_3^-$  na dan (JOINT FAO/WHO 1962 te Bergmann 1992).

Budući da crveni glavati radič spada u grupu lisnatog povrća, koje zbog kratkog razdoblja vegetacije ima u prosjeku velike zahtjeve prema tlu (Krug i sur. 1986), moguće je da ukoliko nisu ispunjeni i svi drugi čimbenici, koji utječu na primanje i redukciju nitrata u biljci, dođe do njihovog neželjenog akumuliranja. Kako se radi o vrlo slabo istraženoj kulturi u nas i u svijetu, malo je vjerodostojnih pokazatelja optimalne gnojidbe radiča. One variraju od 50-200 kg N, 100-200 kg  $\text{P}_{205}$  te 80-180 kg  $\text{K}_{20}$ /ha respektirajući specifičnosti pojedinih staništa, no odnose se ipak uglavnom na uvijete Nizozemske, Italije i Slovenije ( Zutt 1984; Saccheti i Xodo 1985; te Osvald 1977) što se dakako treba prilagoditi za naše prilike.

## MATERIJALI I METODE

Tekst Istraživanja su trajala tri godine u periodu od 1991-1993. Provedena su u ambulantom poljskom pokusu na pokušalištu Zavoda za povrćarstvo. Gnojidbeni pokus izveden je prema metodi latinskog pravokutnika. U pokusu je bilo zastupljeno osam gnojidbenih varijanata u četiri ponavljanja. Pored kontrolne negnojene varijante u pokusu su bile zastupljene četiri gradacije dušika i dvije gradacije kalija dok je gnojidba fosforom bila uniformna.

1.  $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$
2.  $\text{N}_0\text{P}_{100}\text{K}_{100}$
3.  $\text{N}_{50}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$
4.  $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$
5.  $\text{N}_{150}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$
6.  $\text{N}_{200}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$
7.  $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_0$
8.  $\text{N}_{200}\text{P}_{100}\text{K}_{200}$

Za istraživanja je odabran crveni glavati radič *Cichorium intybus L. var. foliosum*, kultivar Cesare, selekcija Bejo Zaden, vinsko crvene boje, sa izrazito bijelim lisnim žilama.

Sjeme radiča sijano je u polistirenske kontejnere a razvijene presadnice sađene su na pokusnu površinu, sa razmakom sadnje 40 x 30 cm.

Sadnja razvijenih presadnica na pokusne površine je izvršena različito po godinama istraživanja: 1.08.1991. godine, 11.08. 1992 godine, te 9.08.1993. godine.

Berba radiča obavljena je u tehnološkoj zriobi: 14.10.1991. godine, 17.11.1992. godine i 13.10.1993. godine.

U pokusu je korištena standardna agrotehnika kao i zahvati njege, uključujući i natapanje u dvije od tri godine (u 1992. godini nije dostajalo vode za navodnjavanje).

Osnovna priprema tla izvršena je u jesen dubokim oranjem, dok je prije sadnje tlo obrađeno sjetvo-spremačem. Na pripremljeno tlo aplicirana su mineralna gnojiva, te grabljicama unešena u tlo. Dušik je dodan u obliku KAN-a (27% N) fosfor u obliku superfosfata (18%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) te kalij u obliku kalijevog sulfata (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Prije postavljanja pokusa određena su kemijska svojstva tla: reakcija tla (pH) potenciometrijski kombiniranom elektrodom u 1 M KCl-u (Jackson, 1958), humus metodom prema Tjurinu, ukupni dušik Kjeldahl metodom, te fiziološki aktivni fosfor i kalij amonij laktatnom metodom. Kalij je mjeran plamenfotometrijski, a fosfor spektrofotometrijski (JDPZ, 1966).  $\text{NO}_3^-$  je određen spektrofotometrijski fenol-disulfonskom kiselinom, a  $\text{NH}_4^+$  nesslerizacijom također spektrofotometrijski (Jackson, 1958).

Za određivanje nitrata u biljci uzete su u berbi glavice radiča, te su nitrati određeni u svježem uzorku neposredno nakon berbe, Xylenol metodom (AOAC, 1975).

Statistička obrada rezultata za sve mjerene parametre provedena je prema metodi analize varijance Fischerovim F-testom (Snedecor i Cochran, 1967), korištenjem računarskog programa MSTAT-C (Nissen, 1983).

Za testiranje značajnosti dobivenih nitrata u radiču u svim varijantama pokusa, korišten je Duncanov test signifikantnih rangova (Steel i Torrie, 1960).

## AGROKOLOŠKI UVJETI

Obzirom da klima i tlo čine ekološki okvir u kojem se provode istraživanja, nužno ih je respektirati (Butorac 1986). Osobito je značajan utjecaj vremenskih prilika koje svojim odstupanjima od prosječnih mogu značajno utjecati na polučene rezultate, bilo direktno ili putem tla.

### A) KLIMA

Sa šireg klimatskog aspekta značajno je naglasiti da upravo vremenske prilike u mjesecu kolovozu mogu biti kritične za uspješan uzgoj crvenog glavatog radiča zbog nepovoljnih hidrotermičkih odnosa klime - deficita oborina i obilja topline.

## VREMENSKE PRILIKE U RAZDOBLJU ISTRAŽIVANJA

Radič ima relativno kratko razdoblje vegetacije (oko 90 dana), pa će se pratiti mjeseci od sadnje do berbe, što sveukupno predstavlja 3 do 4 mjeseca, (od kolovoza do listopada - studenog).

### OBORINE

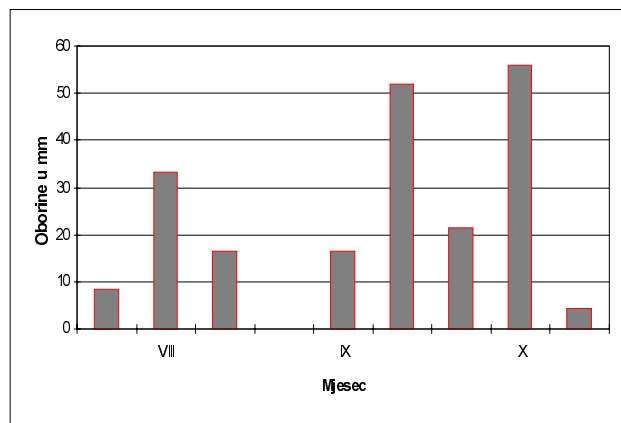
Količina oborina tijekom vegetacijskih mjeseci u 1991. godini iznosila je 58 mm u kolovozu, 68 mm u rujnu te 81 mm u listopadu, što je za kolovoz i rujnu niže od višegodišnjeg prosjeka, a za listopad nešto više.

Iz grafikona 1 se vidi da je raspored oborina po dekadama bio varijabilan. Tako je vidljivo da je najveća količina oborina pala u drugoj dekadi svakog mjeseca.

Obzirom da je sadnja radiča bila u prvoj dekadi kolovoza (1.8.1991.) kad je palo malo oborina, bilo je potrebno izvršiti zalijevanje usjeva odmah po sadnji, ali i primjeniti mjere navodnjavanja, dva puta (u prvoj dekadi kolovoza i prvoj dekadi rujna).

Grafikon 1. Količina oborina u mm u 1991. godini.

Graph 1. Precipitation in 1991 in mm

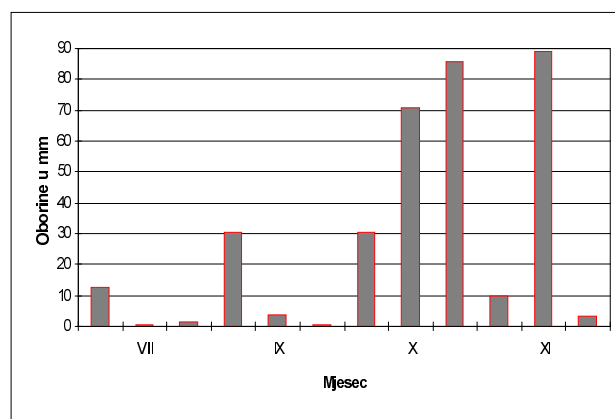


Iz grafikona 2 se vidi da su u 1992. godini oborine vrlo neravnomjerno raspoređene, a kolovoz i rujna su gotovo bez njih. Tako je u kolovozu palo svega 13,9 mm od čega ništa u drugoj dekadi kad je bila osobito potrebna dovoljna količina vode, zbog prethodne sadnje radiča (11.8.1992). Treća dekada kolovoza je također gotovo bez oborina (1,2 mm). Uspoređi li se količina oborina za kolovoz (13,9 mm) sa 30-godišnjim prosjekom oborina za Maksimir vidljivo je da je ova količina ispod minimalne (14 mm). Nešto malo više oborina palo je u rujnu (34,7 mm) ali još uvijek daleko manje od višegodišnjeg prosjeka za rujnu (78 mm). Obzirom na termin sadnje radiča, te izraziti deficit oborina, bilo je neophodno potrebno izvršiti mjere navodnjavanja, što nažalost zbog nedostatka vode na objektu nije bilo moguće ostvariti. Nakon sušnog kolovoza i rujna u listopadu je palo ekstremno puno oborina (204,4 mm) te

je ukupna količina oborina bila daleko iznad višegodišnjeg prosjeka (74 mm) za ovaj mjesec. Izraziti manjak oborina vladao je u periodu od sadnje do intenzivnog rasta i formiranja glavica radiča, stoga većina biljaka nije mogla formirati glavicu, nego je ostala u fazi rozete, što se nepovoljno odrazilo na prinos. Kasne oborine omogućile su dobru opskrbu hranivima, što je vidljivo u rezultatima kemijskih analiza radiča, dok prinos u ovoj godini nije uzet kao realan.

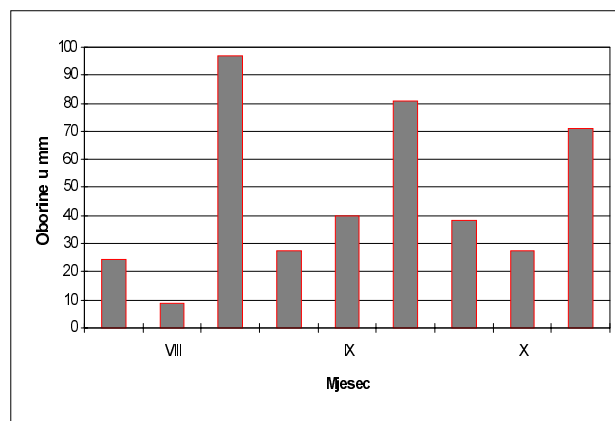
Grafikon 2. Količina oborina u mm u 1992. godini.

Graph 2. Precipitation in 1992 in mm



Grafikon 3. Količina oborina u mm u 1993. godini.

Graph 3. Precipitation in 1993 in mm



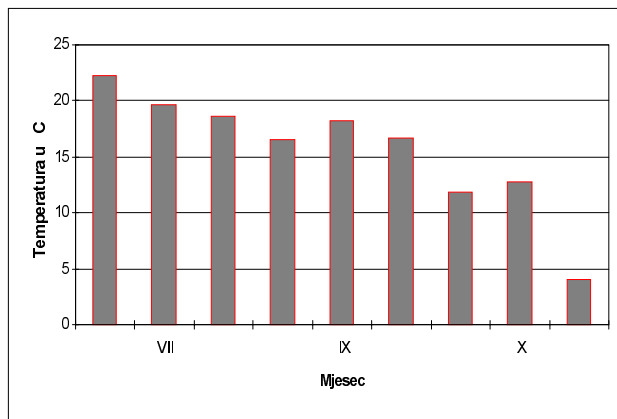
U 1993. godini je u kolovozu pala najveća količina oborina od sve tri istraživane godine (112,5 mm) što je više za 16,5 mm od 30-godišnjeg prosjeka, ali su bile neravnomjerno raspoređene (grafikon 3). Tako u drugoj dekadi kad je tek posađenom radiču trebalo dovoljno vode, (sadnja 9.8.1993.) nije bilo oborina, dok je treća dekada obilovala njima (87,1 mm). Stoga su u tom periodu nedostatka vode provedene mjere navodnjavanja. Velika količina oborina pala je u rujnu (147,8 mm), što je za 70 mm više od 30-godišnje prosjeka, ali i više od maksimalne vrijednosti u tom periodu. U listopadu je također pala veća količina oborina (136,4 mm) od 30-godišnjeg prosjeka za taj mjesec. Općenito se može

konstatirati da je u 1993. godini u ova tri mjeseca palo 397 mm oborina, što je 149 mm više od višegodišnjeg prosjeka. Ovako velike količine oborina gledano s aspekta ishrane zasigurno mogu polučiti neželjene posljedice na kvantitativni i kvalitativni sastav radiča, ali i povećati ispiranje topivih hraniva iz tla.

## TEMPERATURA ZRAKA

Grafikon 4. Srednje temperature po dekadama u °C u 1991. godini.

Graph 4. Mean temperatures per decades in 1991, in °C



Temperature zraka su u 1991. godini (grafikon 4) bile najviše u kolovozu u prvoj dekadi (prosječno 22,3°C), dok su u druge dvije dekade nešto malo niže (prosjeci su 19,7 te 18,5°C). Prosjek za cijeli kolovoz iznosi 20,3°C, što je samo za 0,8°C više od 30-godišnjeg prosjeka za kolovoz (19,5°C). U rujnu su temperature prilično ujednačene i prosjeci se po dekadama kreću od 16,6 do 18,1°C, dok za cijeli rujn prosjek iznosi 17,2°C. Ovako povoljne temperature, gotovo optimalne pogodovale su rastu vegetativnih organa, te formiranju glavica radiča. Niže temperature u listopadu kad je radič ušao u posljednju fazu razvoja, odrazile su se povoljno na same biljke.

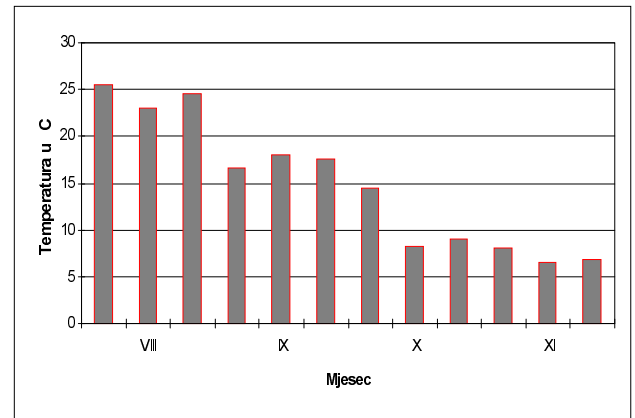
U 1992. godini (grafikon 5) su cijeli kolovoz prevladavale više temperature od poželjnih za uzgoj radiča, ali i više od 30-godišnjeg prosjeka za ovaj mjesec. Prosjek za kolovoz je bio 24,5°C, što je više od maksimalnog u 30-godišnjem nizu. Ovako visoke temperature, uz manjak vode, nepovoljno su se odrazile na rast i razvoj radiča.

Iz grafikona 6 je vidljivo da su prosječne temperature zraka u drugoj dekadi kolovoza (sadnja 9. 8.) nešto više od poželjnih za uzgoj radiča. Više temperature, te manjak vode uvjetovali su potebu navodnjavanja radiča. U trećoj dekadi kolovoza temperature su optimalne za uzgoj radiča. U rujnu su prosječne temperature zraka u sve tri dekade ujednačene, a njihov prosjek iznosi 15,7°C, što je gotovo ista temperatura kao u 30-godišnjem nizu za ovaj mjesec (15,8°C). Povoljne temperature nastavljaju se i u

prvoj dekadi listopada, pa je radič ušao u završnu fazu razvoja.

Grafikon 5. Srednje temperature po dekadama u °C u 1992. godini.

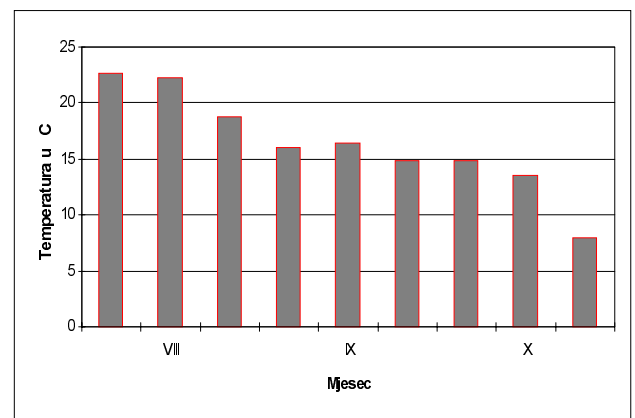
Graph 5. Mean temperatures per decades in 1992, in °C



U rujnu se temperature kreću oko optimalnih, no zbog prethodno loših prilika biljke su vrlo slabo razvijene, te se vegetacija produžila, pa je i berba obavljena nešto kasnije od uobičajene.

Grafikon 6. Srednje temperature po dekadama u °C u 1993. godini.

Graph 6. Mean temperatures per decades in 1993, in °C



Očito je dakle da je kolovoz bio najtopliji mjesec u sve tri godine istraživanja. Najtopliji kolovoz je bio 1992. godine (24,4°C), te su ovakove temperature, uz ostale nepovoljne okolnosti, negativno djelovale na uzgoj radiča. Niže vrijednosti su zabilježene u 1993. godini (21,2°C), dok je najhladniji kolovoz (20,3°C) bio 1991. godine što se povoljno impliciralo na uzgoj radiča.

## B) TLO

Shodno postojećoj klasifikaciji Škorić i sur. (1986) tlo je determinirano kao antropogenizirano vrtno tlo (hortisol).

### Kemijska svojstva tla

Za provođenje kemijskih analiza tla svake je godine uzet prosječan uzorak s određene pokusne površine, koji predstavlja smjesu od 40 pojedinačnih uzoraka.

Pokazatelji kemijskog stanja tla navedeni su po godinama istraživanja (tablice 1, 2, 3.)

Reakcija tla kretala se u rasponu od slabo kisele do blago alkalne, što je povoljno za uzgoj većine povrtnih kultura (pH u 1M KCl od 6,1 do 6,8). Količina humusa u tlu se kretala od 1,7 do 2,9 %, što je niže od uobičajenih potreba pri uzgoju povrća, gdje se količine kreću od 5 pa i do 7 %. Ukupni dušik je varirao od 0,13 do 0,22 % N, što je znatno niže od potreba pri proizvodnji povrća, gdje se vrijednosti uobičajeno kreću od 0,3 do čak 0,6% N. Količina nitrata u tlu također je znatno niža (1,8-2,5 mg/100g tla) od literaturno navedene (više od 10 mg/100g tla). Količina fiziološki aktivnog fosfora bila je uglavnom zadovoljavajuća, osim u 1992. godini kad je nešto niža od potrebne. Količina fiziološki aktivnog kalija u 1991. i 1993. godini je optimalna, dok je u 1992. godini niska za uzgoj povrća.

Tablica 1. Kemijska svojstva tla iz vrta Zavoda za povrćarstvo u 1991. godini.

Table 1. Chemical properties of the soil from the garden of the Vegetable Crops Department, in 1991.

Dubina tla (cm)	pH	% humus	% N	mg/100 g tla NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/100 g tla NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	AL - mg/100 g tla P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100 g tla K <sub>2</sub> O
0 - 20	6,6	2,9	0,22	2,5	1,9	56	43

Tablica 2. Kemijska svojstva tla s pokusnog polja Zavoda za povrćarstvo u 1992. godini.

Table 2. Chemical properties of the soil from the experimental field of the Vegetable Crops Department, in 1992.

Dubina tla (cm)	pH	% humus	% N	mg/100 g tla NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/100 g tla NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	AL - mg/100 g tla P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100 g tla K <sub>2</sub> O
0 - 20	6,1	1,7	0,13	2,0	1,7	28	16

Tablica 3. Kemijska svojstva tla iz vrta Zavoda za povrćarstvo u 1993. godini.

Table 3. Chemical properties of the soil from the garden of the Vegetable Crops Department, in 1993.

Dubina tla (cm)	pH	% humus	% N	mg/100 g tla NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/100 g tla NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	AL - mg/100 g tla P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100 g tla K <sub>2</sub> O
0 - 20	6,8	1,8	0,17	1,8	1,7	42	39

### RESULTATI I RASPRAVA

Nakon provedenog Duncanovog testa utvrđene su značajne razlike u koncentraciji nitrata između pojedinih

varijanata gnojidbe. Također je vidljivo da se dobivene vrijednosti u pojedinim varijantama gnojidbe razlikuju i po godinama istraživanja.

Iz tablice 4 uočava se da u 1991. godini postoje značajne razlike u koncentraciji nitrata između pojedinih varijanata gnojidbe, te da su u najviši rang značajnosti ušle varijante gnojene sa 100 kg N/ha. Primjena 100 kg dušika te 100 kg fosfora, bez kalija nije dovela do značajnih razlika u koncentraciji nitrata u odnosu na varijantu sa primijenjenom istom količinom dušika i fosfora ali uz primjenu i 100 kg kalija. U ovoj godini istraživanja nisu također utvrđene ni značajne razlike u koncentraciji nitrata pri primjeni iste količine dušika (200 kg) i fosfora (100 kg) ali uz različitu gnojidbu kalijem (100 i 200 kg). U varijantama (grafikon 7) s apliciranom istom dozom fosfora (100 kg) i kalija (100 kg) te različitim gradacijama dušika (0,100,200 kg), gnojidba od 100 kg dušika po hektaru dovodi do značajnog povećanja koncentracije nitrata u radiču u odnosu na kontrolu, kao i u odnosu na gnojidbu od 200 kg N/ha, što nije uobičajeno. Razlog tomu možda bi mogao biti ili u boljoj i brzjoj redukciji nitrata kod primijene veće doze dušika (povoljna temperatura, kao i dovoljna količina svjetla i reduktanata poput NADP), što navode i Beevers i sur. (1965), Bloom-Zandstra (1990) te Werner i sur. (1994). Količina nitrata također je mogla utjecati i na stimulaciju nitrata reduktaze kao i na brzinu usvajanja i translokaciju nitrata kroz samu biljku (Marschner 1995), na što također utječe veliki broj čimbenika (Maynard i sur., 1976; Hewitt i Gundry 1970), što bi svakako trebalo još dodatno istražiti.

Tablica 4. Koncentracije nitrata u radiču - 1991. godina

Table 4. Nitrate concentrations in head chicory, in 1991.

Varijanta	mg NO <sub>3</sub> /kg Z. M.	DMRT
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	980	A
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	928	AB
N <sub>50</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	834	ABC
N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	772	ABC
N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	743	BC
N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	664	C
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	640	C
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	639	C

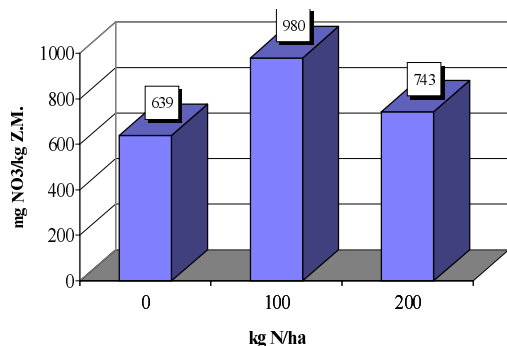
Z.M. = zelena masa

F.W. = fresh weight

U 1992. godini glede nitrata u radiču (tablica 5) prema provedenom Duncanovom testu, postoje značajne razlike u koncentraciji, ovisno o apliciranoj količini dušičnog gnojiva. Tako u najviši rang značajnosti ulaze varijante gnojene sa 200 kg dušika, u niži rang ulaze varijante gnojene sa 50 do 150 kg dušika po hektaru, dok su u najnižem rangu varijante kod kojih nije primijenjena gnojidba dušikom.

Grafikon 7. Koncentracije nitrata u radiču, pri različitim dozama gnojidbe dušikom -1991. godina

Graph 7. Nitrate concentrations in head chicory, in 1991. with various nitrogen rates



U 1992. godini (grafikon 8) je gnojidba različitim dozama dušika, uz istu gnojidbu fosforom i kalijem dovela do značajno viših koncentracija nitrata u radiču proporcionalno primijenjenoj dozi dušičnog gnojiva. Ovakvo stanje vjerojatno je posljedica sušnih prilika u 1992. godini kada se najbolje uočavaju rezultati primijenjene gnojoidbe (Denium 1966, Marschner 1995). Tako relativno povećanje koncentracije nitrata u radiču u odnosu na kontrolnu varijantu iznosi 20 % (pri gnojidbi od 100 kg N/ha) odnosno 43 % (pri gnojidbi od 200 kg N/ha).

Tablica 5. Koncentracije nitrata u radiču - 1992. godina

Table 5. Nitrate concentrations in head chicory, in 1992.

Varijanta	mg NO <sub>3</sub> /kg Z.M.	DMRT
N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	1006	A
N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	1000	A
N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	756	B
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	711	BC
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	669	BC
N <sub>50</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	667	BC
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	570	C
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	555	C

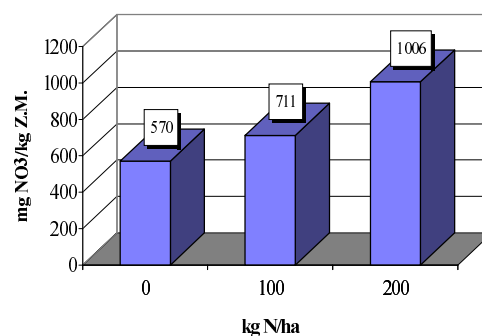
Ni u ovoj godini istraživanja primjena istih količina dušika i fosfora a različitih količina kalija nije dovela do značajnih razlika u koncentraciji nitrata, kako navode neki autori (Kirkby i Knight 1977, Mengel i Kirkby 1987).

Iako su u 1993. godini prema provedenom Duncanovom testu rezultati utvrđenih koncentracija nitrata svrstani u dva ranga značajnosti, nisu uočene pravilnosti, kao posljedica primjene različite gnojidbe (tablica 6). Jedina značajna razlika uočava se između varijante gnojene sa

100 kg dušika i 100 kg fosfora te bez gnojidbe kalijem, i varijante gnojene sa 50 kg dušika, 100 kg fosfora i 100 kg kalija, što je ujedno u 1993. godini varijanta sa najmanjom koncentracijom nitrata (648 mg NO<sub>3</sub>/kg Z.M.).

Grafikon 8. Koncentracije nitrata u radiču, pri različitim dozama gnojidbe dušikom - 1992. godina.

Graph 8. Nitrate concentrations in head chicory, in 1992. with various nitrogen rates



Primijena iste doze fosfora i kalija (grafikon 9) uz primijenu različitih količina dušika, nije polučila značajne razlike u koncentraciji nitrata u radiču. Primijena istih količina dušika i fosfora a različitih količina kalija nije ni 1993. godine uzrokovala razlike u koncentraciji nitrata u radiču. Ovakvo ujednačene koncentracije nitrata u 1993. godini vjerojatno su posljedica obilja oborina, odnosno vode, koja je utjecala na "luksuzno" usvajanje nitrata iz tla bez obzira na dodane količine gnojiva. Potvrda saznanjima da nitrati dolaze do biljke i ulaze u nju nošeni masovnim strujanjem vode (Mengel i Kirkby 1987) mogla bi biti upravo u 1993 godini. U ovoj je godini u tri ključna mjeseca za uzgoj radiča, palo 397 mm oborina, što je za 149 mm više od 30-godišnjeg prosjeka (grafikon 3). Ovakvo velika količina oborina zapravo je maskirala pravi utjecaj gnojidbe, ali i potvrdila rezultate Schuphana (1961), Schuphana i sur. (1967 citirano prema Maynardu i sur. 1976), te Maynarda i sur. (1976), koji izričito naglašavaju da su vremenske prilike u razdoblju istraživanja vrlo važan čimbenik akumulacije nitrata u biljci. Konstataciju indirektno potvrđuju i neki drugi autori navodeći i svjetlo i temperaturu kao dodatne čimbenike ovog procesa, koji nije moguće pratiti izdvojeno iz cjelovitog sustava tla i biljke (Beever i sur. 1965; Bloom-Zandstra 1990 i Oaks 1994).

Gledajući rezultate primjene različitih doza gnojidbe dušikom na akumulaciju nitrata u radiču u cjelini, vidljivo je da u 1991. i 1992. godini gnojidba dušikom uzrokuje povećanje nitrata u odnosu na varijantu bez dušika (tablice 4 i 5), dok u 1993. godini nema značajnih razlika (tablica 6). Obzirom da su istraživanja provedena u ambulantomnom pokusu, različite opskrbljenosti tla



dušikom, te u različitim vremenskim prilikama tijekom trogodišnjeg istraživanja, značajno je da se najbolja pravilnost porasta nitrata, analogno dadanoj količini dušičnog gnojiva, očituje u 1992. godini.

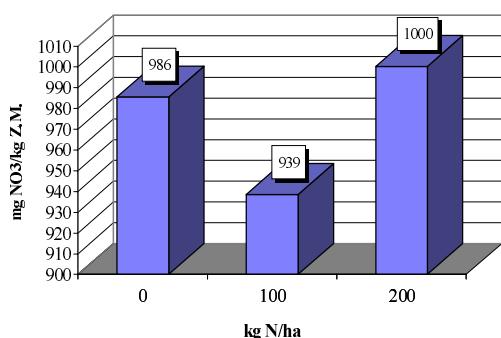
Tablica 6. Koncentracije nitrata u radiču - 1993. godina

Table 6. Nitrate concentrations in head chicory, in 1992

Varijanta	mg NO <sub>3</sub> /kg Z.M.	DMRT
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	1057	A
N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	1000	AB
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	985	AB
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	940	AB
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	938	AB
N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	906	AB
N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	720	AB
N <sub>50</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	648	B

Grafikon 9. Koncentracije nitrata u radiču pri različitim dozama gnojidbe dušikom -1993. godini.

Graph 9. Nitrate concentrations in head chicory, in 1993. with various nitrogen rates



Uzrok tome je svakako slabija opskrba tla dušikom prije postavljanja pokusa, ali i količina i dinamika vode u tlu. Istraživanja potvrđuju već prije poznatu činjenicu o važnosti vode za biljku, osobito za proces primanja i translociranja nitrata. Iako je 1991. godine tlo na kojem je pokus postavljen bogatije opskrbljeno dušikom (tablica 4) nego u 1992. godini (tablica 5), koncentracije nitrata u radiču u varijantama gnojenim dušikom u 1991. godini niže su (664-980 mg NO<sub>3</sub>/kg Z.M.) od koncentracija nitrata u 1992. godini (667-1006 mg NO<sub>3</sub>/kg Z.M.), što još dodatno upućuje na veliki značaj ekološkog okvira u kojem se istraživanja provode (Butorac 1986; Maynard i sur. 1976).

Osobito je važno za ova istraživanja naglasiti, da su sve dobivene koncentracije nitrata u berbi radiča, bez obzira na varijantu gnojidbe, kao i godinu istraživanja (555-1057 mg NO<sub>3</sub>/kg Z.M.) ispod maksimalno dozvoljenih razina FAO-standarda (1500-2500 mg NO<sub>3</sub>/kg Z.M.) za ovaj tip lisnatog povrća (JOINT/FAO 1962, Bergmann 1992).

Stave li se dobivene količine ukupnog dušika u radiču u varijantama sa istim dozama gnojidbe kalijem i fosforom a različitim dozama dušika (0, 100 i 200 kg N/ha), kroz tri godine istraživanja u korelaciju, vidljivo je da povećanje nitrata u biljci prati i povećanje ukupnog dušika u radiču. Korelacija je pozitivna i vrlo jakog intenziteta ( $r=0,83^*$ ). Značajno je također da istovremeno sa povećanjem ukupnog dušika i nitrata u radiču dolazi do smanjenja dvije važne esencijalne aminokiseline za proteine radiča, metionina i lizina. Odnos nitrata i metionina ( $r=-0,67^*$ ), te osobito nitrata i lizina izražen je vrlo jakim korelacijom ( $r=-0,80^*$ ). Ovakva povezanost dušika i nitrata s aminokiselinama od osobite je važnosti pri određivanju doze dušika za gnojidbu radiča (Čustić 1996).

U ovim istraživanjima nije uočen utjecaj kalija na koncentraciju nitrata u biljci, kako navode neki autori (Kirkby i Knight 1977, Mengel i Kirkby 1987, Serna i sur. 1992), što je vjerojatno posljedica relativno povoljnog statusa kalija u tlu prije postavljanja pokusa, kao i relativno malih zahtjeva radiča za ovim hranivom.

Dobiveni rezultati upućuju na dvije bitne značajke istraživanja. Glavati radič kao vrsta lisnatog povrća, nije u našim agroekološkim prilikama sklon pojačanom akumuliranju nitrata, što je potvrda i preliminarnih istraživanja Čustić i sur. (1994).

Gnojidba dušikom nije jedini i isključivi krivac za visoke koncentracije nitrata u biljci, već i neki drugi čimbenici, poput vremenskih prilika, što su naglašavali Schuphan (1961), Schuphan i sur. (1967 citirano prema Maynardu i sur. 1976), te Maynard i sur. (1976).

## ZAKLJUČAK

Gnojidba dušikom je dovela do značajnih razlika u koncentraciji nitrata u radiču prema varijantama gnojidbe, ali i u godinama istraživanja, na što su dakako utjecale različite vremenske prilike u razdoblju istraživanja.

Sve dobivene koncentracije nitrata u crvenom glavatom radiču ispod su maksimalno dozvoljenih koncentracija prema FAO-standardu, bez obzira na varijantu gnojidbe, godinu istraživanja te status dušika i nitrata u tlu prije postavljanja pokusa.

## LITERATURA

AOAC, (1975): Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington.

Beevers, L. (1976): Nitrogen Metabolism in Plants. Edward Arnold, London.

Beevers, L., Schrader, L.E., Flesher, D., Hageman, R.H., (1965): The role of light and nitrate in induction of

- nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. *Plant Physiol.* 40, 691-698.
- Bergmann, W. (1992): *Nutritional Disorders of Plants*. Gustav Fischer, Jena - Stuttgart-New York.
- Blom - Zandstra Margaretha (1990): Mannuring: Nitrate accumulation in vegetables. Four alternatives which can lead to lower contents. *Hort. Abstr.* Vol. 60. No. 10.
- Butorac, A. (1986): *Opća proizvodnja bilja*. Praktikum, Zagreb.
- Ćustić Mirjana (1996): Djelovanje gnojidbe dušikom na aminokiselinski sastav glavatog radiča. *Disertacija*, Zagreb.
- Ćustić Mirjana (1991): Akumulacija nitrata u salati u ovisnosti od inteziteta ishrane dušikom. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 56, 49-56.
- Ćustić Mirjana., Poljak, M., Ćosić T. (1994 a): Nitrate content in Leafy Vegetables as related to Nitrogen Fertilization in Croatia. *Acta Hort.* 371, 407-412
- Deinum, B. (1966): *Climate, Nitrogen and Grass*. Agricultural University, Wageningen.
- Ezekiel, M., Fox A. K. (1959): *Methods of Correlation and Regression Analysis*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Finck, A. (1982): *Fertilizers and Fertilization, Introduction and Practical Guide to Crop Fertilization*. Weinhei - Deerfield Beach, Florida - Basel.
- Haynes, R.J. (1986): *Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System*. Academic Press, Inc. Orlando, San Diego, New York, Austin, Boston, London, Sydney, Toronto.
- Hewitt, E.J., Gundry, C.S. (1970): The molybdenum requirement of plants in relation to nitrogen supply. *J. Hort. Sci.* 45, 351-358.
- Jackson, M.L. (1958): *Soil chemical analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- JOINT FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (1962): Evaluation of toxicity of a number of antimicrobials and antioxidants. *World Health Org. Tech. Rep. ser. No. 228*.
- Kindl, H (1987): *Biochemie der Pflanzen*. Springer-Verlag, Berlin, 166-184.
- Kirkby, E., Knight, A.H. (1977): Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiol.* 60, 349-353.
- Krug, H., Folster, E., Liebig, H.P., Scharp, H. C., Storck, H., Wehrmann, J., Weichmann, J., Zabeltitz, C. (1986). *Gemuseproduktion*, Verlag Paul Parley, Berlin.
- Marschner, H. (1995): *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Second edition. Academic Press, London, New York, Boston, Tokyo, Toronto.
- Maynard, D.N., Barker, A.V., Minotti, P.L., Peck, N.H. (1976): Nitrate accumulation in Vegetables. *Advances in Agronomy* 28, 71-118
- Mengel, K., Kirkby, E.A. (1987): *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Bern.
- Nissen, O. (1983): *MSTAT-C User's manual*. Version 1. Michigan State University.
- Oaks Ann (1994): Efficiency of Nitrogen Utilization in C3 and C4 Cereals. *Plant Physiol.* 106, 407-414.
- Osvald, J. (1977): Radič - perspektivna zelenjadnica, *Nova gorica* 91-105.
- Reggiani, R., Aurisamo, N., Mattana, M., Bertani, A. (1993): Influence of K<sup>+</sup> ions on polyamine level in wheat seedlings. *J. Plant. Physiol.* 141. 136-140.
- Roorda Van Eysinga, J.P.N.L. (1983): Nitrate and glasshouse vegetables. *Fertilizers Research* 5, 149-156.
- Roorda Van Eysinga, J.P.N.L. (1984): Nitrate in vegetables under protected cultivation. *Acta Hort.* 145, 251-255.
- Roorda Van Eysinga, J.P.N.L., Spans, L. (1984): Effect of an anorganic N-fertilizer on production and nitrate content of lettuce. *Annual Report* 21, Naaldwijk.
- Sacchetti, D., Xodo, E (1985): Red chioggia chicory. *Hort. Abstr vol. 56. No 11*.
- Schuphan, W. (1961): Methioningehalt und Eiweisqualität von Blattpflanzen in Abhangigkeit von der Stickstoffdungung. *Qualitas Plantarum et Materiale Vegetabiles*, Den Haag, 261-283.
- Serna, M.D., Borrás, R., Legaz, F., Primo-Milo, E. (1992): The influence of nitrogen concentration and ammonium / nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. *Plant and Soil* 147, 13-23.
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G. (1967): *Statistical Methods*, Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H (1960): *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill Book Company.
- Szwonek, E. (1986): Nitrates concentration in lettuce and spinach as dependent on nitrate. *Acta Hort.* 176, 93-97.
- Škorić, A. (1986): *Postanak, razvoj i sistematika tala*, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
- Venter, F. (1983): Der Nitratgehalt in Chinakol (*Brassica pekinensis* /Lour./ Rupr.)1). *Gartenbauwissenschaft*, 48 (1), S. 9-12.
- Werner, M. Kaiser., Steven, C. Huber (1994): Posttranslational Regulation of Nitrate Reductase in Higher Plants. *Plant Physiol.* 106, 817- 821.

Xiu- Zhen Li., Oaks Ann (1994): Induction and Turnover of Nitrate Reductase in *Zea mays*. Plant Physiol. 106, 1145- 1149.

Zutt, K. (1984): Bejo-Zaden, Nizozemska.

xxx (1966): Kemijske metode ispitivanja zemljišta. Priručnik za ispitivanje zemljišta, knjiga I JDPZ, Beograd.

## ABSTRACT

### **Influence Of Nitrogen Fertilization Upon The Concentration Of Nitrates In Head Chicory**

A fertilizing trial involving red head chicory was set up on anthropogenized garden soil in 1991. Investigations continued for three years and were completed in 1993. The trial was carried out according to the Latin rectangle method with eight fertilizing variants in four replications. Apart from the unfertilized check variant, the trial included four nitrogen rates and two potassium rates, while phosphorus fertilization was uniform.

Investigation results indicate significant differences in the concentration of nitrates in the concentration of nitrates in chicory both per fertilizing variants and per investigation years. This was certainly influenced by the climate and soil as the main habitat factors, notably the prevailing weather conditions which considerably deviated from the average ones.

It is noteworthy for these investigations that, regardless of fertilization and investigation year, all the determined nitrate values of harvested chicory (555 - 1057 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg F. W.}$ ) were below tolerance according to international standards for this type of leafy vegetables (1500 - 2500 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg F. W.}$ )

**Key words:** nitrogen fertilization, nitrates, amino acids, head chicory