

C. Sonneveld, Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk

De invloed van stomen op de stikstofhuishouding van de grond

Bij het partieel steriliseren van grond door middel van stoom treden in de stikstofhuishouding vrij grote veranderingen op. Normaliter zal de stikstof die bij de bemesting in ammoniumvorm aan de grond wordt toegediend, door micro-organismen snel worden omgezet tot nitraat. Daarom is in kasgronden doorgaans vrijwel alle in water oplosbare stikstof aanwezig als nitraat. In gestoomde gronden kan echter een belangrijk deel van de in water oplosbare stikstof voorkomen als ammonium, terwijl soms ook nitriet wordt gevonden [1].

In de afgelopen jaren is op het Proefstation te Naaldwijk onderzoek verricht naar de invloed van stomen op de stikstofhuishouding van de grond. De eerste resultaten van dit onderzoek worden in deze publicatie samengevat.

Analysemethodieken

Bij het grondonderzoek werden de hoeveelheden in water oplosbare stikstof (N-totaal), nitraat, nitriet en ammonium bepaald en wel met behulp van een 1 : 5 grond-waterextract. Ook werd de hoeveelheid uitwisselbaar ammonium bepaald. Hierbij werd de grond geëxtraheerd met 1 n KCl; extractieverhouding eveneens 1 : 5 (uitwisselbaar ammonium is het in het bodemvocht opgeloste plus het geadsorbeerde ammonium). De gehalten werden uitgedrukt in mg stikstof (N) per 100 g droge grond.

De grondmonsters werden doorgaans gedroogd bij 45°C. Wanneer echter in de monsters ook nitriet werd bepaald, dan werden alle bepalingen in de veldvochtige grond uitgevoerd. Het nitriet gaat door het drogen van de grond namelijk grotendeels verloren. In

een vergelijkend onderzoek werd na drogen bij benadering slechts één vierde deel gevonden van de hoeveelheid die in de veldvochtige grond werd bepaald. Op de uitkomst van de ammonium- en de nitraatbepaling had het drogen weinig invloed. Dit werd bij een onderzoek in 1963 eveneens gevonden [6]. Door andere onderzoekers [5,7] is vaak een vrij sterke toename van ammonium na het drogen van de grond aangetoond.

Het N-totaalgehalte in het extract werd bepaald volgens de methode van Cotte-Kahane. Bij deze bepaling worden het nitraat en het nitriet met ferrosulfaat gereduceerd tot ammonium, dat na overdestilleren wordt getitreerd. Het nitraat werd colorimetrisch bepaald met fenol-zwavelzuur volgens Syderius. Het nitriet werd eveneens colorimetrisch bepaald en wel met behulp van sulfanilzuur en alpha-naphthylamine. De ammoniumstikstof werd aanvankelijk colorimetrisch bepaald met behulp van Nessler's reagens volgens Urbach. Later werd het ammonium bepaald door titratie na overdestilleren met magnesiumoxide. Bij laatstgenoemde bepalingmethode werden doorgaans wat lagere uitkomsten verkregen dan bij eerstgenoemde.

Voor een uitvoeriger beschrijving van de gevolgde analysemethodieken wordt verwezen naar Den Dekker en Dijk [2].

De directe invloed van stomen

Bij het stomen worden in de grond vrij grote hoeveelheden ammonium en soms ook wat nitriet gevormd. Dit blijkt onder andere uit de resultaten van een onderzoek, waarbij op zes bedrijven direct vóór

Tabel 1. De invloed van stomen op de gehalten aan minerale stikstof van de grond. Gehalten als mg N per 100 g droge grond (1 : 5 grond-waterextract).

Bedrijf	Nitraat		Nitriet		Ammonium	
	voor	na	voor	na	voor	na
1	10.0	4.7	0.00	0.07	0.0	2.0
2	10.7	2.3	0.00	0.10	0.2	1.6
3	16.0	3.3	0.00	0.77	0.4	1.6
4	2.9	1.6	0.00	0.21	0.3	1.8
5	20.9	10.6	0.00	0.52	0.6	6.4
6	16.5	9.9	0.00	0.04	0.3	4.1

en direct na het stomen de grond werd onderzocht (tabel 1). Op alle bedrijven werd zwaar gestoomd met behulp van zeilen. Na het stomen blijkt het nitraatgehalte overal te zijn gedaald en blijkt er nitriet en ammonium te zijn gevormd. De daling van het nitraatgehalte zal, althans gedeeltelijk, veroorzaakt zijn door reductie van nitraat tot nitriet. Het gehalte aan nitraat daalt echter meer dan het nitrietgehalte stijgt. Dit zou een gevolg kunnen zijn van uitspoeling. De hoeveelheid stoom (water) die wordt gebruikt bij het stomen door middel van zeilen is namelijk vrij groot. Ook is het mogelijk, dat een deel van het gevormde nitriet is ontleed tot gasvormige stikstof. Nitriet is namelijk weinig stabiel.

Het ontstaan van ammonium tijdens het stomen wordt veroorzaakt door afbraak van organische stof [1]. De hoeveelheid ammonium die bij het stomen in de grond wordt gevormd, hangt af van de hoeveelheid en de aard van de organische materialen die in de grond aanwezig zijn, de tijdsduur van het stomen en de temperatuur die daarbij in de grond wordt bereikt. De invloed van de laatste twee factoren blijkt duidelijk uit de resultaten van een laboratoriumproef, waarbij diverse soorten grond verschillende temperatuurbehandelingen ontvingen. De grond werd gedurende 3, 6 of 12 uur bij 70, 85 of 100°C in gesloten potten verhit. In tabel 2 zijn van een zavelgrond en een veengrond de resultaten weergegeven. Naarmate de grond langduriger en bij een hogere temperatuur werd verhit, was de hoeveelheid ammonium groter.

Tabel 2. Het ammoniumgehalte van een zavelgrond en een veengrond na verschillende temperatuurbehandelingen. Gehalten als mg N per 100 g droge grond (1 : 5 grond-waterextract).

Temp. Tijd	Zavelgrond				Veengrond			
	70°C	85°C	100°C	gem.	70°C	85°C	100°C	gem.
3 uur	0.8	1.1	2.4	1.4	2.5	3.8	4.2	3.5
6 uur	1.1	2.0	2.7	1.9	3.1	4.6	5.6	4.4
12 uur	1.4	3.1	3.8	2.8	4.3	6.3	12.0	7.5
gem.	1.1	2.1	3.0	2.0	3.3	4.9	7.3	5.2
	Onbehandeld			0.5	Onbehandeld			2.5

Stikstofhuishouding na het stomen

Bij het stomen van grond worden de aanwezige micro-organismen grotendeels gedood. Dit heeft tot gevolg, dat verschillende biologische processen – zoals de nitrificatie – de eerste tijd na het stomen slechts langzaam verlopen.

Teneinde nader geïnformeerd te worden over de nitrificatie van nitriet en ammonium op gestoomde grond, werd in een incubatieproef de omzetting van deze verbindingen in een gestoomde grond vergeleken met de omzetting in ongestoomde grond. Bij deze proef werd gebruik gemaakt van een stikstofarme zavelgrond. De stikstof werd toegevoegd als natriumnitriet of ammoniumsulfaat. De hoeveelheid werd zodanig gekozen, dat per 100 g droge grond 10 mg stikstof (N) werd toegediend. De grond werd in een kas in open bakken bewaard; het vochtgehalte werd op peil gehouden. Door bemonstering werden gedurende zes weken de veranderingen in de gehalten aan minerale stikstof gevolgd. In de figuren 1 en 2 zijn de resultaten in beeld gebracht. In de niet gestoomde grond zijn ammonium en nitriet na resp. 9 en 15 dagen omgezet. In de gestoomde grond duurt dit aanmerkelijk langer, als gevolg van het feit dat de micro-organismen die ammonium en nitriet tot nitraat omzetten in de gestoomde grond aanvankelijk niet of in onvoldoende mate aanwezig zijn.

Bij daling van het ammoniumgehalte treedt een flinke

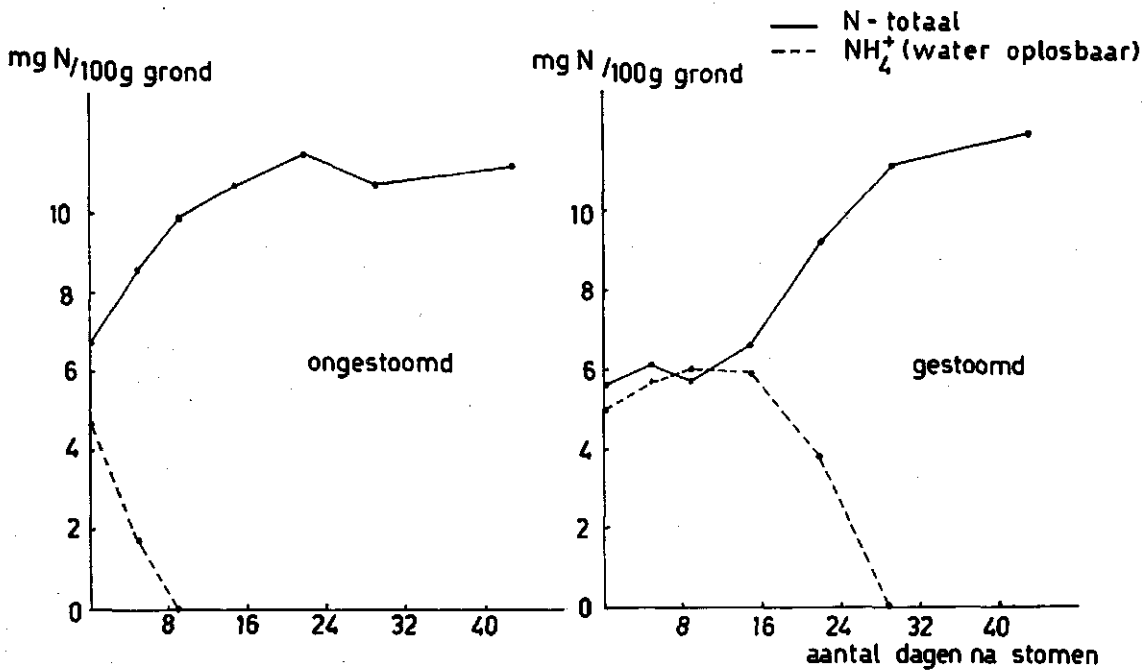
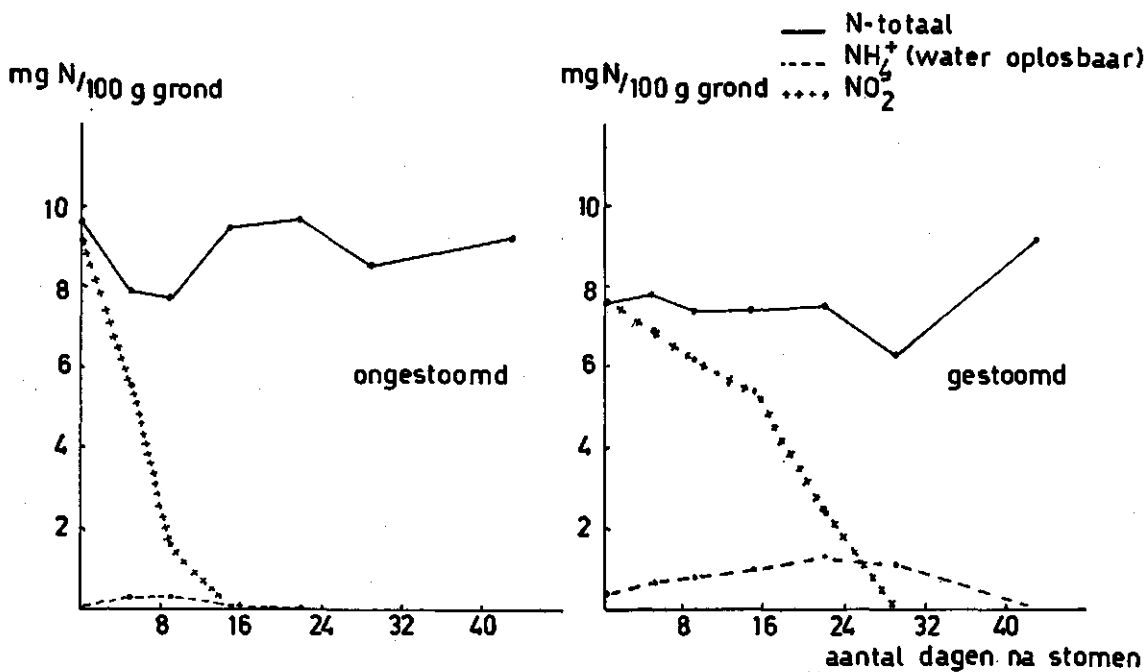


Fig. 1. De omzetting van ammonium op gestoomde en ongestoomde grond.

Fig. 2. De omzetting van nitriet op gestoomde en ongestoomde grond.



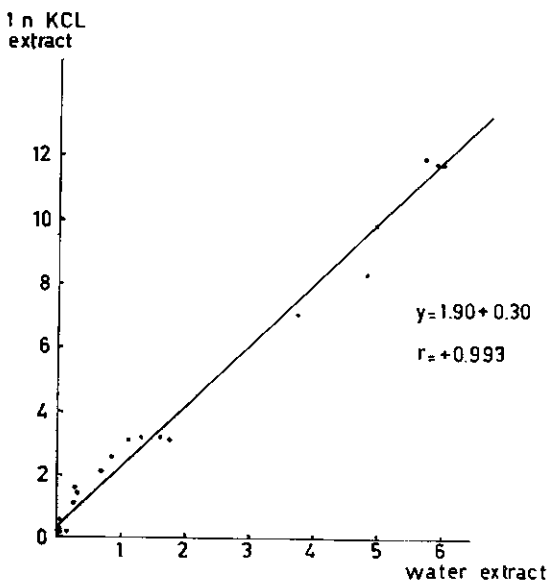
stijging op van het N-totaalgehalte. Dit als gevolg van het feit dat een groot deel van het ammonium aan het adsorptiecomplex is gebonden en na omzetting tot nitraat in oplossing komt. De hoeveelheid ammonium die aan het adsorptiecomplex is gebonden, hangt af van de hoeveelheid ammonium die in de grond aanwezig is en van de aard van de grond. Naarmate de grond meer ammonium bevat en een groter adsorptiecomplex heeft, zal de hoeveelheid stikstof die tot oplossing komt door omzetting van adsorptief gebonden ammonium, groter zijn. Bij een onderzoek op verschillende gronden in het Zuidhollands Glasdistrict bleek de hoeveelheid uitwisselbaar ammonium twee tot vier maal zo groot te zijn als de hoeveelheid die in het waterextract werd gevonden. Doorgaans was tussen de hoeveelheid in water oplosbaar en uitwisselbaar ammonium een nauw verband aanwezig. In figuur 3 is het verband weergegeven voor de grond die in de hiervoor beschreven proef werd gebruikt.

In het najaar van 1967 werd op zes bedrijven een onderzoek begonnen naar de stikstofhuishouding van gestoomde grond. De bedrijven waren op verschillende grondsoorten gelegen. Overal werd sla geteeld en werden de normale cultuurmaatregelen, zoals

doorspoelen en bemesten, verricht. De veranderingen in de gehalten aan minerale stikstof werden gevolgd door de grond regelmatig te bemonsteren. De eerste monsternamen vond één dag vóór het stomen plaats en de tweede één dag na het stomen. De bemonstering werd aanvankelijk wekelijks en later met steeds grotere tussenpozen herhaald. Het onderzoek werd na ongeveer 4 maanden beëindigd.

De veranderingen in de gehalten aan minerale stikstof van de grond na het stomen vertoonden op de verschillende bedrijven eenzelfde tendens. Overal bleek direct na het stomen het nitraatgehalte te zijn gedaald en bleek er nitriet en ammonium te zijn gevonden (tabel 1). Onder invloed van het doorspoelen dat na het stomen werd gedaan, daalde het nitraatgehalte verder. In enkele gevallen vertoonden het nitriet- en het ammoniumgehalte de eerste tijd na het stomen een stijgende tendens. Aan nitrietstikstof werd op de zes in het onderzoek betrokken bedrijven nooit meer dan 1½ mg en aan ammoniumstikstof (water oplosbaar) nooit meer dan 10 mg per 100 g grond gevonden. Veertig à vijftig dagen na het stomen werd op geen van de bedrijven nog van betekenis zijnde hoeveelheden nitriet of ammonium gevonden. In figuur 4 zijn de veranderingen in de gehalten aan minerale stikstof op één van de bedrijven in beeld gebracht; de grondsoort op dit bedrijf was humeus zand. De eerste maanden na het stomen heeft in de grond een versnelde afbraak van organisch materiaal plaats. Dit heeft tot gevolg dat gestoomde gronden aanvankelijk meer stikstof mineraliseren dan niet gestoomde gronden. De stikstofmineralisatie van gestoomde gronden zal met het verloop van de tijd afnemen. Zij kan hierdoor een aantal maanden na het stomen juist geringer zijn dan de stikstofmineralisatie van niet gestoomde gronden. Dit bleek uit de resultaten van een proef waarbij op verschillende grondsoorten, zowel in gestoomde als niet gestoomde toestand, vier stikstofgiften werden vergeleken. De proef werd uitgevoerd in bakken van ongeveer 125 l inhoud. Gedurende verschillende jaren werden sla en tomaten geteeld; bij de slateelt werden per bak

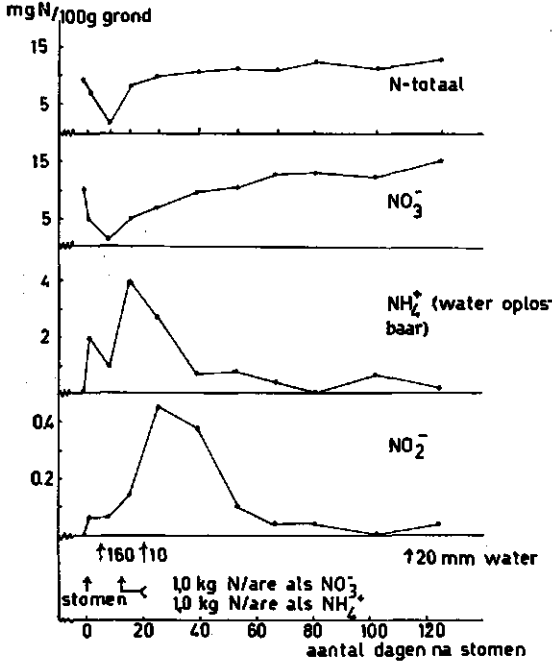
Fig. 3. Het verband tussen het gehalte (mg N per 100 g droge grond) in water oplosbaar en uitwisselbaar ammonium in een zavelgrond.



vijf planten gepoot en bij de tomateteelt twee. In tabel 3 is de opbrengst van de sla en de tomaten in 1966 gemiddeld over de grondsoorten weergegeven. In de proef werd tevens nagegaan welke tomaten-

planten tengevolge van stikstofgebrek vroegtijdig afstierven. De bereikte ouderdom van de planten – uitgedrukt in het aantal dagen na het uitplanten – is eveneens in de tabel opgenomen.

Fig. 4. De veranderingen in de gehalten aan minerale stikstof op een gestoomde grond.



Bij de sla heeft het stomen de opbrengst bij alle stikstofniveaus verhoogd. Bij de laagste stikstofgiften was echter een grotere opbrengstverhoging aanwezig dan bij de hoogste, hetgeen een gevolg zal zijn geweest van een sterkere stikstofmineralisatie op de gestoomde grond. Ook bij de tomaat was als gevolg van het stomen een opbrengstverhoging te verwachten; deze werd echter beperkt door de stikstofgift. Alleen bij de hoogste stikstoftrap, waar voldoende stikstof aanwezig was, kwam de hogere opbrengst op de gestoomde grond tot uiting. De stikstofmineralisatie zal op de gestoomde grond snel zijn afgenomen, waardoor de planten eerder stikstofgebrek vertoonden dan op de niet gestoomde grond en sneller afstierven. De proef werd 175 dagen na het uitplanten van de tomaten beëindigd; bij de hoogste stikstofgift was toen niet alle stikstof verbruikt, zodat daar de bereikte ouderdom van de planten op de gestoomde en ongestoomde grond vrijwel gelijk was.

Stikstofvorm en gewas

Uit de besproken proefresultaten is duidelijk gebleken, dat na stomen van de grond een verhoogde activiteit van nitriet en ammonium mogelijk is. Nitriet is

Tabel 3. De opbrengst van sla en tomaten op gestoomde en ongestoomde grond bij verschillende stikstofniveaus. De bereikte ouderdom van de tomaten is gerekend vanaf het uitplanten.

g N/bak	Sla		Tomaat			
	kg/100 stuks		kg/plant		ouderdom in dagen	
	onbehandeld	stomen	onbehandeld	stomen	onbehandeld	stomen
3.0	11.5	17.3	1.38	1.26	130	111
10.6	18.6	22.4	2.36	2.34	150	129
20.4	20.6	21.9	3.28	3.31	170	152
30.0	19.9	21.4	3.00	3.60	172	174

voor de plant giftig, terwijl sommige gewassen eveneens gevoelig zijn voor hoge concentraties ammonium in de grond [3]. Op het Proefstation te Naaldwijk werd in enkele proeven de invloed van nitriet en ammonium bij sla nagegaan.

De nadelige invloed van nitriet bij sla bleek duidelijk uit de resultaten van een pottenproef, waarin verschillende hoeveelheden nitriet aan de grond werden toegediend. Vergeleken werden hoeveelheden van 0, 40, 80 en 120 mg nitrietstikstof per liter grond als natriumnitriet. In totaal ontvingen alle behandelingen 120 mg stikstof per liter; de overige hoeveelheid stikstof werd gegeven als natriumnitraat. Bij de behandelingen met nitriet gingen de bladeren van de sla-planten aanvankelijk slap (afb. 1) en bij de hoogste nitrietgiftigen ging ongeveer 75 % van de planten dood. De overige planten herstelden slechts langzaam van de vergiftiging en bleven sterk achter in groei, ondanks het feit dat het nitriet in de grond vrij snel werd omgezet tot nitraat. Het kroggewicht bij de verschillende behandelingen is in tabel 4 weergegeven.

In proeven waarin ammonium en nitraat bij sla werden vergeleken, werden in het algemeen geen grote verschillen gevonden. Mogelijk is de invloed van am-

Tabel 4. Het kroggewicht van sla bij verschillende nitrietgiftigen.

mg N per liter grond		kg/100 stuks
als Na NO ₃	als Na NO ₂	
120	0	12,8
80	40	10,2
40	80	3,2
0	120	2,0

monium op de groei van een gewas afhankelijk van de omstandigheden in de grond. Zo werd door Tiedjens en Robbins [8] voor verschillende gewassen gevonden, dat de invloed van ammonium afhankelijk is van de pH. Uit enkele proeven op het Proefstation te Naaldwijk werd de indruk verkregen, dat bij sla de klimatologische omstandigheden een rol spelen. Het onderzoek hiernaar wordt voortgezet.

Samenvatting en discussie

Het partiële steriliseren van grond heeft vrij grote invloed op de stikstofhuishouding. Bij het stomen kunnen in de grond zowel ammonium als nitriet worden gevormd. Deze verbindingen kunnen na het stomen enige tijd in de grond aanwezig blijven, doordat de micro-organismen die ammonium en nitriet tot nitraat omzetten grotendeels zijn gedood.

Bij een onderzoek op verschillende tuinbouwbedrijven is gevonden, dat na veertig à vijftig dagen geen van betekenis zijnde hoeveelheid ammonium of nitriet meer in de grond aanwezig was. De micro-organismen die ammonium en nitriet tot nitraat omzetten, zijn na het stomen blijkbaar weer vrij snel in voldoende mate aanwezig. Mogelijk is het spoelen na het stomen, dat op alle in het onderzoek betrokken bedrijven werd gedaan, hierop van invloed geweest. Nederpel [4] heeft namelijk in een onderzoek gevonden, dat het aantal nitrificerende bacteriën in een gestoomde grond veel sneller toenam als deze na het stomen was doorgespoeld.

Afb. 1. Nitrietvergiftiging bij sla.



Tot nu toe is na het stomen niet meer dan 1½ mg nitrietstikstof per 100 g grond gevonden. Deze hoeveelheid is niet zodanig groot dat zij schadelijk voor de plant moet worden geacht. Onze ervaringen zijn echter nog beperkt en het is niet onmogelijk dat na het stomen onder bepaalde omstandigheden meer nitriet wordt gevormd en wel in hoeveelheden die nadelig zijn voor de plantegroei. Uit proeven is gebleken dat nitriet voor sla zeer giftig is.

Ammonium is in de concentraties die na het stomen in de grond worden gevonden, waarschijnlijk niet nadelig voor sla. In verschillende proeven met dit gewas kon bij vergelijking met nitraat namelijk geen duidelijk nadelige invloed van ammonium worden aangetoond.

Literatuur

1. Dawson, J. R., Johnson, R. A. H., Adams, P. and Last, F. T.: *Influence of steam/air mixtures, when used for heating soil, on biological and chemical properties that affect seedling growth.* Ann. Appl. Biol. 56, (1965): 243-251.
2. Dekker, P. A. den en Dijk, P. A.: *Analyse methoden in gebruik op het bodemkundig laboratorium van het Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk* (niet gepubliceerd).
3. Maynard, D. N., Barker, A. V. and Lachman, W. H.: *Ammonium-induced stem and leaf lesions of tomato plant.* Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88 (1966): 516-520.
4. Nederpel, L. G.: *Ontwikkeling van het bacterieleven in de grond na stomen.* Verslag Proefstation Naaldwijk 1968 (niet gepubliceerd).
5. Schreven, D. A. van: *Stikstofomloop en stikstofanalyse voor het schatten van de stikstofbehoefte.* Meded. Dir. Tuinbouw 19, (1956): 641-655.
6. Sonneveld, C.: *De invloed van het drogen en bewaren op het gehalte in water oplosbare stikstof van grondmonsters.* Verslag Proefstation Naaldwijk 1963 (niet gepubliceerd).
7. Stojanovic, B. J. and Broadbent, F. E.: *Recovery of ammonium nitric from soils.* Soil Sci. 90, (1960): 93-97.
8. Tiedjens, V. A. and Robbins W. R.: *The use of ammonia and nitrate nitrogen by certain crop plants.* N. J. Agr. Exp. st. Bul. 526.

Summary

The effect of steam sterilization of the soil on its nitrogen metabolism - C. Sonneveld, Research Station for Fruit and Vegetable Growing under Glass, Naaldwijk.

Partial sterilization of the soil quite considerably effect its nitrogen metabolism. Steam sterilization may produce ammonium as well as nitrite in the soil. These chemicals can remain in the soil for some time because the micro organisms which convert ammonium and nitrite into nitrate have largely been destroyed.

Investigations on different horticultural holdings have revealed that after 40 or 50 days practically no ammonium or nitrite is left in the soil. The micro organisms which convert ammonium and nitrite into nitrate after steaming apparently quite soon available in sufficient quantities again. Soil leaching which on all holdings took place after steaming, may have influenced this. Experimentally it has been found that the number of nitrifying bacteria in steamed soil more rapidly develop, if after steaming the soil has been leached.

Hitherto not more than 1½ mg nitrite nitrogen per 100 g soil has been found. This quantity is not large enough to be harmful to the plant. Our experience however are still limited and it is possible that under certain conditions more nitrite is found after steaming in quantities which may be detrimental to the vegetation. Experiments have shown that nitrite is highly poisonous for lettuce. Ammonium is, in the concentration found in the soil after steaming, probably not detrimental to lettuce. In different experiments with this crops, no practically harmful influence of ammonium could be found as compared, with nitrate.