

CODEN: IBBRAH (12-85) 1-14 (1985)

ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 12-85

DE NITRAAT- EN BROMIDEGEHALTEN VAN KASSLA ONDER INVLOED VAN LICHT
(GLOBALE STRALING) EN DE GEHALTEN IN DE GROND

**With a summary: Nitrate and bromide content of glasshouse lettuce as
affected by light (global radiation) and soil contents**

door

J.P.N.L. ROORDA VAN EYSINGA, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid,
Haren (Gr.), gedetacheerd bij Proefstation voor Tuinbouw onder Glas,
Naaldwijk

L. SPAANS, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk

1985

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 12-85 (1985) 14 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Materiaal en methoden	4
3. Resultaten	5
3.1. Nitraatgehalte	5
3.2. Bromidegehalte	9
4. Conclusie	11
5. Samenvatting	12
6. Summary	13
7. Literatuur	14

1. INLEIDING

In eerder onderzoek gebaseerd op 11 bemestingsproeven, waarvan er 9 werden uitgevoerd in de maanden maart en april, werd gevonden dat het licht (de globale straling gemeten over 28 dagen voor de oogst) en het nitraatgehalte in de grond invloed hadden op het nitraatgehalte in het gewas sla, en dat er een interactie was tussen deze twee factoren (Roorda van Eysinga and Van der Meijs, 1985). Verder werd ook waargenomen dat het bromidegehalte van sla voor een groot deel werd bepaald door zowel het bromide- als het nitraatgehalte in de grond (Roorda van Eysinga and Spaans, 1985).

Om de verkregen ervaring een ruimere geldigheid te verschaffen is een onderzoek uitgevoerd, waarbij gedurende het gehele jaar monsters werden verzameld van grond en gewas. Het doel van het onderzoek was de invloed op het nitraatgehalte van sla vast te stellen van licht, gemeten over 5, 10, 20 en 30 dagen voor de oogst, en van het nitraatgehalte in de grond. Ook de relatie van het bromidegehalte in het gewas met de gehalten in de grond aan bromide, nitraat en chloride werd onderzocht, alsmede eventuele interacties.

2. MATERIAAL EN METHODEN

Monsters van sla (*Lactuca sativa* L., *capitata* L. diverse variëteiten) werden door medewerkers van het Centraal Bureau van Tuinbouwveilingen verzameld op praktijkbedrijven. Elk monster bevatte 10 gehele kroppen, meestal op drie plaatsen in het warenhuis verzameld. De kroppen werden van gele en eventueel rottende bladeren ontdaan. Gelijktijdig met het gewasmonster werd een grondmonster gestoken (0-25 cm), op de plaats waar de slakroppen waren gesneden. De monsters waren afkomstig van diverse teeltgebieden van ons land, de meeste echter kwamen uit het Zuidhollands Glasdistrict. De sla werd door CIVO-TNO te Zeist op nitraat en bromide geanalyseerd (gehalte uitgedrukt in mg NO₃, resp. mg Br per kg vers produkt). De grondmonsters werden onderzocht door het Proefstation te Naaldwijk, later door de Naaldwijkse vestiging van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek. Van de analysecijfers in 1:2 volume extract (Sonneveld and Van den Ende, 1971) werden het nitraatgehalte, het chloridegehalte en het bromidegehalte in studie genomen (resp. uitgedrukt als mmol NO₃, mmol Cl en mol Br per liter extract). Voor de globale straling is uitgegaan van de metingen op het Proefstation te Naaldwijk. De gegevens worden uitgedrukt in J per cm², en gesommeerd over 5, resp. 10, 20 en 30 dagen voor de oogst. Het onderzoek vond plaats in de maanden mei t/m november 1982 en in de periode november 1984 t/m 1985, en dekt dus de lichtomstandigheden zoals ze in een jaar voorkomen. In totaal werden 311 monsters verzameld. Voor de verwerking is het jaar opgesplitst in perioden van 2 maanden. Over de maanden juni-juli werd het geringste aantal monsters verzameld, te weten 39, in de maanden februari-maart het grootste aantal, namelijk 61 (zie verder voor aantallen tabel 1).

Bij de verwerking van de gegevens over chloride in de grond bleek een monster een geheel afwijkend gehalte te hebben. Dit monster is weggelaten bij alle berekeningen waarin het chloridegehalte in de grond of het bromidegehalte in het gewas werd betrokken. Het monster was afkomstig uit de periode augustus-september.

3. RESULTATEN

3.1. Nitraatgehalte

Uitgaande van het gehele materiaal (311 waarnemingen) blijkt de instraling een grotere invloed te hebben ($r = 0,75$) op het nitraatgehalte van het gewas dan het nitraatgehalte in de grond ($r = 0,44$). Bekijken we de invloed van beide factoren per tweemaandelijke periode, dan ontstaat een ander beeld. Alvorens dit te doen willen we eerst nagaan over welke periode voor de oogst de instraling het best kan worden gemeten (tabel 1).

TABEL 1. Correlatiecoëfficiënten voor het verband tussen de straling (J/cm^2) gemeten over 5, 10, 20 of 30 dagen voor de oogst en het nitraatgehalte in sla ($mg NO_3$ per kg vers), per tweemaandelijke periode.

TABLE 1. Correlation coefficients for the relation between global radiation (J/cm^2) measured during a period of 5, 10, 20 or 30 days prior to harvest and the nitrate content in lettuce ($mg NO_3$ per kg fresh), subdivided in periods of two months.

Periode	n*	Straling voor oogst gedurende			
		5	10	20	30 dagen
Juni-juli	39	+ 0,00	+ 0,00	- 0,03	- 0,06
Aug.-sept.	44	- 0,36	- 0,33	- 0,35	- 0,34
Okt.-nov.	57	- 0,29	- 0,44	- 0,36	- 0,48
Dec.-jan.	60	+ 0,12	- 0,02	- 0,28	+ 0,00
Feb.-mrt.	61	- 0,32	- 0,35	- 0,37	- 0,38
Apr.-mei	50	- 0,40	- 0,45	- 0,42	- 0,39
Totaal	311	- 0,72	- 0,75	- 0,75	- 0,75

* n = aantal monsters

Uit de getallen weergegeven in tabel 1 blijkt dat in de perioden van zonnwende (juni-juli en december-januari) lage correlatiecoëfficiënten worden gevonden tussen straling en nitraatgehalte in het gewas. Dit is begrijpelijk, omdat het verschil in straling tussen de 60 dagen van die periode niet erg groot kan zijn. Bij het passeren van de zon van de evenaar zijn de stralingsverschillen per dag groter. Over een geheel jaar

genomen worden de grootste verschillen gevonden, vandaar ook duidelijk hogere correlatiecoëfficiënten ($r = 0,75$), voor het gehele cijfermateriaal.

Ten aanzien van de lengte van de periode waarover het beste de straling voor de oogst kan worden gemeten, kan worden opgemerkt dat een periode van 5 dagen te kort lijkt. De verschillen tussen 10, 20 en 30 dagen zijn miniem. Bij de verdere verwerking van de gegevens worden de cijfers voor de straling, gemeten over 10 dagen, gebruikt. Opgemerkt zij nog dat er onderling een sterke correlatie bestaat tussen de stralingscijfers over 5, 10, 20 resp. 30 dagen, en ook dat onze keuze voor 10 dagen niet inhoudt dat we van mening zijn dat het die dagen voor de oogst zijn, die het nitraatgehalte in het gewas bepalen.

De belangrijkste gegevens, onderverdeeld over de tweemaandelijke perioden, omtrent het verband van het nitraatgehalte van de grond, en van de straling over 10 dagen voor de oogst, met het nitraatgehalte in het gewas, worden in tabel 2, resp. tabel 3 weergegeven.

TABEL 2. De invloed per tweemaandelijke periode van het nitraatgehalte in de grond (mmol NO_3 per l extract) op het nitraatgehalte in sla (mg NO_3 per kg vers).

TABLE 2. The influence, per period of two months, of the nitrate content of the soil (mmol NO_3 per l extract) on the nitrate content in lettuce (mg NO_3 per kg fresh).

Periode		r	\bar{x}	\bar{y}
Juni-juli	$y = 134 x + 1675$	0,48	1,7	1909
Aug.-sept.	$y = 106 x + 2250$	0,25	2,3	2495
Okt.-nov.	$y = -17 x + 3457$	- 0,06	3,8	3394
Dec.-jan.	$y = 10 x + 3628$	0,06	4,5	3671
Feb.-mrt.	$y = 57 x + 3313$	0,25	4,0	3339
Apr.-mei	$y = 235 x + 1869$	0,64	2,3	2408
Totaal	$y = 158 x + 2451$	0,44	3,3	2965

TABEL 3. De invloed, per tweemaandelijke periode, van de straling gesommeerd over 10 dagen voor de oogst ($J/cm^2 \cdot 10$ dagen) op het nitraatgehalte in sla ($mg NO_3$ per kg vers).

TABLE 3. The influence, per period of two months, of the global radiation ($J/cm^2 \cdot 10$ days) measured during 10 days prior to harvest on the nitrate content in lettuce ($mg NO_3$ per kg fresh).

Periode		r	\bar{x}
Juni-juli	$y = 0,00 x + 1887$	0,00	20453
Aug.-sept.	$y = -0,08 x + 3511$	- 0,33	13045
Okt.-nov.	$y = -0,25 x + 4451$	- 0,44	4163
Dec.-jan.	$y = -0,04 x + 3760$	- 0,02	2358
Feb.-mrt.	$y = -0,10 x + 3959$	- 0,35	6307
Apr.-mei	$y = -0,07 x + 3446$	- 0,43	14695
Totaal	$y = -0,10 x + 3855$	- 0,75	9928

Het is interessant de gegevens uit de tabellen 2 en 3 onderling te vergelijken. Het blijkt dan dat het nitraatgehalte in de grond relatief grote invloed heeft in perioden met veel licht. Onder donkere omstandigheden, vooral de periode oktober-november en december-januari, heeft het nitraatgehalte in de grond nagenoeg geen invloed. De verklaring ligt in het feit dat in de winter, door tekort aan licht, ook bij lage stikstof-toestand van de grond al hoge nitraatgehalten in het gewas worden gevonden. De invloed van verschillen in straling binnen de tweemaandelijke perioden is, zoals eerder werd opgemerkt, in de perioden van zomewende gering en groot bij het passeren van de zon van de evenaar, met andere woorden, gering en groot resp. door geringe verschillen in straling in de zomer- en wintermaanden, en grotere verschillen in voorjaar en herfst. De afwezigheid van een invloed van de stikstof in de wintermaanden zou eventueel ook te verklaren zijn uit (zeer) lage stikstofgehalten en/of geringe verschillen in stikstofgehalte van de grond. Dit bleek niet het geval, zoals ook al volgt uit de gemiddelde waarden voor nitraat in grond (tabel 2). In de periode december-januari ligt het nitraatgehalte in de grond zelfs beduidend hoger dan in de zomer. De oorzaak hiervan zal liggen in het vele watergeven in de zomermaanden, waardoor stikstof kan uitspoelen.

Ondanks het feit dat in de zomermaanden het nitraatgehalte in de grond over het algemeen laag is, werd toch een relatief sterke invloed van dat gehalte vastgesteld.

Door middel van een multipele regressieberekening met als variabelen de

straling over 10 dagen voor de oogst en het nitraatgehalte van de grond werd getracht de variatie van het nitraatgehalte van het gewas beter te verklaren voor de onderscheiden tweemaandelijke perioden en voor het gehele jaar (tabel 4).

TABEL 4. Multipele regressievergelijkingen, voor de tweemaandelijke perioden, voor het verband van het nitraatgehalte in de grond (x_1 in mmol NO_3 per l extract) en de straling gemeten over 10 dagen voor de oogst (x_2 in $\text{J}/\text{cm}^2 \cdot 10$ dagen) met het nitraatgehalte in sla (y in mg NO_3 per kg vers).

TABLE 4. Multiple regression equations, for periods of two months, for the relation of the nitrate content of the soil (x_1 in mmol NO_3 per l extract) and global radiation measured during 10 days prior to harvest (x_2 in $\text{J}/\text{cm}^2 \cdot 10$ days) with the nitrate content of lettuce (y in mg NO_3 per kg fresh).

Periode		r
Juni-juli	$y = 137 x_1 - 0,018 x_2 + 2028$	0,49
Aug.-sept.	$y = 131 x_1 - 0,089 x_2 + 3352$	0,45
Okt.-nov.	$y = -21 x_1 - 0,225 x_2 + 4537$	0,44
Dec.-jan.	$y = 10 x_1 - 0,022 x_2 + 3680$	0,06
Feb.-mrt	$y = 55 x_1 - 0,097 x_2 + 3731$	0,43
Apr.-mei	$y = 205 x_1 - 0,028 x_2 + 2355$	0,66
Totaal	$y = 54,3 x_1 - 0,88 x_2 + 3604$	0,77

De multipele correlatiecoëfficiënt blijft hoger dan 0,43, zij het door de invloed van de ene factor, dan weer door die van de andere, behalve voor de periode december-januari. In die periode is het nitraatgehalte van het gewas noch door verschillen in straling, noch door verschillen in stikstofgehalte van de grond beïnvloed.

Behalve straling en nitraat in grond werd ook het chloridegehalte in de grond in de berekeningen betrokken. De daaraan ten grondslag liggende gedachte was dat het chloridegehalte van de grond, naast het nitraatgehalte, invloed zou kunnen hebben op het nitraatgehalte van het gewas. Uitgaande van alle gegevens ($n = 310$) werd de volgende multipele regressievergelijking verkregen:

$$y = 151 x_1 - 271 x_2 + 2838 \quad (r = 0,52),$$

waarin y = nitraatgehalte in sla in mg NO_3 per kg vers produkt,

x_1 = nitraatgehalte in grond in mmol NO_3 per l extract en x_2 = chloridegehalte in grond in mmol Cl per l extract. Vergeleken met de enkelvoudige regressievergelijking (tabel 2) werd een bescheiden vergroting in correlatiecoëfficiënt verkregen. Onderverdeeld over de tweemaandelijke perioden bleek de invloed van het chloride meestal wel negatief (4 perioden), maar soms ook positief (2 perioden). Voor dit laatste kon geen goede verklaring worden gevonden.

3.2. Bromidegehalte

Het bromidegehalte in het gewas is uiteraard afhankelijk van het bromidegehalte van de grond. De tijd van het jaar blijkt invloed te hebben op deze relatie (tabel 5).

TABEL 5. Verband tussen het bromidegehalte in de grond ($\mu\text{mol Br per l extract}$) en het bromidegehalte in sla (mg Br per kg vers), voor de tweemaandelijke perioden.

TABLE 5. Relation between the bromide content of the soil ($\mu\text{mol Br per l extract}$) and the bromide content of lettuce (mg Br per kg fresh), for periods of two months.

Periode		r	\bar{x}	\bar{y}
Juni-juli	$y = 1,0 x + 26$	0,41	12	39
Aug.-sept.	$y = 1,4 x + 11$	0,73	13	43 (n=43)
Okt.-nov.	$y = 1,1 x + 2,5$	0,72	18	21
Dec.-jan.	$y = 0,7 x + 10$	0,61	17	21
Feb.-mrt.	$y = 1,0 x + 6$	0,69	12	17
Apr.-mei	$y = 0,4 x + 19$	0,17	9	23
Totaal	$y = 1,0 x + 11,4$	0,58	15	26 (n=310)

In bepaalde perioden van het jaar is de invloed van het bromidegehalte in de grond duidelijker aanwezig dan in andere. In april-mei is het verband zelfs vrijwel afwezig. Ongetwijfeld wordt dit mede, mogelijk zelfs vooral, veroorzaakt door de lage waarden voor bromide, die in die tijd van het jaar werden gevonden. Ook bij verdere multipele regressieberekeningen blijft deze periode een relatief lage correlatiecoëfficiënt opleveren (maximaal $r = 0,40$). Omdat een lichteffect op het bromidegehalte in sla niet voor de hand ligt, zoals bij nitraat, zal verder alleen worden uitgegaan van het gehele cijfermateriaal. Berekend werden

de multipele regressievergelijkingen voor het verband tussen bromide in gewas en grond, met inbegrip van het chloridegehalte in de grond, het nitraatgehalte in de grond en beide (tabel 6).

TABEL 6. Multipele regressievergelijkingen voor het verband van het bromidegehalte in sla (y in mg Br per kg vers) met het bromidegehalte in de grond (x_1 in $\mu\text{mol Br}$ per l extract), alsmede het chloridegehalte in grond (x_2 in mmol Cl per l extract) of het nitraatgehalte in grond (x_3 mmol NO_3 per l extract), of beide ($n = 310$).

TABLE 6. Multiple regression equations for the relation of the bromide content in lettuce (y in mg B per kg fresh) with the bromide content in soil (x_1 in $\mu\text{mol Br}$ per l extract), including the chloride content of the soil (x_2 in mmol Cl per l extract), or the nitrate content of the soil (x_3 in mmol NO_3 per l extract), or both ($n = 310$).

	r
$y = 1,0 x_1 + 1,0 x_2 + 10,2$	0,58
$y = 1,0 x_1 - 2,6 x_3 + 19,3$	0,65
$y = 1,0 x_1 + 0,25 x_2 - 2,6 x_3 + 19,0$	0,65

Het verband tussen bromide in het gewas en de grond wordt niet duidelijk verbeterd door het chloridegehalte van de grond in de regressievergelijking te betrekken (tabel 5 en tabel 6). Opvallend daarbij is dat een hoger chloridegehalte in de grond samengaat met een verhoging van het bromidegehalte in het gewas. Men zou mogen aannemen dat chloride antagonistisch werkt op de bromide-opname; dit blijkt uit de gegevens niet zo te zijn.

Uitbreiding van de regressie met het nitraatgehalte in de grond blijkt wel een verbetering op te leveren. Uitgaande van het bromidegehalte en het nitraatgehalte in de grond blijkt de spreiding in bromidegehalte van het gewas sla voor ruim 40% te kunnen worden verklaard.

4. CONCLUSIE

Het nitraatgehalte in sla blijkt afhankelijk van het nitraatgehalte in de grond (gemeten met de in de Nederlandse glastuinbouw gebruikelijke extractiemethode) en van de globale straling.

De straling werd gemeten over een periode van 5 tot 30 dagen voor de oogst. De invloed van de twee genoemde factoren is niet van gelijke invloed in de diverse perioden van het jaar. Het nitraatgehalte van de grond is vooral van betekenis in de perioden april-mei en juni-juli. De invloed van de straling is gering in de tweemaandelijke perioden waarin de zonnewende valt. Over het gehele jaar genomen is de straling van grotere invloed dan het nitraatgehalte van de grond. Uitgaande van beide factoren blijkt de spreiding in nitraatgehalte van de sla voor 60% te kunnen worden verklaard.

Het bromidegehalte in sla blijkt afhankelijk van het bromidegehalte in de grond (gemeten volgens de gebruikelijke methode) en het nitraatgehalte in de grond (volgens dezelfde extractiemethode). Uitgaande van deze twee factoren kon ruim 40% van de spreiding in bromidegehalte in het gewas sla worden verklaard.

De invloed van het chloridegehalte in de grond was òf niet duidelijk, òf soms zwak (bij het verband nitraat-grond-gewas) of werkte in een niet verwachte richting, te weten positief ten aanzien van het bromidegehalte in het gewas sla.

5. SAMENVATTING

Ruim 300 slamonsters, elk bestaande uit 10 kroppen, werden verzameld op praktijkbedrijven, gelijktijdig met grondmonsters. Gegevens werden verzameld van alle maanden van het jaar. Het gewas werd geanalyseerd op nitraat en bromide, de grond op dezelfde elementen plus chloride. Ook werden cijfers verzameld over de globale straling tijdens de groei-periode.

Het nitraatgehalte in sla werd vooral bepaald door de straling en het nitraatgehalte van de grond. Het maakte weinig uit of de instraling werd gemeten over 10, 20 of 30 dagen; een periode van 5 dagen voor de oogst gaf een wat minder goed verband. De invloed van genoemde factoren verschilde voor de verschillende perioden van het jaar. Het nitraatgehalte van de grond had een duidelijke invloed in de maanden met veel licht. De straling had, beschouwd voor de tweemaandelijke perioden waarin de zonnewende valt, weinig invloed, en een grote invloed in de tweemaandelijke perioden waarin de zon de evenaar passeert. In het eerste geval zijn de stralingsverschillen tussen de 60 dagen van die periode gering, in het tweede geval, bij het passeren van de evenaar door de zon, zijn de stralingsverschillen per dag relatief groot. Beide genoemde factoren samen (straling en nitraatgehalte van de grond) konden 60% van de spreiding in nitraatgehalte in het gewas verklaren.

Het bromidegehalte in de sla werd vooral bepaald door het bromidegehalte in de grond. Ook het nitraatgehalte van de grond had een duidelijke (negatieve) invloed op het bromidegehalte in het gewas sla. Beide factoren samen konden 40% van de spreiding in bromidegehalte in het gewas verklaren.

Het chloridegehalte in de grond speelde een ondergeschikte rol, werkte ten aanzien van het nitraatgehalte in het gewas doorgaans negatief, maar positief ten aanzien van het bromidegehalte in het gewas.

6. SUMMARY

Over 300 samples, comprising 10 lettuce heads (*Lactuca sativa* L. *capitata* L. various cultivars) were collected in commercial glasshouses in the Netherlands, in periods covering a whole year. At the same sites and at the same time soil samples (0-25 cm) were taken. The crop was analysed for nitrate and bromide, soil samples for the same elements plus chloride (according to the method described by Sonneveld and Van den Ende, (1971). Global radiation data were also collected.

The nitrate content of lettuce was mainly determined by global radiation and the nitrate content of the soil. It made no difference whether radiation was measured for 10, 20 or 30 days prior to harvest, but the relationship with radiation for a 5 day period was inferior. The influence of the two factors mentioned varies in the various periods of two months of the year.

The nitrate content of the soil had a marked effect in months with a high radiation level. Global radiation had little effect in the periods of two months when the sun was near the tropics, but a considerable effect in the periods when the sun passed the equator. In the latter periods radiation varies more per day than in the former. Considering the whole year, global radiation had a more pronounced effect than the nitrate content of the soil. The factors together could explain 60% of the variation in nitrate content of the lettuce.

The bromide content of the lettuce was influenced mainly by the bromide content of the soil. The nitrate content of the soil also had an important, negative effect. The two factors together could explain 40% of the variation in bromide content of the lettuce.

The chloride content of the soil was of minor importance, generally had a very small negative effect on the nitrate content of the crop, but a positive one on the bromide content of the lettuce.

7. LITERATUUR

Roorda van Eysinga, J.P.N.L. and M.Q. van der Meijs, 1985. Effect of nitrogen nutrition and global radiation on yield and nitrate content of lettuce grown under glass. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* (in press).

Roorda van Eysinga, J.P.N.L. and L. Spaans, 1985. Effect of nitrogen application on the bromide content of lettuce grown under glass. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* (in press).

Sonneveld, C. and J. van den Ende, 1971. Soil analysis by means of 1 : 2 volume extract. *Plant Soil* 35: 505-516.