

TEADUSTÖÖD

KÖÖGIVILJADE NITRAATIDESISALDUSE SÕLTUVUS VÄETAMISEST

M. Järvan

Taimekasvatussaaduste nitraatidesisalduse peaaegu et ainupõhjuseks on väga sageli peetud mineraalväetiste kasutamist. Siiski ei tohiks nitraadiprobleemi nii lihtsustatult käsitleda. Seda, et nitraatide kontsentratsioon saagis on suuresti tingitud ka taime(liiki)de bioloogilistest iseärasustest ja kasvutingimustest, selgitati juba ühes varasemas uurimistöös (Järvan, 1994).

Mitmed teadlased (Fritz, Venter, 1983; Mengel, 1984) mainivad, et arvamus, nagu oleks köögiviljade nitraatidesisaldus oluliselt suurenenud seoses mineraalväetiste kasutamise viimastel aastakümnetel, pole ainuõige. Tabelist 1 selgub, et võrreldes sajandi algusega, kui mineraalväetisi ju peaaegu ei kasutatudki, pole olukord tänapäeval kuigi palju muutunud.

Tabel 1. Köögiviljade nitraatidesisaldus (mg/kg) / The nitrate content of vegetables (mg/kg) (Fritz, Venter, 1983)

Köögivili / Vegetable	Aasta / Year	
	1907	1981
Söögipeet / Red beet	930...8063	150...5690
Spinat / Spinach	310...3810	349...3890
Salat / Lettuce	399...3544	382...3520
Redis, rõigas / Radish	532...3057	261...1200
Lillkapsas / Cauliflower	27...399	62...664
Kurk / Cucumber	44...532	20...300
Tomat / Tomato	27...89	10...100

Köögiviljade suhteliselt kõrget nitraatidesisaldust sajandi algul võib seletada sellega, et ajast-aega on köögivilju kasvatatud kõige parematel maatükkidel, neid on korrapäraselt ja rohkelt väetatud orgaaniliste väetistega. Sellised mullad on kõrge potentsiaalse viljakusega ning varustavad taimi ka nitraatidega rikkalikult (Järvan, 1989).

Väetamise mõju saagi nitraatidesisaldusele on köögivilja liigist. Näiteks porgandi nitraatidesisaldus ei sõltunud mineraalväetise liigist, normist ja toitelementide vahekorrad (Vendilo jt., 1989). Ka intensiivne lämmastikuga väetamine ei mõjutanud porgandis nitraatide akumulereerumist (Geissler, Geyer, 1978). Seevastu söögipeeti võib pidada köögiviljade seas omamoodi indikaatoritaimiks, sest tema puhul avaldus väetiste, eriti lämmastikväetiste nitraatide akumulereerumist esilekutsuv toime kõige tugevamini (Vendilo jt., 1989). Ka autori pikaajalised kogemused kinnitavad, et porgandi nitraatidesisaldus sõltub väetamisest hoopis vähem kui söögipeedi nitraatidesisaldus (Järvan, 1982a, 1984).

Vastavad valemid olid järgmised.

$$\begin{array}{lll}
 \text{porgand (n=280)} & y=77,4+0,66^{**}N-0,0016N^2+0,0023^{**}NK & R=0,53^{**} \\
 \text{söögipeet (n=320)} & y=906+5,76^{**}N+2,86K-0,0102K^2 & R=0,51^{**} \\
 y - \text{nitraatidesisaldus, mg/kg, N ja K} & - \text{lämmastiku- ja kaaliumiannused, kg/ha} &
 \end{array}$$

Lämmastikväetised

Väga paljud autorid märgivad, et lämmastikväetiste kasutamine suurendab oluliselt nitraatide akumulatsiooni köögiviljades. Ohtlikult suur akumulatsioon koos samaaegse valkude bioloogilise väärtuse halvenemisega leiab aset lämmastikväetiste liia korral (Fritz, 1973; Schnetzer, 1984), samuti siis, kui lämmastiku liiaga kaasnevad valgusepuudus või ebasoodsad ilmastikuolud (Finck, 1979; Kathan, 1983).

Lämmastikväetiste mõju nitraatide akumulatsioonile köögiviljades jääb enamasti siiski nõrgemaks kui vegetatsiooniperioodi ilmastiku mõju (Järvan, 1984). Ühed ja samad lämmastikukogused, mis võivad jaheda ja pilvise kasvuperioodi korral olla taimede nitraatidesisalduse seisukohalt liiga suured, ei soodusta päikeselise suve korral kuigivõrd oluliselt nitraatide akumulatsioonist.

Lämmastikuga väetamisele reageerivad erinevad köögiviljad erinevalt. Lämmastikunormide suurendamisel tõuseb nitraatide kontsentratsioon eriti järsult näiteks söögipeedis, peakapsas ja salatis, kuid tomais, paprikas, kurgis, sibulas ja porgandis muutub nitraatide tase lämmastiku mõjul vähe (Splittstoesser, 1974; Geissler, Geyer, 1980).

Väetisannused. Lämmastikväetise annuste suurendamisel nitraatidesisaldus köögiviljades suureneb, seda kinnitavad väga paljud autorid.

Göttingeni Agrookeemia Instituudi katsetes uuriti erakordselt kõrgete ammooniumsalpeetri normide (0,75...6,0 g N ühe taime kohta) mõju nitrosoamiinide potentsiaalsete prekursorite võimalikule tekkele mõnedes köögiviljades (tomat, peasalat, nuikapsas) ja kartulis. Leiti, et kõigi kultuuride, välja arvatud tomat, toiduks tarvitavates osades suurenes järsult nitraatide- ja proteiinisaldus. Kuid nitriteid ja lenduvaid nitrosoamiine ei leitud üheski kultuuris. Seega ei olnud ka ekstreemselt kõrgete lämmastikunormidega võimalik indutseerida taime toiduks tarvitavates osades nitrosoamiinide teket (Hippe, Müller, 1984).

Köögiviljade nitraatidesisalduse sõltuvus lämmastikväetise normist on kultuuride lõikes erinev. Osa köögivilju, näiteks söögipeet, spinat ja salat, reageerivad lämmastikunormi suurendamisele üsna suure saagitõusuga, seejuures suureneb oluliselt ka taimede nitraatidesisaldus. Mõned köögiviljad, nagu näiteks porgand, on väetisnormi suurendamise puhul suhteliselt stabiilse saagi ja nitraatidesisaldusega. Venteri (1982) andmeil põhjustas aga näiteks porrulaugul lämmastikväetise normi suurendamine küll olulist saagitõusu, kuid nitraatidesisaldus muutus vähe (N_{100} puhul suurenes saak 129 %, kuid nitraatidesisaldus vaid 6 %). Tomati nitraatidesisaldus ei suurenenud isegi erakordselt kõrgete lämmastiku-normide kasutamisel (Hippe, Müller, 1984).

Selleks, et vältida nitraatide liigset akumulatsioonist köögiviljadesse, on paljud teadlased püüdnud välja selgitada optimaalset mulla mineraalse lämmastiku ja väetiste lämmastiku summat (N_{min}), mille puhul saagikus oleks maksimaalne ning saagi nitraatidesisaldus ei ületaks lubatavaid normatiive. Mullas sisalduva mineraalse lämmastiku varu, mis määratakse tavaliselt kevadel taimede kasvu algul ning mille võrra korrigeeritakse (vähendatakse) antud köögiviljaliigi jaoks soovitud optimaalset lämmastikunormi, iseloomustab konkreetse mulla seisundit vaid teatud ajahetkel. Orgaanilise aine rikastel muldadel vabaneb mineraliseerumiseks soodsate tingimuste korral mineraalset lämmastikku kogu kasvuperioodil pidevalt juurde. Seega täieneb taimede kasutuses olev N_{min} varu uute, kevadise arvestuse väliste lämmastikukogustega, mis tõenäoliselt võivad saagi varem planeeritud nitraatide taset mõjutada suurenemise suunas. Autori arvates osaliselt seepärast, osaliselt aga ettenägematute ilmastiku- jt. tingimuste tõttu ei ole võimalik kevadel mullas oleva mineraalse lämmastiku ja väetiste lämmastiku summa (N_{min}) alusel kuigi täpselt prognoosida sügisese saagi nitraatidesisalduse taset.

Väetiskatsetes, mis korraldati erinevatel aastatel ühes ja samas kohas ühesuguse katseskeemi järgi, ilmnes, et olenevalt kasvuperioodi ilmastikust oli söögipeedi nitraatidesisaldus mõnel aastal lämmastikuta katsevariandis isegi suurem kui teistel aastatel näiteks lämmastiku (90...120 kg/ha) kasutamisel (Järvan, 1977).

1972...1974. a. korraldas autor ortogonaalse kompositsioonplaani alusel kahes kasvukohas erinevate porgandi- ja söögipeedisortidega kokku 15 külvielse väetamise katset, millest selgus, et lämmastikunormi suurendamine suurendas juurviljades nitraatide

akumuleerumist (tabel 2). Tabel on koostatud 8 söögipeedi- ja 7 porgandikatse keskmisi näitajaid iseloomustavate regressioonvõrrandite alusel (foon P₃₅ K₁₁₆).

Tabel 2. Lämmastikuannuste mõju söögipeedi ja porgandi saagile ning nitraatidesisaldusele põldkatsetes / The effect of nitrogen rates on the yield and nitrate content of red beet and carrot in field trials

Lämmastikuannus Nitrogen rate kg/ha	Söögipeet / Red beet n=320		Porgand / Carrot n=280	
	saak / yield t/ha	nitraadid / nitrates mg/kg	saak / yield t/ha	nitraadid / nitrates mg/kg
0	29,8	1038	33,1	96
30	33,5	1241	35,6	115
60	36,4	1426	36,3	143
90	39,1	1606	36,6	163
120	41,2	1769	35,2	175
150	42,2	1932	32,4	179
180	42,8	2081	28,4	174

Nendest katsetest selgus, et aastate keskmisena ületati söögipeedi nitraatidesisalduse piirnorm (1800 mg/kg) siis, kui külvi eel anti lämmastikku üle 130 kg/ha. Söögipeedi lämmastikuga väetamisel ei tohi eesmärgiks olla maksimaalne saak. Suurenevatest lämmastikuannustest põhjustatud saagi juurdekasvu vähenemisega kaasnes oluline juurviljade kvaliteedi halvenemine – jätkuvalt suurenes nitraatide akumulatsioon ning vähenes kuivaine- ja suhkrusisaldus. Kevadel võib söögipeedile anda lämmastikku maksimaalselt 100 kg/ha. Siis ei ole normaalse ilmastiku korral vaja karta nitraatide lubatava piirnormi ületamist ning sellise lämmastikuannuste puhul on ka peedijuurikate kuivaine ja suhkru arvestuslikud kogusaagid kõige suuremad.

Porgand reageeris lämmastikuannuse suurendamisele mõnevõrra vähem kui söögipeet. Tähelepanuväärne on aga see, et N₈₀-st suuremate lämmastikuannuste muldaviimisel hakkas porgandi saak järsult vähenema. Teatavasti porgand ei talu kõrget toitainete kontsentratsiooni mullas. Lämmastikuannuse suurendamine suurendas porgandi nitraatidesisaldust, kuid ka maksimaalsete (N₁₈₀) normide puhul ei tõusnud nitraatide tase kunagi üle lubatud piirnormi (200 mg/kg).

1974. a. uuriti mikropõldkatses intensiivse lämmastikuga väetamise mõju porgandi ja söögipeedi nitraatidesisaldusele (tabel 3). Lämmastik anti ammooniumsalpeetrina, annuse suurus oli 102 kg/ha.

Tabel 3. Lämmastikuannuste mõju porgandi ja söögipeedi nitraatidesisaldusele (mg/kg) mikropõldkatsetes / The effect of nitrogen rates on the nitrate content (mg/kg) of carrot and red beet in microplot trials

Katsevariandid Treatments	Porgand / Carrot 'Nantes'	Söögipeet / Red beet 'Bordoo'
Väetiseta / No fertilizers	104	312
Foon / Background (N ₁₀₂ P ₃₅ K ₁₁₆)	109	393
+ N ₁₀₂ juuli I dek. / July, I decade	133	484
+ N ₁₀₂ juuli I dek. + juuli III dek. July, I decade + July III decade	233	1478
PD/LD _{0,95}	21,2	69,8

Külvieelsele väetisele kasvu ajal lisaks antud suured lämmastikväetiste annused mõjutasid nitraatide akumulatsiooni söögipeedis märksa tugevamini kui porgandis. Eriti järsu nitraatidesisalduse tõusu põhjustas teistkordne pealtväetamine N₁₀₂-ga juuli III dekaadil. Siis suurenes nitraatidesisaldus porgandis 124 ja söögipeedis 373 % võrreldes lämmastikuta

variandiga. Lisaks ülikõrgele lämmastikunormile (N_{306}) soodustas selles katsevariandis nitraatide akumulereerimist kindlasti ka hiline pealtväetamisaeg juuli III dekaadil, mistõttu nitraadid ei jõudnud koristamise ajaks vajalikul määral taanduda.

Väetamisaeg ja -viis. Tavaliselt 2...3 nädalat pärast lämmastikväetiste andmist on taimede nitraatidesisaldus oluliselt suurenenud, kuid hakkab siis vähehaaval alanema ning normaliseerub umbes 6...8 nädala pärast (Ellering, 1983).

Köögiviljasaagi nitraatidesisalduse määrab teatud mõttes ära juba lämmastiktootumise tase kasvu alperioodil. Kui sel ajal on mullas liiga palju kergesti omastatavat nitraatlämmastikku, siis ei suuda lämmastiku liias kasvavad noored taimed seda töödelda aminohapeteks ja valkudeks. Sel juhul suur osa juurte poolt vastu võetud nitraatidest talletatakse taime kudedes. See nn. vana nitraatlämmastik võib seal muutumatul kujul püsida pikka aega, sest sünteesil kasutatakse põhiliselt uut, äsja omastatud nitraatlämmastikku. Seepärast võib vegetatsiooniperioodi algul või keskel esinenud lämmastiku liig põhjustada köögiviljade saagis liigset nitraatide ladestumist (Borissov jt., 1986).

Köögiviljade kasvuaegne lämmastikuga väetamine soodustab nitraatide akumulereerumist saagisse ning akumulatsioon on seda intensiivsem, mida hiljem anti pealtväetis (Geissler, Geyer, 1980; Järvan, 1982b; Borissov jt., 1986). Selleks, et taimede poolt omastatud nitraadid jõuaksid saagi koristamise ajaks normaalselt taanduda, tuleb lämmastikuga pealtväetamine lõpetada 1,5...2 kuud enne koristamist.

Köögiviljade nitraatidesisalduse vähendamise üht võimalust nähakse väetiste mulda viimise tehnoloogia täiustamises. Tavapärase väetiste laialtkülvi asendamine paikliku väetamisega, mis suurendab väetiste efektiivsust ja saastab vähem keskkonda, võimaldab vähendada ka nitraatide akumulereerumist saagisse.

Paiklikul väetamisel, kus ammoniumsulfaat ($N_{50...200}$) viidi lindina 10 cm sügavusele mulda, vähenes nitraatidesisaldus redises 8...23 %, salatid 46...71 % ja spinatis 29...43 % võrreldes sama suure väetiskoguse laialtkülviga (Semenov, Knop, 1985). Samad autorid märgivad, et ammoniumsulfaadi lokaliseerimine aeglustas 3...5 nädala jooksul ammoniumlämmastiku nitrifitseerumist. Seepärast püsisid mullas mõõduka nitraatlämmastikusisalduse kõrval suurenenud ammoniumlämmastikusisaldusega kolded. Siinjuures omastasid taimed eelistatult ammoniumvormi, mille lämmastikku kasutati täielikumalt valkude sünteesiks, mistõttu seda jäi vähem nitraatidena akumulereerumiseks.

Leedu Põllumajanduse Akadeemia põldkatsetes võimaldas nitrofoska laialtkülvi asendamine lokaalse väetamisega saada märksa väiksemate väetisnormidega tunduvalt suuremaid ja oluliselt madalama nitraatidesisaldusega söögipeedisaae (Grukauskas, 1990).

Lehekaudsel väetamisel karbamiidiga on võimalik aktiveerida lämmastikuainevahetuse protsesse ning sellega vähendada nitraatide akumulereerumist taimedesse. Kasvuhoonekurgi lehtede pritsimine talvel 0,3 %- ja suvel 0,5 %-lise karbamiidilahusega (0,1 liitrit ühe ruutmeetri kohta päevas) vähendas kurkide nitraatidesisaldust kaks korda (Gluntsov jt., 1991).

1978...1980. aastal korraldas autor toorhuumuslikul saviliiva lõimisega kamar-gleimullal pealtväetamiskatsed valge peakapsa, porgandi ja söögipeediga, kus uuriti väetisnorme, väetamise aegu ja lämmastikväetise liike. Katsete fooni tagamiseks viidi kevadel mulda $N_{70}P_{46}K_{166}$. Pealtväetamine suurendas kõigi köögiviljade saaki ja nitraatidesisaldust (tabel 4).

Üldistades käesoleva töö autori poolt aastail 1972...1985 tehtud põldkatsete tulemusi, võib keskpärase viljakusega mullal normaalse ilmastiku korral kujuneda köögiviljade nitraatidesisaldus umbes järgmiseks.

Tabel 4. Pealtväetamise mõju porgandi ja söögipeedi nitraatidesisaldusele (mg/kg) / The influence of top dressing on the nitrate content of carrot and red beet (mg/kg)

Katsevariandid Treatments	Porgand / Carrot		Söögipeet / Red beet	
	n	x	n	x
Pealtväetiseta / No top dressing	18	204	18	1371

N_{50}^1	juuni III dek. / June, III decade	18	271	18	1631
N_{50}^1	juuni III dek. + juuli III dek. June, III decade + July, III decade	18	314	18	1805
N_{50}^2	juuni III dek. + juuli III dek. June, III decade + July, III decade	18	312	18	1860

¹ ammooniumsalpeetrina / ammonium nitrate

² karbamiidina / urea

Kui porgand ilma lämmastikväetiseta sisaldab nitraate umbes 80 mg/kg, siis optimaalse lämmastikväetise annuse (N_{70} kevadel põhiväetiseks + N_{50} pealtväetiseks) korral suureneb nitraatidesisaldus umbes 170 mg-ni/kg. Söögipeedi nitraatidesisaldus ilma lämmastikväetiseta on keskmiselt 900 mg/kg. Kui söögipeeti väetada samamoodi kui porgandit ($N_{70} + N_{50}$), siis ulatub selle nitraatidesisaldus keskmiselt 1540 mg-ni/kg. Hilisele peakapsale optimaalne lämmastikunorm (N_{100} istutamise eel + N_{50} pealtväetiseks) sõnniku foonil annab nitraatidesisalduseks keskmiselt 140 mg/kg. Seega, kui anda lämmastikku nii põhi- kui pealtväetiseks agronoomiliselt põhjendatud kogustes ja õigetel tähtaegadel, ei ületa saagi nitraatidesisaldus tavaliselt lubatud piirnorme.

Väetise liigid. Lämmastikuvormi mõju kohta köögiviljade nitraatidesisaldusele leidub kirjanduses üsna mitmesuguseid andmeid, mida on saadud erinevates katsetingimustes ja erinevate köögiviljaliikidega.

Venter (1980) märgib üldistavalt, et rohkesti nitraate akumuleerivad köögiviljaliigid ei reageeri oluliselt lämmastikuvormi erinevustele. Tema katsetes oli rõika nitraatidesisaldus erinevate lämmastikväetiste (ammoonium-, salpeeter- ja aeglase toimega väetised) kasutamisel enam-vähem ühesugune (avamaal 670...760 ja katmikalal 4680...4900 mg/kg).

Kui kasvuhoonekurgi väetamiseks kasutati ammooniumsalpeetrit, akumuleerus viljadesse vastavalt 16 ja 18 % rohkem nitraate kui ammooniumsulfaadi ja karbamiidiga väetamisel (Gluntsov jt., 1991). Kuid ammooniumväetised ei sobi alati katmikkultuuride väetamiseks, eriti valgusvaesel perioodil, sest need võivad mõjuda taimedele toksiliselt. Saagikuse seisukohalt on kõige efektiivsem lämmastikuallikas paljudele katmikköögi-viljadele ammooniumsalpeeter, kuigi just see väetis põhjustab enamasti tugevamat nitraatide akumuleerimist kui teised lämmastikväetised.

Et normaalsetes tingimustes nitrifitseerub ammoonium- ja amiidvormis mulda viidud lämmastik võrdlemisi kiiresti, siis saavad taimed vaid väga lühikest aega toituda nendest lämmastikuvormidest (Sommer, Mertz, 1974; Röber, Schaller, 1985). Seega ammoonium- ja amiidväetistega vaevalt et õnnestub toota oluliselt madalama nitraatidesisaldusega köögi-vilju kui salpeeterväetistega.

Mõnevõrra suuremaid võimalusi köögiviljades nitraatide akumulatsiooni vähendamiseks nähakse aeglase toimega lämmastikväetiste ja nitrifikatsiooni inhibiitorite kasutamises.

Aeglaselt toimivaks väetiseks peetakse ka lubilämmastikku, sest tema lämmastik on taimedele kättesaadav esialgu ammooniumivormis. Lubilämmastikku kasutatakse Saksamaal köögiviljade väetamiseks võrdlemisi laialdaselt, peale selle toimib ta ka efektiivse taimekaitsevahendina. Katsetes mitme köögiviljaliigiga (hiina kapsas, salatsigur, porgand, porrulauk) selgus, et lubilämmastikuga väetamisel akumuleerus saagisse vähem nitraate kui teiste lämmastikväetistega (Venter, 1982; 1983). Lubilämmastik ning selle hüdrolüüsumisel esimese astmena tekkiv tsüaanamiid inhibeerivad mullas nitrifikatsiooni, seetõttu on pärast lubilämmastikuga väetamist nitraatlämmastiku osatähtsus mulla kogu lämmastikuvastuse väike.

Lämmastikväetise liigi mõju köögiviljade nitraatidesisaldusele oleneb ka lämmastikunormist. Kui normi N_{100} puhul akumuleerus lubilämmastiku kasutamisel salatsigurisse nitraate vähem kui lubisalpeetri, lubi-ammooniumsalpeetri, ammooniumsulfaadi ja veel mõne aeglasetoimelise lämmastikväetise kasutamisel, siis N_{200} puhul salatsiguri nitraatide-sisaldus ei sõltunud lämmastikväetise liigist (Venter, 1983).

Kuigi ammooniumtoitumine põhjustab mõnel taimeliigil saagidepressiooni, saab saagi nitraatidesisalduse vähendamiseks siiski kasutada kombineeritud nitraat- ja ammooniumväetamist. Nitraatväetamise asendamine vastaval taimekasvuperioodil ammooniumväetisega on kergelt teostatav köögiviljade viljelemisel inertsetel substraatidel ja toitelahustes.

Paljudel juhtudel on võimalik anda kogu lämmastikust 25...50 % ammooniumväetisena, ilma et saagid väheneksid, seejuures nitraatidesisaldus väheneb (Slangen, Breimer, 1983).

Hannoveri Ülikooli katsetes uuriti toitelahustel, kuidas mõjutab nitraattoitumise täielik või osaline asendamine ammooniumtoitumisega salati ja spinati saaki ning nitraatidesisaldust. Selgus, et taime toimine ammooniumlämmastikuga (nitrifikatsiooni vältimiseks kasutati inhibiitorit) kogu kasvuperioodi jooksul võimaldas vähendada nitraatide akumulatsioonist. Kuid seejuures vähenes oluliselt spinati saak, sest spinat on kõrgis kasvufaasides ammooniumi suhtes tundlik. Erinevalt spinatist ei mõjutanud pidev ammooniumlämmastikuga toitumine salati saaki. Nitraattoitumise asendamisel 6...7 lehe faasis ammooniumtoitumisega vähenes spinati saak umbes kaks korda võrreldes täieliku nitraattoitumisega, kuid seejuures nitraatidesisaldus vähenes 2900-lt 400...600 mg-ni/kg. Salati puhul nitraatlämmastiku asendamine 11 päeva enne saagi koristamist ammooniumlämmastikuga ei mõjutanud saaki, kuid salati nitraatidesisaldus vähenes 3200-lt 600 mg-ni/kg (Hähndel, Wehrmann, 1986).

Käesoleva töö autor uuris lämmastikuvormide mõju köögiviljade saagile ja kvaliteedile, sh. nitraatidesisaldusele 1972...1974. ja 1975. a. mikropõldkatses. Selgus, et N₁₀₂ (põhiväetisena) ja N₁₂₀ (N₇₀ põhiväetisena + N₅₀ pealtväetisena) puhul ammooniumsalpeetriga väetamisel oli nitraatidesisaldus porgandis keskmiselt 19,4 ja söögipeedis 13,5 % suurem kui karbamiidiga ning vastavalt 39,4 ja 5,3 % suurem kui ureaformiga väetamisel.

1978...1980. a. põldkatses, kus uuriti ka erinevate lämmastikväetiste toimet pealtväetisena, selgus, et väetamisel juuni III ja juuli III dekaadil annustega N₅₀ oli ammooniumsalpeetri ja karbamiidi toime söögipeedi ja porgandi nitraatidesisaldusele ühesugune (tabel 4).

1983...1985. a. nõukatsetes kasvuhoonekurgi, redise ja nuikapsaga, kus turvas-substraadi valmistamiseks kasutati ammooniumsalpeetrit, ammooniumsulfaati ja karbamiidi kogustes 170 g N ühe kuupmeetri turba kohta, sisaldasid köögiviljad kõige rohkem nitraate ammooniumsalpeetri variandis (tabel 7). Kuid ammooniumsalpeetri puhul olid redise ja nuikapsaga saagid ka kõige suuremad.

Nitrifikatsiooni inhibiitorid. Nitrifikatsiooni inhibiitoreid kasutatakse lämmastikakadude vähendamiseks ja lämmastikväetiste efektiivsuse tõstmiseks. Nad konserveerivad mulda viidud ammoonium- ja karbamiidväetiste lämmastiku ammooniumi vormis, takistades selle edasist nitrifitseerumist mullabakterite toimet.

Nitrifikatsiooni inhibiitorite üheks positiivseks omaduseks peavad mõned teadlased ka nende võimet oluliselt vähendada nitraatide akumulatsioonist taimedesse, sh. köögiviljadesse.

Üks esimesi välismaal ulatuslikult katsetatud nitrifikatsiooni inhibiitoreid oli USA päritoluga preparaat *N-serve* ehk *nitrapüriin*. Käesoleva töö autor uuris *N-serve* mõju köögiviljadele 1980. a. põldkatses. Preparaat (1 % väetise lämmastiku kogusest) lisati karbamiidile, mida anti porgandile N₁₂₀ ja kapsale N₁₈₀, ning viidi mulda nädal enne porgandi külvi ja kapsa istutamist. Regulaarselt võetud mullaproovides nitraat- ja ammooniumlämmastiku määramine näitas, et *N-serve* aeglustas tõepoolest amiidlämmastiku nitrifitseerumist ning see toime kestis peaaegu kogu vegetatsiooniperioodi jooksul. *N-serve* kasutamine ei mõjutanud köögivilja saaki. Selle mõjul vähenes nitraatide akumulatsioon kapsas 38 % ja porgandis 15 % (tabel 5).

Tabel 5. Nitrifikatsiooni inhibiitori *N-serve* mõju köögiviljadele / The effect of nitrification inhibitor *N-serve* on vegetables

Katsevariandid Treatments	Peakapsas / Head cabbage 'Amager'	Porgand / Carrot 'Nantes'
------------------------------	--------------------------------------	------------------------------

	t/ha	mg/kg	t/ha	mg/kg
Lämmastikväetiseta / No nitrogen fertilizers	53,6	27,6	29,0	184
Lämmastikväetisega / With nitrogen fertilizer	89,3	99,4	33,7	326
Lämmastikväetis + N-serve / Nitrogen fertilizer + N-serve	91,2	62,0	34,8	277
PD/LD _{0,95}		17,6		28,2

1982. a. katsetati Jaapani päritoluga nitrifikatsiooni inhibiitorit ATC-60 (4-amino-1,2,4-triasool) ja sama preparaati sisaldavat ATC-karbamiidi söögipeedile (tabel 6). ATC-preparaadi kogus moodustas kas 1 % või 2 % väetise lämmastiku kogusest. Preparaadi vesilahus pritsiti katselappidele külvatud karbamiidile ja segati kohe mulda. Lämmastikku anti kõigis katsevariantides 120 kg/ha. ATC vähendas kõigis variantides söögipeedi saaki 15,4...16,0 % võrra, kuid seejuures vähenes nitraatide akumulatsioon saagisse 23,7...39,4 %. See, kas ATC-preparaati anti 1 või 2 % (väetise lämmastiku kogusest), ei omanud tähtsust.

Tabel 6. Nitrifikatsiooni inhibiitori ATC mõju söögipeedile / The effect of nitrification inhibitor ATC on red beet

Katsevariandid Treatments	Saak / Yield t/ha	Nitraadid / Nitrates mg/kg
Karbamiid (kontroll) / Urea (control)	50,0	1241
ATC-karbamiid / ATC-urea	42,0	946
Karbamiid + ATC-60 (1 % N-normist) / Urea + ATC-60 (1 % of N-nitrate)	42,0	752
Karbamiid + ATC-60 (2 % N-normist) / Urea + ATC-60 (2 % of N-nitrate)	42,3	770
PD/LD _{0,95}	4,7	188

Analoogilisi tulemusi inhibiitor ATC mõju kohta söögipeedile on saanud ka teised teadlased (Mergel, Semenov, 1990; Piven jt., 1990).

Mitmed teadlased on uurinud nitrifikatsiooni inhibiitori ditsüaandiamiidi (DD) toimet köögiviljadele. Kui ammoniumsulfaadile lisati DD 10 % väetise lämmastiku kogusest, siis spinati nitraatidesisaldus vähenes, kuid vähenes ka saak (Burghardt, Ellering, 1988). Ka Dressel jt. (1984) ning Hähndel ja Wehrmann (1986) märgivad, et DD koguses 10 % väetise lämmastiku kogusest on oluliselt vähendanud spinati, salati, nuikapsa ja porgandi nitraatidesisaldust, kuid ühtlasi vähendanud ka saaki.

Käesoleva töö autor katsetas ditsüaandiamiidi (DD) erinevate kontsentratsioonidega (2,0...8,7 % väetise lämmastiku kogusest) ja 1-karbamoil-3-metüülpirasooliga (KMP) inhibeeritud karbamiidi 1983...1985. a. põldkatsetes. Selgus, et nad ei mõjutanud reeglipäraselt söögipeedi ja peakapsa nitraatidesisaldust.

1983...1985. a. katsetati talve- ja kevadkasvuhoonetes turvassubstraadil viljeldavate köögiviljade (kurk, tomat, pekingi kapsas, nuikapsas, lillkapsas, redis) nitraatidesisalduse vähendamise eesmärgil mitmesuguseid nitrifikatsiooni inhibiitoreid sisaldavaid karbamiidi, mis saadi katsepartiidena tollaegsest Riiklikust Lämmastikutööstuse Instituudist, ja preparaadina Jaapani päritoluga inhibiitorit ATC-60. Katsesubstraatide valmistamisel anti

vastavate lämmastikväetistega kõigis variantides ühteviisi 170 g N ühe kuupmeetri turba kohta. Preparaat ATC-60 (2 % väetise lämmastiku kogusest) segati vastavates variantides turbasse vesilahusena. Pikema kasvuajaga kultuure (kurk, tomat, nuikapsas, lillkapsas) pealtväetati kasvu ajal vastavalt mullaanalüüsidele samade lämmastikväetiste või inhibeeritud karbamiidilahustega, mida kasutati selles katsevariandis turba põhiväetamiseks. Pealtväetamisel anti korraga 425 mg N ühe katsenõu (10 liitrit substraati) kohta.

Katsetest selgus, et nitrifikatsiooni inhibiitorid vähendasid oluliselt redise ja nuikapsa (tabel 7), aga ka lillkapsa, pekingi kapsa ja kurgi nitraatidesisaldust. Kuid enamikul juhtudel vähendasid nad väga tugevasti ka köögiviljade saaki ning kahjustasid selle kaubanduslikku väljanägemist (moondunud redised ja lillkapsaõisikud, leheservapõletused lehtköögiviljadel jms.). Usutavat saagilangust nitrifikatsiooni inhibiitorite toimel ei täheldatud vaid tomatil (sort F₁ 'Asset'). Ka ei vähenenud nende mõjul tomati nitraatidesisaldus, aga see iseenesest on juba niigi väike (alla 100 mg/kg) võrreldes teiste köögiviljadega.

Tabel 7. Nitrifikatsiooni inhibiitorite mõju redisele ja nuikapsale kilekasvuhoones 1983...1985. a. / The influence of nitrification inhibitors on radish and kohlrabi in plastic greenhouse in 1983...1985

Katsevariant Trial variant	Redis / Radish		Nuikapsas / Kohlrabi	
	saak g/nõu yield, g/pot	nitraadid nitrates mg/kg	saak g/nõu yield, g/pot	nitraadid nitrates mg/kg
Karbamiid (kontroll) / Urea (control)	225	626	371	1187
Ammooniumsalpeeter / Ammonium nitrate	382	925	485	1437
Ammooniumsulfaat / Ammonium sulphate	132	630	462	1199
Karbamiid + ATC / Urea + ATC	107	252	313	1079
Ammooniumsalpeeter + ATC / Ammonium nitrate + ATC	414	699	474	1195
Ammooniumsulfaat + ATC / Ammonium sulphate + ATC	48	192	265	875
KMP-karbamiid / KMP-urea	168	467	390	878
DD (8,7 %)-karbamiid / DD (8,7 %)-urea	56	304	249	1059
DD (4,7 %)-karbamiid / DD (4,7 %)-urea	96	257	284	1054
DD (2,0 %)-karbamiid / DD (2,0 %)-urea	108	423	290	1162
PD/LD _{0,95}	18	83	75	137

Kaaliumväetised

Kaaliumil on taime füsioloogilistes protsessides väga mitmesugused funktsioonid, sealhulgas mõjutab ta ka lämmastikühendite teket, muundumist ja liikumist.

Taimede lämmastikuainevahetusest võtab kaalium osa seoses tema positiivse toimega ensüüm nitraatreduktaasi moodustumisele, mis omab suurt tähtsust nitraatide taandamisel ja valkude sünteesil. Seepärast rõhutataksegi, eriti just seoses suurte lämmastikunormide kasutamisega, optimaalsest N : K suhtest kinnipidamise vajalikkust (Bergmann, Neubert, 1976).

Kaaliumväetiste mõju kohta köögiviljade nitraatidesisaldusele leidub kirjanduses mitmesuguseid, sageli ka vastandlikke arvamusi.

Taimedes toimuvaid füsioloogilisi protsesse mõjutavad ka kaaliumväetistes kaaliumiooniga (K^+) kaasnevad anioonid, milleks meil käibel olevates väetistes on põhiliselt **sulfaat** (SO_4^{2-}) ja **kloriid** (Cl^-).

Et väävel kuulub nitraatide taandamisel osalevate ensüümide koostisesse, siis võib väävlivaegusel nitraatreduktaasi aktiivsus olla madal ning põhjustada nitraatide akumulereerumist tavalisest suuremal määral. Väävli puudus võib esile kutsuda ka teisi lämmastikuainevahetuse häireid (Bergmann, Neubert, 1976).

Kaaliumväetistes sisalduvad kloriidid takistavad paljude teiste ionide omastamist taimejuurte poolt ning pidurdavad valgu sünteesi. Kloriidide mõjul väheneb ka nitraatide omastamine (Mappes, Will, 1965; Mengel, Kirkby, 1979). Seda kloor- ja nitraatioonide vahelist antagonismi on teadlased oma varasemates töodes pidanud põhjuseks, miks kloriidväetiste kasutamisel nitraatide akumulereerumine taimedesse on tagasihoidlikum kui sulfaatväetiste puhul.

Hilisemates uurimustes (Hähndel, Wehrmann, 1986) on aga selgunud, et köögiviljade nitraatidesisalduse vähenemine kloriide sisaldavate väetiste kasutamisel ei ole põhjustatud nitraatide omastamise vähenemisest, sest taimede üldlämmastiku sisaldus seejuures ei muutunud. Küll aga suurenes kloriidide mõjul orgaaniliste lämmastikuühendite osatähtsus ning vähenes nitraatlämmastiku sisaldus. Kloriidid soodustasid taimejuurte poolt omastatud mineraalse lämmastiku töötlemist orgaanilisteks ühenditeks. Need protsessid toimuvad nitraatreduktaasi osavõtul, mille aktiivsus toitelahuses kloorisisalduse suurenedes samuti suureneb.

Kaaliumväetistes sisalduvad kloriidid stimuleerivad taimedes toimuvaid oksüdatsiooniprotsesse, sh. nitraatide taandamist intensiivsemalt kui sulfaadid (Mayer, 1951).

Taimerakus võivad kloriidid mitmete funktsioonide osas, näiteks osmootse rõhu reguleerimisel, asendada nitraate (Hähndel, Wehrmann, 1986; Boon jt., 1988). Seetõttu on võimalik nitraadilembeste taimede väetamisel osa lämmastikust asendada kloriidiga, vähendades seega taimede nitraatidesisaldust, kusjuures saagid ei vähene.

Väetised avamaal. Mineraalväetistes sisalduva kaaliumiooni mõju kohta köögiviljade nitraatidesisaldusele ei ole kirjanduses leiduvate andmete põhjal võimalik anda ühest ja konkreetset vastust, sest erinevate autorite seisukohad on võrdlemisi vastandlikud. Taimede nitraatidesisaldusel on aga kindel seos mullas leiduva ja kaaliumväetistega mulda viidava klooriooni sisalduse vahel, seda kinnitavad mitmed uurimused (Mappes jt., 1965; Burghardt jt., 1988; jt.).

Köögiviljade saagi ja nitraatidesisalduse sõltuvust kloriide sisaldavate mineraalväetiste kogustest ning kloori ja lämmastiku vahelistest suhetest on põhjalikult uuritud Hannoveri Taimede Toitumise Instituudis. Põldkatses N_{150} foonil suurendas kloriide sisaldavate väetiste kasutamine (kloori 75...187 kg/ha) spinati saaki kuni 30 % ning vähendas seejuures nitraatidesisaldust (Wehrmann, Hähndel, 1984).

Ühtlasi selgitati, et Saksamaa tingimustes on pruunmullal spinati jaoks optimaalne mineraalse lämmastiku ($N_{\text{miner.}}$) sisaldus 0...60-cm mullakihi külvi eel 200 kg/ha. Sellise lämmastikutaseme korral tuleks mulla kloorisisaldus 0...60 cm mullakihi viia kloriide sisaldavate väetiste kasutamise teel tasemeni 350 kg/ha. Kui mullas säilitati selline lämmastiku ja kloori vahekord, siis vähenes spinati nitraatidesisaldus 2500-lt 1600 mg-ni/kg (Wehrmann, Hähndel, 1984). Samad autorid leidsid, et salati jaoks optimaalne $N_{\text{miner.}}$ kogus 0...30 cm mullakihi külvi eel on 150 kg/ha, mispuhul mulla kloorisisaldus soovitataks viia samuti tasemeni 150 kg/ha, vältimaks nitraatide liigset akumulereerumist saagisse.

Vältimaks taimeidude kahjustumist, ei tohi kloorisisaldus 0...30 cm mullakihi ületada 300 kg/ha (Hähndel, Wehrmann, 1986).

Jakobseni (1992) andmeil suurendab väetistega mulda viidud kloriidioon katioonide aktiivsust. Sama autor märgib ühtlasi, et kloriidioon võib taimedele ohtlik olla üksnes siis, kui kaaliumväetise kasutusnorm on lämmastikunormiga võrreldes liiga suur või kui kasutatakse praegustest kontsentreeritud kaaliumväetistest suurema kloorisisaldusega väetisi.

Et kloriidid on võimelised taimerakus teatud funktsioonide osas nitraate asendada, siis on katsetatud nitraatväetiste osalist asendamist kloriide sisaldavate väetistega. Põldkatses võimaldas see vähendada salati nitraatidesisaldust rohkem kui poole võrra, kusjuures saak isegi suurenes (Hähndel, Wehrmann, 1983).

Kuid selle katse põhjal ei tohi teha üldistust, nagu saaks kõigi teistegi köögiviljade nitraatidesisaldust oluliselt vähendada intensiivsema kloriidide muldaviimisega. Kloriidide-rohke toitumise korral käituvad kultuurid tõenäoliselt erinevalt. Võib esineda kloriidide toksilisusest või indutseeritud lämmastikupuudusest tingitud saagidepressioone, seejuures taimede nitraatidesisaldus ei tarvitse oluliselt väheneda. Kloriidide mõju taimedele sõltub paljudest teistestki teguritest, nagu valgus- ja niiskustingimused, mulla orgaanilise aine ja toitelementide sisaldus jne.

Põldkatsetest, mis korraldati 1972...1974. a. Juuliku ja Kuusiku katsebaasides, uurimaks kevadel antud NPK-väetiste mõju porgandi ja söögipeedi saagile ning saagi kvaliteedile, selgus, et keskmise kaaliumisisaldusega mineraalmullal mõjutas ka kaaliumsulfaat köögiviljade nitraatidesisaldust (tabel 8).

Tabel 8. Kaltsiumsulfaadi mõju porganile ja söögipeedile / The influence of potassium sulphate on carrot and red beet

Kaaliumi väetisnorm Potassium rate kg/ha	Porgand / Carrot n=280		Söögipeet / Red beet n=360	
	saak yield t/ha	nitraadid nitrates mg/kg	saak yield t/ha	nitraadid nitrates mg/kg
0	30,0	127	37,9	1482
33	32,3	135	38,6	1566
66	34,1	143	39,2	1625
100	35,4	150	39,8	1666
133	36,0	158	40,5	1683
166	36,1	165	41,1	1677
200	35,6	173	41,8	1649

Saagi seisukohalt optimaalne kaaliumsulfaadi norm, mis K-na arvestatult N₁₀₀P₃₅ foonil oli keskmiselt 133 kg/ha, suurendas nitraatidesisaldust porgandis keskmiselt 24,4 ja söögipeedis 13,6 % (võrreldes nullvariandiga).

Kaaliumivaesel mineraalmullal 1972...1974. a. korraldatud mikropõldkatsetes suurendas kaaliumsulfaadina põhiväetiseks antud K₁₂₀ nitraatidesisaldust porgandis keskmiselt 47,7 ning söögipeedis 18,7 %. Kaaliumkloriidi ekvivalentse koguse toimet suurenes juurviljade nitraatidesisaldus vastavalt 37,2 ja 9,8 %.

Keskmise toitainetesisaldusega mineraalmullal, mis sai mineraalse põhiväetisena N₇₀P₄₆K₁₆₆ (kapsale lisaks veel sõnnikut 60 t/ha) 1977...1980. aastal korraldatud pealtväetamiskatsetes selgus, et juuli I dekaadil kaaliumkloriidina antud K₅₀ suurendas peakapsa ja söögipeedi saaki (porgandil jäi saagitõus katsevea piiridesse). Sama suur kogus kaaliumsulfaati köögiviljade saaki ei mõjutanud. Saagi nitraatidesisaldusele avaldasid kaaliumkloriid ja -sulfaat umbes ühesugust toimet – kapsa puhul suurenes nitraatidesisaldus 45...52 %, söögipeedi ja porgandi katses aga kontrollvariandiga võrreldes praktiliselt ei muutunud.

Väetised katmikalal. Käesoleva töö autor alustas kloriide sisaldavate kaaliumväetiste katmikalal kasutamise võimaluste uurimist 1985. aastal. Huvi selle uurimissuuna vastu tekkis mitmel põhjusel. Neist esimene ja olulisim oli Eesti tervishoiuorganite poolt toleks ajaks juba väga teravalt tõstatatud põllumajandustoodangu nitraatidesisalduse reglementeerimine. Paljudel juhtudel tunnistati köögivili liigse nitraatidesisalduse pärast toidukõlb-matuks. Et vältida mitmete väärtuslike, kuid nitraadilembeste varakevadiste köögiviljade (pekingi

kapsas, salat, spinat, redis) viljeldavate kultuuride nimekirjast väljalangemist, tuli kiiresti leida võimalusi nende nitraatidesisalduse vähendamiseks. Üheks perspektiivseks võimaluseks tundus olevat ka kloori füsioloogilise toime ärakasutamine. Teiseks põhjustas huvi kloriidsete kaaliumväetiste vastu see, et kloorivabad kaaliumväetised olid defitsiitsed ning tunduvat kallimad kui kloori sisaldavad väetised. Kolmandaks oletati, et kasutades rabaturbast kasvusubstraadi valmistamiseks seniseid kloorivabade väetiste baasil koostatud väetamissoovitusi, võib taimedel kloorist, mis on samuti taimetoiteelement, vajaka jääda. Oletati, et kaaliumkloriidi kasutamine kaaliumsulfaadi asemel soodustab köögiviljade kasvu ning suurendab nende saagikust.

Kaaliumkloriidi mõju katmikköögiviljade nitraatidesisaldusele uuriti aastail 1985...1992 33 nõukatses ja kahes tootmiskatses. Katsed tehti selliste köögiviljadega nagu pekingi kapsas, salat, spinat, redis, mis juba oma bioloogiliste iseärasuste tõttu akumulēeri-vad oluliselt nitraate ning mille Eesti katmikaiandites toodetud partiide nitraatidesisaldus peaaegu kunagi ei mahtunud lubatud piirnormidesse. Katseid tehti ka kasvuhoonekurgiga, mille varakevadiste partiide nitraatidesisaldus sageli samuti ületas kehtivaid normatiive, ja tomatiga.

Kõikide katsete puhul kasutati turvassubstraati, mis valmistati kindla retsepti järgi. Enamik katseid oli kahe variandiga: I – kaaliumsulfaat (kontroll) ja II – kaaliumkloriid ekvivalentses koguses. Substraatide kloorisisaldus kontrollvariandis oli piirides 30...50 mg/l, kaaliumkloriidi variandis aga 350...400 mg/l.

1986...1990. a. korraldati seeria nõukatseid Juuliku katsebaasis klaas- ja kilekasvuhoonetes (tabel 9). Klaaskasvuhoones jaanuarist märtsini said taimed kunstlikku lisavalgust. Kilekasvuhoones kestsid katsed aprilli keskpaigast mai lõpuni loomulikus päevavalguses.

Köögiviljade kasvatamisel aasta esimesel veerandil võimaldas kasvusubstraadis kaaliumsulfaadi asendamine kaaliumkloriidiga vähendada nitraatidesisaldust pekingi kapsas keskmiselt 8, salatis 13, redises 14 ja spinatis 16 %. Salati saak ei sõltunud kaaliumväetise liigist. Pekingi kapsal oli saak kaaliumkloriidiga väetamisel umbes 8 % suurem kui kaaliumsulfaadiga. Spinatil ja redisel aga täheldati kloriidide toimel kuni 10 %-list saagi vähenemist.

Kevadel aga ei vähendanud kaaliumkloriid ühegi kilekasvuhoones kasvatatava köögivilja saaki (tabel 9). Pekingi kapsa saak isegi suurenes kloriidide mõjul. Kevadel sisaldasid köögiviljad mitu korda vähem nitraate kui jaanuaris-märtis ning kaaliumkloriidi nitraatide akumulēerimist pidurdav toime avaldus samuti tugevamini. Nii oli kaalium-kloriidi variandis nitraatidesisaldus pekingi kapsas keskmiselt 19, salatis 32, redises 34 ja spinatis 40 % väiksem kui kaaliumsulfaadi variandis.

1986...1988. a. katsetes kasvuhoonekurgiga (sort 'Moskovski teplitšnoi') võimaldas kaaliumkloriidi kasutamine kaaliumsulfaadi asemel nii turvassubstraadi põhiväetamisel kui ka hiljem taimede kasvuaegsel väetamisel vähendada kurgi nitraatidesisaldust 10,7...17,0 %.

Tabel 9. Kaaliumväetiste mõju köögiviljade saagile ja nitraatidesisaldusele / The influence of potassium fertilizers on the yield and nitrate content of vegetables

Kasvukoht ja aeg, kultuur Growth site and time, crop	n	Saak g/nõu Yield, g/pot		Nitraadid Nitrates mg/kg	
		K ₂ SO ₄	KCl	K ₂ SO ₄	KCl
Klaaskasvuhoones jaanuarist märtsini In glass greenhouse from Jan. to March					
Redis / Radish	32	225	206	1267	1086
Salat / Lettuce	32	344	352	2828	2470
Pekingi kapsas / Chinese cabbage	24	348	375	3063	2812
Spinat / Spinach	16	204	182	4466	3739
Kilekasvuhoones aprillist maini In plastic greenhouse from April to May					

Redis / Radish	24	247	243	420	276
Salat / Lettuce	24	277	279	533	365
Pekingi kapsas / Chinese cabbage	24	336	367	451	365
Spinat / Spinach	16	233	228	392	236

Tootmiskatsetes, mis korraldati 1988. a. Juuliku katsebaasi klaaskasvuhoones ja 1991. a. Saue Agrofirma kilekasvuhoonetes, selgus samuti, et turvassubstraadis kaalium-sulfaadi asendamise ekvivalentse koguse kaaliumkloriidiga võimaldab vähendada kasvu-hoonekurgi nitraatidesisaldust (tabel 10). Klaaskasvuhoones sordi F₁ 'Aelita' puhul vähenes nitraatide akumulatsioon kloriidide toimel 15,2 % ja kilekasvuhoonetes sordi F₁ 'Sterma' puhul 23,6 %, sellega tagati toodangu vastavus nitraatidesisalduse kehtivale normatiivile (300 mg/kg). Saue tootmiskatses suurenes kaaliumkloriidi mõjul ka saak 22,4 %.

Tabel 10. Kaaliumväetiste mõju kasvuhoonekurgi saagile ja nitraatidesisaldusele tootmiskatses (mg/kg) / The effect of potassium fertilizers on the yield and nitrate content of greenhouse cucumber in farm scale trials (mg/kg)

Katsevariandid Treatments	F ₁ 'Aelita' klaaskasvuhoones in glass greenhouse			F ₁ 'Sterma' kilekasvuhoones in plastic greenhouse		
	saak yield kg/m ²	nitraadid nitrates		saak yield kg/m ²	nitraadid nitrates	
		n	x		n	x
K ₂ SO ₄	19,6	9	302	12,5	8	326
KCl	20,0	9	256	15,3	8	249

Selleks et selgitada, kuidas mõjub turvassubstraadis kaaliumkloriidi kõrge kontsentratsioon köögiviljadele, korraldati 1992. a. veebruaris-märtsis nõukatsed salatiga. Katses kasutati kontrollvariandina Võru PTK-s toodetavat sulfaatset kompleksväetist ning sealsamas katsepartiina valmistatud ekvivalentse toitelementide sisaldusega kloriidset kompleksväetist koguses 1,5 kg ühe kuupmeetri turba kohta. Nn. provokatsioonilistes variantides lisati kloriidsele kompleksväetisele 0,5 ja 1,0 kg kaaliumkloriidi ühe kuupmeetri kohta, mis suurendas substraadi kloorisisaldust maksimaalselt kuni 673 mg/l (tabel 11).

Tabel 11. Kaaliumkloriidi mõju salatile turvassubstraadil / The effect of potassium chloride on lettuce grown on peat substrate

Väetisnorm 1 m ³ turba kohta Fertilizer rate per 1 m ³ peat	Saak g/nõu Yield, g/pot	Nitraadid Nitrates mg/kg	Substraadi Cl-sisaldus Cl-content in substrat mg/l
Sulfaatne kompleksväetis 1,5 kg Sulphatic complex fertilizer 1.5 kg	243	4645	28
Kloriidne kompleksväetis 1,5 kg Chloric complex fertilizer 1.5 kg	242	3000	253
Kloriidne kompleksväetis 1,5 kg + 0,5 kg kaaliumkloriidi Chloric complex fertilizer 1.5 kg + 0.5 kg potassium chloride	214	2238	476

Kloriidne kompleksväetis 1,5 kg + 1,0 kg kaaliumkloriidi			
Chloric complex fertilizer 1.5 kg + 1.0 kg potassium chloride	176	2077	673
	PD/LD _{0,95}	26,7	718

Katsetest selgus, et lühikese kasvuajaga köögiviljade kasvatamiseks soovitatava kompleksväetise normi (1,5 kg 1 kuupmeetri turba kohta) puhul oli sulfaatse ja kloriidse väetise toime salati saagile võrdne. Eelistada võiks aga kloriidset väetist, sest sel puhul oli salati nitraatidesisaldus 35,4 % väiksem. Kaaliumkloriidi kontsentratsiooni edasine suurendamine substraadis vähendas salati nitraatidesisaldust veelgi, kuid kui kloorisisaldus substraadis ületas 250 mg/l, kaasnes sellega saagilangus. Salati lehekahjustusi kaaliumkloriidi liig ei põhjustanud. Ka teistes autori poolt korraldatud katsetes mitmesuguste köögiviljadega ei põhjustanud kaaliumkloriid ühelgi juhul taimede kahjustusi ega silmaga nähtavaid kasvuhäireid.

Mikroväetised

Nitraatide taandamisel on oluline molübdeen, sest taimede ainevahetuses väga suurt tähtsust omav nitraatireduktaas funktsioneerib ainult molübdeeni osalusel. Molübdeeni puudusel pidurdub suurte lämmastikunormide korral valgu süntees ning halveneb lämmastiku väärindamine, samal ajal aga suureneb nitraatide akumulatsioon (Bergmann, Neubert, 1976).

Köögiviljadest on molübdeeni puuduse suhtes eriti tundlikud lillkapsas, salat ja spinat, mis reageerivad molübdeenväetisele olulise saagitõusu ning saagi kvaliteedi paranemisega. Sealhulgas, nagu kinnitavad mitmed teadlased, väheneb nitraatide akumulatsioon köögiviljadesse.

Nitraatide taandamist saab mõjutada ka taimede lehekaudse väetamisega nende mikroelementide lahustega, mis kuuluvad nitraatide taandamisel osalevate reduktaaside koostisesse või mis muul teel mõjutavad lämmastikuainevahetust. Nii on kasvuhooneköögiviljade lehtede pritsimine mikroelementide (B, Cu, Zn, Mn, Mo) lahustega – iga element eraldi 0,04 %-lise lahusega või kõik elemendid koos 0,2 %-lise lahusega – soodustanud köögiviljade nitraatidesisalduse vähenemist. Kasvuhoonekurgi nitraatidesisaldus vähenes 1,9...3 korda (Gluntsov, Dmitrijeva, 1989).

Käesoleva töö autor uuris mikropõldkatsetes madala boorisaldusega kergel liivsavimullal boorväetise mõju porgandile ja söögipeedile. Selgus, et köögiviljade külvi eel koos mineraalväetistega boorhappena mulda viidud boor (1,42 kg/ha) vähendas porgandi nitraatidesisaldust kolme aasta keskmisena 29,6 % ja söögipeedi nitraatidesisaldust 21,5 %.

Mikroväetiste lehekaudse manustamise mõju saagi nitraatidesisaldusele uuriti mikropõldkatses porgandiga ja tootmiskatses söögipeediga (tabel 12). Selgus, et taimede pritsimine augusti algul ammoniummolübdaadi ja boorhappe 0,02 %-liste lahustega (mikroväetiste annus oli 400 g/ha) vähendas nitraatidesisaldust porgandis vastavalt 51,2 ja 24,4 % ning söögipeedis vastavalt 24,0 ja 15,0 %.

Tabel 12. Mikroväetistega lehekaudse väetamise mõju köögiviljade nitraatidesisaldusele (mg/kg) / The effect of micronutrient application on nitrate content of vegetables (mg/kg)

Katsevariandid Treatments	Porgand mikropõldkatses Carrot in microplot trial		Söögipeet tootmiskatses Red beet in farm scale trial	
	n	x	n	x
Mikroväetisteta / No micronutrients	4	95,4	8	605
Pritsimine / Spraying 0,02 % (NH ₄) ₂ MoO ₄	4	46,6	8	460

Pritsimine / Spraying				
0,02 % H ₃ BO ₃	4	72,1	8	514

Mikroväetiste kasutamisel on eriti tähtis nende optimaalne doseerimine, sest taimedele võivad ühtviisi halvasti mõjuda nii nende puudus kui liig. Boorväetiste normide mõju uurimisel mikropõldkatsetes selgus, et boori topeltnorm (2,8 kg/ha) võrreldes normaalanusega (1,4 kg/ha) suurendas porgandi nitraatidesisaldust 41,4 % ning vähendas saaki 17,3 %.

Orgaanilised ja bioaktiivsed väetised

Orgaanilistes väetistes sisalduvate taimetoitainete vabanemine ning omastamine taimede poolt kulgeb mõneti teistsuguselt kui mineraalväetistes. See teatud erinevus, aga ka orgaaniline aine, mikroelementide jt. mulla mikrofloorale soodsalt mõjuvate ainete sisaldus on peamiseks põhjuseks, miks taimed reageerivad orgaanilistele väetistele mõnevõrra teisiti kui ekvivalentsetes kogustes toiteelemente sisaldavatele mineraalväetistele.

Paljud teadlased märgivad üldsõnaliselt, et orgaaniliste väetistega on köögiviljade saagikus küll väiksem, kuid bioloogiliselt väärtuslike ainete (süsivesikud, vitamiinid jt.) sisaldus suurem, nitraatide akumulatsioon aga väiksem kui mineraalväetiste kasutamisel.

Orgaaniliste väetiste (sõnniku ja sideraatide) nitraatide akumulatsioonist pidurdav toime on seletatav nende väetistega mulda viidava mikrofloora tegevusega. Mikroorganismid seovad ajutiselt mullas oleva liigse lämmastiku, aeglustades sellega lämmastikuühendite nitrifikatsiooni taimekasvu algfaasides ning toimides kui bioloogilised nitrifikatsiooni inhibiitorid. Seetõttu omastavad taimed lämmastikku kogu kasvuperioodil ühtlasemalt. Süsivesikute ja valkude süntees kulgeb häireteta, ühtlasi on välditud liigne nitraatide akumulatsioon köögiviljade produktiivorganeisse (Borissov jt., 1986).

Mõned autorid (Fritz, 1973; Kobel 1981) aga hoiatavad orgaaniliste väetiste suurte kasutusnormide eest ning soovivad köögiviljades nitraatide akumulatsiooni pidurdamiseks vähendada praktikas seni kasutatud sõnnikukoguseid. Eriti suureks nitraatide akumulatsiooni põhjustajaks peetakse virtsa (Kobel, 1981; Marschner, 1984; Stadelmann jt., 1984). Paljudel juhtudel on soovitatud üldse loobuda virtsa kasutamisest köögivilja-kasvatuses. Ka meil Eestis on mõnel pool suurfarmide ja seakombinaatide lähedastel põldudel looduse suhtes raskesti patustatud, viies mulda virtsa ja läga ülisuuri koguseid, rikkudes sellega mulla struktuuri ning taimede toiterežiimi. Ühelt selliselt sealäga üleväetatud endise Gagarini NST põllult augusti lõpul võetud söögipeedi proovides oli nitraate väga palju – üle 3000 mg/kg.

Kuigi sõnnik ja teised orgaanilised väetised on taimekasvatuses väga hinnatud, peavad mitmed teadlased (Fritz, Venter, 1983; Marschner, 1984; Schröder, 1984) üheks puuduseks seda, et nende kasutamisel pole köögiviljades nitraatidesisaldus nii hästi reguleeritav (prognoositav) kui mineraalsete lämmastikväetiste sihipärasel kasutamisel. Mineraalväetisi on võimalik täpselt doseerida, anda neid just siis, kui taimed neid kõige rohkem vajavad, ja parasjagu nii palju kui vaja.

Taimekasvuks vajalike nitraatide vabanemine orgaanilistest väetistest või mulla orgaanilisest ainest sõltub mulla temperatuurist, niiskusest jt. teguritest ning see ei pruugi alati langeda ajale, mil taim lämmastikku (nitraate) kõige rohkem vajab. Kui lämmastiku mineraliseerumiseks soodne ilmastik saabub alles vegetatsiooni teisel poolel, ei jõua taim mullast vabanevaid nitraate enam täielikult aineringsesse lülitada ning neid jääb saagisse tavalisest rohkem (Järvan, 1989).

Sõnniku ja mineraalväetiste mõju köögiviljades nitraatidesisaldusele uuriti mikropõldkatsetes kolme aasta jooksul (tabel 13). Kasutatud väetisnormide puhul ei olnud taimetoitainete sisaldus mineraal- ja orgaanilises väetises küll ekvivalentne, kuid sellised olid köögiviljakasvatuse praktikas kasutatavad keskpärased normid.

Tabel 13. Orgaaniliste ja mineraalväetiste mõju porgandile ja söögipeedile / The effect of organic ja mineral fertilizers on carrot and red beet

Katsevariandid Treatments	Porgand / Carrot 'Nantes'			Söögipeet / Red beet 'Bordoo'		
	n	saak yield kg/m ²	nitraadid nitrates mg/kg	n	saak yield kg/m ²	nitraadid nitrates mg/kg
Väetiseta / No fertilizer	12	8,1	174	12	5,0	441
Sõnnik / Manure 50 t/ha	12	11,6	172	12	8,6	780
Mineraalväetis / Mineral fertilizer N ₁₀₂ P ₃₅ K ₁₂₀	12	9,8	230	12	8,8	654
Sõnnik + mineraalväetis / Manure + mineral fertilizer	12	10,8	224	12	11,5	941

Selles katses kasutatud väetisnormide puhul osutus porgandile nii saagi kui nitraatidesisalduse seisukohalt kõige efektiivsemaks sõnniku kasutamine. Porgand, erinevalt teistest köögiviljadest, teatavasti omastab võrdlemisi hästi mulla toitainevarusid, sellele viitab ka väetamata variandi kõrge saagitase, kuid on tundlik mineraalväetiste kõrge kontsentratsiooni suhtes.

Söögipeet reageeris orgaanilisele ja mineraalväetistele märksa tugevamini kui porgand, seda nii saagi kui nitraatidesisalduse seisukohalt. Mineraalne N₁₀₂P₃₅K₁₂₀ suurendas saaki 77,2 % ja nitraatidesisaldust 48,3 %. Sõnnikuga (50 t/ha) oli saagi juurdekasv praktiliselt sama, kuid nitraatidesisaldus suurenes 76,9 %. Sõnniku ja mineraalväetiste kooskasutamine aga, võrreldes nende eraldi kasutamisega, suurendas oluliselt söögipeedi saaki ja nitraatidesisaldust. Väetamata variandiga võrreldes suurenes saak 131 % ja nitraatidesisaldus 113 %.

Uurides põldkatsetes mitmesuguste köögiviljade ja põllukultuuridega bioaktiivse huumusväetise 'Efekton' toimet, oletas käesoleva töö autor, et see turbast aktiivse komposteerimise teel saadav taimetoitaineid ja rikkalikku mikrofloorat sisaldav produkt peaks soodsalt mõjutama ka taimede lämmastiktoitumist ning vältima nitraatide liigset akumulierimist saagisse. 'Efektoni' otsemõju jäi kasutusnormi 3,3 t/ha (2,9 t/ha kevadise mullaharimise alla + 0,4 t/ha kasvuajal vedelväetisena) puhul väikeseks – saagid suurenesid vaid 7,3 (peakapsas) kuni 10,7 % (juurseller) ning saagi nitraatidesisaldus oluliselt ei muutunud, välja arvatud valge peakapsas F₁ 'Bartolo', mille nitraatidesisaldus vähenes 'Efektoni' mõjul 22,9 %. Kuigi bioaktiivse huumusväetise järelmõju uurimiseks enam katseid ei korraldatud, võib mulla mikrobioloogiliste analüüside alusel, mida tehti nii väetise kasutamise kui sellele järgneval aastal ning mis näitasid mulla mineraalset lämmastikku omastatavate, orgaanilist ainet lagundavate jt. bakterite tegevuse aktiviseerumist, arvata, et sellelaadsete väetistega peaks olema võimalik suunavalt mõjutada ka nitraatide akumulierumist köögiviljades.

Kasvuhooesubstraatide väetamine

Orgaanilise aine poolest rikkastel substraatidel on raske reguleerida lämmastiku-sisaldust, sest orgaanilise aine intensiivsel lagunemisel katmikala soodsates tingimustes tekib kergesti omastatavaid lämmastikuühendeid pidevalt juurde. Katmikalal, nagu avamaalgi, on väga tähtis hoida toiteelementide sisaldus optimaalsetes vahekordades. See aitab vältida nitraatide liigset akumulatsiooni köögiviljadesse.

Kasvuhooeköögiviljade nitraatidesisalduse vähendamiseks peetakse vajalikuks kasutada varem soovitatutest väiksemaid väetisnorme. Kasvuhooesubstraadi lämmastikutase soovitatakse hoida 60...90 mg/piirides (Gluntsov jt., 1991).

Köögiviljade nitraatidesisaldus sõltub juba istikufaasis olevate taimede lämmastiktoitumise tasemest. Kui istikuid kasvatati optimaalsest kõrgema lämmastikusisaldusega substraadil, põhjustas see hiljem kurkides olulist, tomatites aga mõnevõrra väiksemat nitraatidesisalduse tõusu (Gluntsov, Dmitrijeva, 1989). Istikute substraadi valmistamisel ei tohi sellesse segada kurgi puhul üle 150 g ning tomati ja paprika puhul üle 300 g lämmastikku ühe kuupmeetri kohta (Gluntsov jt., 1991).

Looduslike sorbentide (vermikuliit, tseoliit jt.) lisamine kasvusubstraatidesse vähendab samuti nitraatide akumulereerumist köögiviljadesse.

Köögiviljade kasvatamine hüdroponkultuuris võimaldab nende lämmastiktoitumist täpselt reguleerida ning saada väiksema nitraatidesisaldusega saaki (Alt, Strüve, 1982; Blom-Zandstra, Lampe, 1983; Fritz, Venter, 1983). Toitelahusest lämmastiku ärajätmine või tema sisalduse tugev piiramine 7...10 päeva enne koristamist saagikust oluliselt ei vähendanud, kuid vähendas tublisti köögiviljade nitraatidesisaldust. Seda võtet soovitatakse rakendada eriti rohkesti nitraate akumulereivate köögiviljade, näiteks salati viljelemisel.

Toitelahustel viljelemisel nitraatiooni osaline asendamine kloriidiooniga võimaldas vähendada spinati nitraatidesisaldust, saak seejuures ei vähenenud (Wehrmann, Hähndel, 1984).

Aastatel 1988...1991 selgitas autor Saue Agrofirma kasvuhoonetes, mil määral sõltub kurgi ja tomati nitraatidesisaldus turvassubstraadi toitainetesisaldusest. Selle aja jooksul analüüsiti kokku 132 kurgi-, 82 tomati- ja 214 substraadiproovi. Kurk sisaldas nitraate keskmiselt 291 (53...718), tomat – 81 (23...263) mg/kg.

Kurgi ja tomati ülisuurte nitraatidesisalduste põhjuseks ei olnud substraadi toitainete kontsentratsioon. Täheledatai, et esimeste korjete saagis (kurgil märtsis-aprillis, tomatil maisjuunis) sisaldus sageli väga palju nitraate. Ka paljudes septembrikuus võetud tomati-proovides oli nitraatidesisaldus väga kõrge. Selle põhjuseks olid tõenäoliselt sügise poole üha halvenevad valgustingimused ning taimehaiguste ja -kahjurite tõttu oluliselt vähenenud fotosünteesiliselt aktiivsete lehtede pind. Kurgi lehestik kahjustus haiguste ja kahjurite toimel mõnes kasvuhoonetes väga varakult. Sellega kaasnes viljade nitraatidesisalduse järsk suurenemine, mida ei olnud võimalik põhjendada substraadi toitainetesisaldusega.

Nelja aasta andmetel ilmnes mõningane korrelatiivne seos saagi (kurk, tomat) nitraatidesisalduse ja substraadi toiteelementide sisalduse vahel. Kurgi (n=132) puhul oli sõltuvust võimalik väljendada järgmiste võrrandite kujul:

$$y=211,1+0,40^{**} N \quad R=0,274$$

$$y=157,7+0,51^{**} K \quad R=0,427$$

$$y=146,8+0,53^{**} Mg \quad R=0,265,$$

kus y – kurgi nitraatidesisaldus mg/kg
 N – substraadi nitraatlämmastikusisaldus mg/l
 K – " kaaliumisisaldus "
 Mg – " magneesiumisisaldus "
 $** P < 0,01$

Tomati (n=82) puhul väljendus viljade nitraatidesisalduse (y) sõltuvus substraadi toitainetesisaldusest järgmiselt:

$$y=48,5+0,17^{**} N; \quad R=0,558$$

$$y=40,8+0,26^{**} P; \quad R=0,274$$

$$y=46,3+0,09^{**} K; \quad R=0,275,$$

kus P – substraadi fosforisisaldus mg/l.
 $** P < 0,01$

Saue Agrofirma kasvuhoonetes polnud köögiviljade nitraatidesisalduse ja substraadi toitainetesisalduse vahelise sõltuvuse kindlakstegemiseks võimalik elimineerida teisi nitraatidesisaldust mõjutavaid tegureid (valgus-, niiskus- ja soojusrežiimi muutlikkus, taimehaigused, -kahjurid jt.). Need tegurid mõjutavad nitraatide akumulereerumist köögiviljadesse sageli rohkemgi kui substraadi toitainetesisaldus.

Kokkuvõte

Käesoleva töö aluseks on autori poolt aastail 1972...1992 korraldatud köögiviljade väetamiskatsed, milles üheks uurimisobjektiks oli alati ka saagi nitraatidesisaldus. Väetamise mõju köögiviljade nitraatidesisaldusele uuriti kokku 38 põld-, 30 mikropõld-, 54 nõu- ja 3 tootmiskatses ning mitmes lepingulises uurimistöös. Katseid tehti 13 köögiviljakultuuriga. Kokkuvõtlikud tulemused on järgmised.

Mineraalväetised, eelkõige lämmastikväetised suurendavad köögiviljade nitraatidesisaldust. Kuid köögiviljade erinevad liigid reageerivad lämmastikväetistele isesugustelt. Aastate keskmisena ületati söögipeedi nitraatidesisalduse piirnorm, andes külvi eel lämmastikku üle 130 kg/ha, porgandi nitraatidesisaldus ei ulatunud piirnormini isegi N_{180} muldaviimisel. Mida hiljem lämmastikuga väetada, seda rohkem nitraate akumuleerub saagisse. Mitmesugused lämmastikväetised (ammooniumsalpeeter, ammooniumsulfaat, karbamiid) mõjutavad köögiviljade nitraatidesisaldust avamaal peaaegu ühtemoodi. Salpeeterväetised põhjustavad kasvuhooneköögiviljades enamasti suuremat nitraatide akumuleerumist, kuid nende mõjul on tavaliselt saak suurem kui teiste lämmastikväetistega väetamisel.

Nitrifikatsiooni inhibiitorid vähendavad oluliselt köögiviljade nitraatidesisaldust. Kuid enamikul juhtudel vähendavad nad väga tugevasti ka saaki ning kahjustavad selle kaubanduslikku väärtust. Nitrifikatsiooni inhibiitorite kasutamine ei ole perspektiivne.

Kaaliumväetiste mõju köögiviljade nitraatidesisaldusele oleneb väetisnormist, mulla kaaliumisisaldusest ning taimetoiteelementide tasakaalust, väetistes kaaliumiga kaasnevast anioonist jt. teguritest. Turvassubstraadil viljeldavate kasvuhooneköögiviljade väetamisel kaaliumsulfaadi asendamine ekvivalentse koguse kaaliumkloriidiga võimaldab vähendada paljude köögiviljade nitraatidesisaldust, suurendades enamasti saaki.

Mikroelementide, eriti boori ja molübdeeni andmine täpselt piiritletud annustes mulda või taimelehtede kaudu vähendab nitraatide akumuleerumist köögiviljades. Mikroelementide vaegus või liig võib aga soodustada nitraatide akumulatsiooni.

Orgaaniliste väetiste ja teiste bioaktiivsete väetiste kasutamine väldib liigset nitraatide akumuleerumist.

Orgaanilise aine rohketal kasvuhoonesubstraadidel, sh. turvassubstraadil köögiviljade nitraatidesisaldus ei sõltu kuigi oluliselt kasvusubstraadi toitainetesisaldusest, sest teiste tegurite (valgus, taimehaigused, -kahjurid jm.) mõju on sageli suurem.

Kirjandus

- Alt, D., Strüwe, S. Decline of the nitrate content in lettuce by means of monitoring the nitrogen content of the nutrient solution in hydroponic systems. - *Plant Nutrit.*, vol. 1, p. 17...21, 1982.
- Bergmann, W., Neubert, P. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalys. - Jena, 1976. - 711 S.
- Blom-Zandstra, G., Lampe, J. The effect of chloride and sulphate salts on the nitrate content in lettuce plants (*Lactuca sativa* L.). - *J. Plant Nutrit.*, vol. 6, p. 611...628, 1983.
- Boon, J. van der, Steenhuizen, J. W., Steingröver, E. Effect of EC, and Cl and NH_4 concentration of nutrient solutions on nitrate accumulation in lettuce. - *Acta Hort.*, vol. 222, p. 35...43, 1988.
- Borisov jt.: Борисов В. А., Борисова Л. М., Полковская В. В., Мотков С. Н. Снизить содержание нитратов в овощах. - *Картофель и овощи*, № 3, с. 29...30, 1986.
- Burghardt, H., Ellering, K. Beeinflussung des Nitratgehaltes von Spinat durch unterschiedliche Kulturbedingungen. - *Gartenbauwiss.*, Bd. 53, Nr. 5, S. 201...205, 1988.
- Dressel, J., Jung, J., Will, H. Der Einfluss von Nitrifikationshemmern auf den Nitratgehalt in Gemüse in Abhängigkeit der verwendeten N-Formen. - *Gartenbauwiss.*, Bd. 49, H. 3, S. 106...112, 1984.
- Ellering, K. Stickstoffdüngung und Nitratgehalt von Gemüsearten. - *Dt. Gartenbau*, Bd. 37, Nr. 24, S. 1122...1125, 1983.
- Finck, A. Düngung und Qualität pflanzlicher Nahrung. - *Dünger und Düngung*. - Weinheim-New York, 1979. - 443 S.

- Fritz, D. Nahrungsqualität von Gemüse als Ergebnis harmonischer Düngung und sachkundiger Nacherntebehandlung. - Erwerbsgärtner, Jg. 27, Nr. 51, S. 2378...2380, 1973.
- Fritz, D., Venter, F. Über den Nitratgehalt in Gemüse. - Investigations on Genetics and Breeding. - Sofia, S. 55...61. 1983.
- Geissler, T., Geyer, B. Effektive Verwertung hoher Stickstoffgaben in der Feldgemüseproduktion in Beziehung zur Gestaltung anderer Wachstumsfaktoren. - Tag.-Ber. Landw. Akad., S. 239...246, 1978.
- Geissler, T., Geyer, B. Die Wirkung einer Stickstoffdüngung auf die Qualität von Feldgemüse. - Arch. f. Gartenbau, Nr. 4, S. 199...207, 1980.
- Glunsov, Dmitrijeva: Глунцов Н. М., Дмитриева Л. В. Проблема нитратов в защищенном грунте. - Химизация сельского хозяйства, № 8, с. 21...24, 1989.
- Glunsov jt.: Глунцов Н. М., Макарова С. Л., Соколов И. О. Выращивание овощей без нитратов. - Химизация сельского хозяйства, № 8, с. 17...21, 1991.
- Grukauskas: Грукаускас С. А. Экономическое и экологическое преимущество локального внесения удобрений. - Удобрение и качество овощных культур. - Вильнюс, с. 19...21, 1990.
- Hippe, I., Müller, K. Einfluss differenzierter Stickstoffgaben auf die Gehalte an nitrosierenden und nitrosierbaren Inhaltsstoffen in Kartoffeln, Kohlrabi, Kopfsalat und Tomaten. - Landwirtsch. Forsch., Kongressband, S. 258...265, 1984.
- Hähndel, R., Wehrmann, J. Beeinflussung des NO_3 -gehaltes von Blattgemüse durch NH_4 - und Cl-Ernährung. - Nitrat in Gemüse und Grundwasser. - Bonn, S. 182...190, 1983
- Hähndel, R. Wehrmann, J. Einfluss der NO_3 -bzw. NH_4 -Ernährung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat und Kopfsalat. - Ztschr. Pflanzenern. Bodenk., Bd. 149, H. 3, S. 290...302, 1986.
- Jakobsen, S. T. Interaction between plant nutrients. II. Effect of chloride on activities of cations in soil solution and on nutrient uptake by plants. - Acta Agric. Scand., Sect. B, vol. 42, No. 4, p. 213...217, 1992.
- Järvan, M. Väetamise mõju söögipeedi saagile ja kvaliteedile. - EMMTUI teaduslike tööde kogumik nr. 40. - Tallinn, lk. 30...45, 1977.
- Järvan, M. The dependence of the nitrate content of vegetables upon fertilization. - Abstracts XXIst International Horticultural Congress. Vol. 1. - Hamburg, p. 1430, 1982a.
- Järvan, M. Des Guten zuviel kann schädlich sein. - Gärtnerpost (Berlin), Nr. 7, S. 4, 1982b
- Järvan, M. Kõõgiviljad ja tervis. - Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 16, lk. 36...37, 1984.
- Järvan, M. Nitraadivaba kõõgivilja ei ole olemas. - Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 12, lk. 29...30, 1989.
- Järvan, M. Kõõgiviljade nitraatidesisalduse sõltuvus nende bioloogilistest iseärasustest ja kasvutingimustest. - Agraarteadus, nr. 2, lk. 149...169, 1994.
- Kathan, J. Stickstoffhaushalt und innere Qualität von Gemüse. - Dt. Gartenbau, Bd. 37, H. 2, S. 63...66, 1983.
- Kobel, F. Stickstoffdüngung und Nitratproblem im Gemüsebau. - Gartenbauwirtschaft, Nr. 12, S. 222...223, 1981.
- Mappes, F., Will, H. Einfluss der Düngung auf die Qualität. - Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, III Band, I Hälfte. - Wien-New York, S. 833...839, 1965.
- Marschner, H. Einfluss von Standort und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen Pflanzenarten. - Landwirtsch. Forsch., Kongressband, S. 16...32, 1984.
- Mayer, W. Zusammenfassende Ergebnisse einer Anzahl von ausländischen Arbeiten über die Rolle des Kaliums und Natriums im Boden und in der Pflanze. - Ztschr. Pflanzenern. Düng. Bodenk., Bd. 54, H. 3, S. 210...240, 1951.
- Mengel, K. Aufnahme und Reduction von Nitrat sowie Nitratgehalte in Pflanzen. - Landwirtsch. Forsch., Kongressband, S. 146...157, 1984.
- Mengel, K., Kirkby, E. A. Principles of plant nutrition. - Bern/Switzerland, 1979. - 593 p.
- Mergel, Semenov: Мергель А. А., Семенов В. М. Эффективность локализации разных азотных удобрений и их влияние на накопление нитратов в овощных культурах. - Проблема азота в интенсивном земледелии. - Новосибирск, с. 240...241, 1990.
- Piven jt.: Пивень П. Я., Омещинская З. И., Гришкевич М. И. Ингибиторы нитрификации и урожайность столовой свеклы. - Химизация сельского хозяйства, № 7, с. 51...53, 1990.
- Röber, R., Schaller, K. Einfluss von Düngungsmassnahmen auf die Qualität vegetativer Pflanzenteile. - Pflanzenernährung im Gartenbau. - Stuttgart, 1985. - 352 S.

- Schnetzer, H. L. Vegetationsversuch zur Wirkung steigender Stickstoffgaben auf den biologischen Wert von Karottenpflanzen. - Schweiz. Landw. Forsch., Bd. 23, Nr. 3, S. 303...314, 1984.
- Schröder, D. Unser täglich Brot. (Die moderne Agrarproduktion unter Anklage). - Hamburg u. Berlin, 1984. - 71 S.
- Semenov, Кноп: Семенов В. М., Кноп К. Применение азотных удобрений и регулирование содержание нитратов в растениях. - Агрохимия, № 9, с. 6...15, 1985.
- Slangen, J. J. G., Breimer, T. Ertrag, Nitrat- und Gesamtstickstoffgehalt bei Kopfsalat, Spinat und Endivie bei unterschiedlicher $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ -Verhältnis in der Nährlösung. - Nitrat in Gemüse und Grundwasser. - Bonn, 1983, S. 124...140.
- Sommer, K., Mertz, M. Wachstum, Ertrag und Mineralstoffaufnahme von Pflanzen - beeinflusst durch Ammonium oder Nitrat. - Landwirtsch. Forsch., Bd. 27, H. 1, S. 23...29, 1974.
- Splittstoesser, W. Influence of nitrogen fertilization upon protein and nitrate concentration in some vegetable crops. - Hort Sci., vol. 9, No. 2, p. 124...125, 1974.
- Stadelmann, F. X., Furrer, O. J., Lehmann, V., Moeri, P. B. Die Wirkung steigender Gaben von Klärschlamm und Schweinegülle auf den Nitratgehalt von ein- und mehrjährigem Klee gras. - Landwirtsch. Forsch., Kongressband, S. 188...200, 1984.
- Vendilo jt.: Вендילו Г. Г., Чередниченко И. Н., Скаржинский А. А. Условия выращивания и качество продукции. - Химизация сельского хозяйства, № 1, с. 49...51, 1989.
- Venter, F. Der Nitratgehalt im Rettich (*Raphanus sativus* L.). - Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 37, S. 520...526, 1980.
- Venter, F. Der Nitratgehalt in Porree. - Gemüse Nr. 12, S. 402...405, 1982.
- Venter, F. Der Nitratgehalt von Endiviensalat (*Cichorium endivia* L.). - Gartenbauwissenschaft, Bd. 48, Nr. 5, S. 230...234, 1983.
- Wehrmann, J., Hähndel, R. Relationship between N- and Cl-Nutrition and NO_3 -content of vegetables. - VI International Colloquium for the optimization of plant nutrition. - Actes Proceedings, vol. 2, p. 679...685, 1984.

THE DEPENDENCE OF NITRATE CONTENT OF VEGETABLES ON FERTILIZER APPLICATION

M. Järvan

Summary

In this paper are given the results of 38 field trials, 30 microplot trials, 54 pot trials, 3 farm scale trials, and several contractual studies. The trials were carried out by the author with 13 vegetable species from 1972 to 1992. The results are summarized as follows.

Mineral fertilizers, especially nitrogenous fertilizers, increase the nitrate content of vegetables. But different vegetable species react to nitrogenous fertilizers differently. In average years the permissible nitrate content was exceeded in beetroot by applying 130 kg/ha of nitrogen prior to sowing, in carrots, the nitrate content did not reach the permissible level even when N_{180} was applied. The later nitrogen is applied during plant growth, the more nitrates accumulate in the yield. The main nitrogenous fertilizers (ammonium nitrate, ammonium sulphate, urea) have, on open ground, a similar effect on the nitrate content of vegetables. On greenhouse vegetables nitrate fertilizers usually cause higher nitrate accumulation, but also a higher yield.

Several nitrification inhibitors considerably reduced the nitrate content of vegetables. But in most cases they also reduced the yield of vegetables and damaged the commercial appearance. The use of nitrification inhibitors is not promising.

The effect of potassic fertilizers on the nitrate content of vegetables depends on the fertilizer rate, the soil's potassium content, the balance of plant nutrients, on the anion in combination with potassium in the fertilizer and on other factors.

The replacement of potassium sulphate with potassium chloride in fertilizing greenhouse vegetables grown on peat substrate causes a reduction in the nitrate content of many vegetables and usually increases their yield.

A precise application of micronutrients, especially that of boron and molybdenum, to soil or leaves reduces the nitrate accumulation in vegetables. But the insufficiency or excess of micronutrients may favour nitrate accumulation.

The use of organic fertilizers and of other bioactive fertilizers avoids excessive nitrate accumulation in vegetables.

On greenhouse media rich in organic matter, including peat substrate, the nitrate content of vegetables does not primarily depend on the nutrient content of the growth medium, as much as the effect of other factors (light, diseases, pests, etc.) which are often higher.

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ В ОВОЩАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

М. Ярван

Резюме

Настоящая статья составлена на основе данных, полученных автором в опытах за 1972...1992 гг. по удобрению овощных культур. Проведено 38 полевых, 30 микрополевых, 54 вегетационных и 3 производственных опытов, всего на 13 видах овощных культур. Результаты опытов заключаются в следующем.

Применение минеральных удобрений, в частности азотных, увеличивает содержание нитратов в овощах. Овощи отзываются на азотные удобрения по-разному. Предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов в столовой свекле будет превышена, если вносить весной азота свыше 130 кг на га. Содержание нитратов в моркови не достигает ПДК даже при внесении 180 кг азота на га. Поздняя подкормка увеличивает накопление нитратов в овощах.

Разные виды азотных удобрений практически одинаково влияют на содержание нитратов в овощах открытого грунта. В овощах закрытого грунта азотнокислые удобрения вызывают более интенсивное накопление нитратов, а также увеличивают урожайность больше, чем остальные азотные удобрения.

Применение разных ингибиторов нитрификации существенно снижало содержание нитратов в овощах. Но в большинстве случаев это сопровождалось сильным снижением урожайности и ухудшением товарных качеств продукции. Применение ингибиторов нитрификации является неперспективным.

Влияние калийных удобрений на содержание нитратов в овощах зависит от дозы удобрения, обеспеченности почв калием, равновесия питательных веществ, сопутствующего аниона и других факторов.

При возделывании овощей закрытого грунта на торфяном субстрате замещение сульфата калия эквивалентным количеством хлористого калия позволяет уменьшать аккумуляцию нитратов во многих видах овощей и увеличивать их урожайность.

Внесение микроудобрений, в частности борных и молибденовых в почву или внекорневым способом в точно разграниченных дозах снижает накопление нитратов в

овошах. Недостаток, а также избыток микроэлементов в почве вызывает усиленное накопление нитратов в урожае.

Применение органических или других биоактивных удобрений предотвращает чрезмерное накопление нитратов в овощах.

При выращивании овощей закрытого грунта на субстратах богатых органическим веществом, в т.ч. на торфяных субстратах, содержание нитратов в урожае несущественно зависит от содержания питательных веществ в субстрате.