

INTERNE STIKSTOFBALANS, PRODUKTIE VAN DROGE STOF EN VEROUDERING BIJ GRAS

WITH A SUMMARY

INTERNAL NITROGEN BALANCE, PRODUCTION OF DRY MATTER AND
AGEING OF HERBAGE AND GRASS

P. F. J. VAN BURG

CENTRUM VOOR

LANDBOUWPUBLIKATIES EN



LANDBOUWDOCUMENTATIE

206 5019

De auteur promoveerde op 24 oktober 1962 aan de Landbouwhogeschool te Wageningen op een gelijkkluidend proefschrift tot Doctor in de Landbouwkunde.

INHOUD

1	INLEIDING	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Veroudering	1
1.3	Stikstofopneming, groei en intern stikstofverbruik	3
1.4	Het verband tussen het nitraatgehalte en het gehalte aan totaal- stikstof	5
1.4.1	<i>Theoretische overwegingen</i>	5
1.4.2	<i>Toepassing van de theorie bij de beoordeling van de stikstof- huishouding in de plant — de 'nitrochoor'</i>	7
1.4.3	<i>Nitrochoor en veroudering</i>	8
1.5	Literatuuroverzicht over de veranderingen in samenstelling van het gras	9
1.5.1	<i>Veranderingen in de gehalten aan totaal-stikstof en ruwe celstof bij het ouder worden</i>	9
1.5.2	<i>Factoren, die van invloed zijn op het nitraatgehalte</i>	11
2	PROEFNEMINGEN - DOELSTELLINGEN EN METHODEN	13
3	VROEG EN LAAT GEOOGST GRAS	16
3.1	Proefnemingen	16
3.2	Resultaten en discussie	16
3.2.1	<i>Nitrochoor en opbrengst</i>	16
3.2.1.1	Bewerking van literatuurgegevens	21
3.2.2	<i>Ruwe celstof</i>	22
4	OPEENVOLGENDE STADIA VAN VEROUDERING	25
4.1	Proefnemingen	25
4.1.1	<i>Proeven met sub-optimale stikstofvoorziening</i>	25
4.1.2	<i>Proeven met optimale stikstofvoorziening</i>	25
4.2	Resultaten en discussie	25
4.2.1	<i>Proeven met sub-optimale stikstofvoorziening</i>	25
4.2.1.1	Nitrochoor en opbrengst	25
4.2.1.2	Ruwe celstof	28
4.2.2	<i>Proeven met optimale stikstofvoorziening</i>	30
4.2.2.1	Nitrochoor en opbrengst	30
4.2.2.2	Ruwe celstof	30
4.3	Nitraat, opbrengst en kwaliteit	35

5	DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP DE NITROCHOOE	37
5.1	De soort stikstofmeststof	37
5.1.1	<i>Literatuur</i>	37
5.1.2	<i>Proefnemingen</i>	39
5.1.3	<i>Resultaten en discussie</i>	39
5.1.3.1	Nitrochoor en opbrengst	39
5.1.3.2	Bewerking van literatuurgegevens	46
5.1.3.3	Invloed van temperatuur	47
5.1.3.4	Invloed van regenval	52
5.2	De fosfaat- en kalibemesting	57
5.2.1	<i>Proefnemingen</i>	57
5.2.2	<i>Resultaten en discussie</i>	57
5.2.2.1	Nitrochoor, opbrengst en ruwe celstof	57
5.3	De watervoorziening	60
5.3.1	<i>Proefnemingen</i>	60
5.3.2	<i>Resultaten en discussie</i>	60
5.3.2.1	Nitrochoor, opbrengst en ruwe celstof	60
5.4	De botanische samenstelling	66
5.4.1	<i>Proefnemingen</i>	67
5.4.2	<i>Resultaten en discussie</i>	67
5.4.2.1	De nitrochoren van grassen, klaver en paardebloem	67
5.5	De morfologische samenstelling	75
5.5.1	<i>Literatuur</i>	75
5.5.1.1	De chemische samenstelling van blad en stengel	75
5.5.1.2	De verhouding stengel/blad	76
5.5.2	<i>Proefnemingen</i>	77
5.5.3	<i>Resultaten en discussie</i>	77
5.5.3.1	De verhouding stengel/blad	77
5.5.3.2	De nitrochoren van stengel en blad	79
6	DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP HET GEHALTE AAN RUWE CELSTOF BIJ GELIJK OPBRENGSTNIVEAU	88
6.1	De stikstofbemesting	88
6.1.1	<i>Literatuur</i>	88
6.1.2	<i>Resultaten en discussie</i>	90
6.2	De fosfaat- en kalibemesting	99
6.2.1	<i>Literatuur</i>	99
6.2.2	<i>Resultaten en discussie</i>	100
6.3	De watervoorziening	101
6.3.1	<i>Proefnemingen</i>	103
6.3.2	<i>Resultaten en discussie</i>	103
6.4	De botanische samenstelling	105

6.4.1	<i>Literatuur</i>	105
6.4.2	<i>Resultaten en discussie</i>	107
6.5	De morfologische samenstelling	108
6.5.1	<i>Resultaten en discussie</i>	108
SAMIENVATTING EN CONCLUSIES		111
SUMMARY AND CONCLUSIONS		118
LITERATUUR		125

1 INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

Een zeer groot deel van het rantsoen van ons rundvee is afkomstig van grasland, nl. in de vorm van vers gras tijdens de weideperiode, en in de vorm van hooi en kuilvoer tijdens de stalperiode.

De stikstofbemesting beïnvloedt in sterke mate de opbrengst van grasland. De opbrengst neemt bij stijgende stikstofgiften vrij regelmatig toe. Dit geldt ook als betrekkelijk hoge stikstofgiften worden gegeven, wanneer althans voldoende tijd verloopt tussen bemesting en oogstdatum, zodat het gras de opgenomen stikstof kan gebruiken voor extra droge-stofproductie. Verder heeft de stikstofbemesting een grote invloed op het verloop van de grasgroei. Bij de grasoogst richt men zich naar de hoeveelheid gras afhankelijk van het gebruik, nl. weiden, kuilen of hooien. Deze hoeveelheid wordt sneller bereikt naarmate meer stikstof wordt toegediend. Zodoende kan een intensiever gebruik van het grasland worden gemaakt.

Het gaat echter niet alleen om de hoeveelheid gras, die geproduceerd kan worden, maar ook om de kwaliteit van dit geproduceerde gras. Wanneer de stikstofbemesting zwaarder wordt, treden veranderingen op in de chemische samenstelling. In het algemeen neemt bij hogere stikstofgiften het gehalte aan stikstofhoudende bestanddelen toe en dientengevolge dat aan niet-stikstofhoudende bestanddelen af.

Behalve de stikstofbemesting heeft vooral ook het tijdstip, waarop het gras geoogst wordt, een grote invloed op opbrengst en kwaliteit. Naarmate in een later stadium geoogst wordt, stijgt de opbrengst. Het opbrengstverhogend effect van de stikstofbemesting wordt dan veelal ook groter. De kwaliteit van het gras neemt echter af naarmate later gemaaid wordt — het gehalte aan stikstofhoudende bestanddelen daalt en dat aan niet-stikstofhoudende bestanddelen stijgt.

Voor het verkrijgen van hoge opbrengsten werken dus de factoren stikstof en tijd samen, voor het verkrijgen van een goede kwaliteit werken beide factoren tegengesteld.

1.2 VEROUDERING

De produktie van droge stof is het resultaat van de fotosynthese waarbij met koolstof, opgenomen als CO_2 uit de lucht, en met water koolhydraten worden gevormd. Deze koolhydraten gaan voor een deel weer verbindingen aan met uit de grond opgenomen elementen, waarvan stikstof, kwantitatief gezien, één

der voornaamste is. Groei kan beschouwd worden als te bestaan uit 1) de produktie van niet-stikstofhoudende bestanddelen, hier aangeduid als koolhydraten, en 2) de produktie van stikstofhoudende bestanddelen, hier aangeduid als eiwit.

Dit is schematisch weergegeven in figuur 1. Het ongearceerde gedeelte in deze figuur stelt de koolhydraten voor, het gearceerde gedeelte de eiwitten. De figuur is in twee helften verdeeld, waarbij de onderste helft de droge stof voorstelt geproduceerd in een bepaald groeistadium. De bovenste helft geeft de droge stof weer zoals die geproduceerd is in een volgende groeiperiode — gemakshalve is dit discontinu voorgesteld.

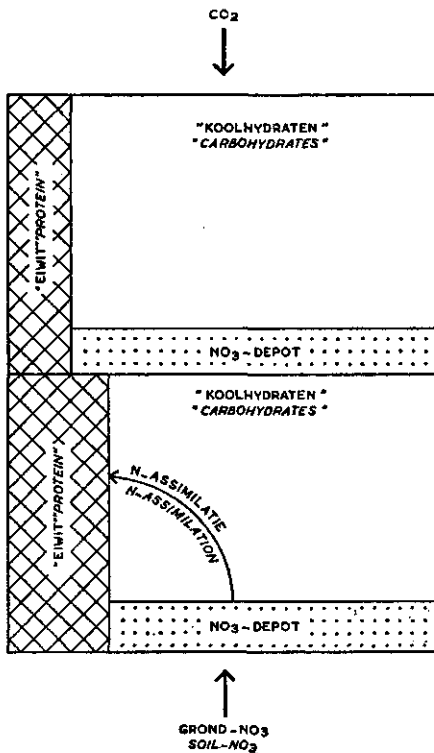


FIG. 1. Schematische voorstelling van de produktie van stikstofhoudende en niet-stikstofhoudende verbindingen in twee groeistadia. De bovenste helft van de figuur geeft een later stadium aan dan de onderste helft.

FIG. 1. Schematical representation of the production of nitrogenous and non-nitrogenous compounds in two growth stages. The upper half of the graph represents a more advanced stage than the lower half.

De door eiwit ingenomen oppervlakte is bij de bovenste helft kleiner dan bij de onderste helft. Hiermee wordt aangegeven, dat het eiwitgehalte daalt bij het ouder worden en bij het toenemen van de droge stof. Deze daling is kenmerkend voor de veroudering, wanneer tenminste deze veroudering samengaat met een vermeerdering van droge-stofproduktie.

Het gestippelde gedeelte in figuur 1 stelt de door het gewas opgenomen hoeveelheid nitraat-stikstof voor, die niet verbruikt is. Wanneer dit geaccumuleerde nitraat wordt verbruikt, vindt aanvulling plaats door opneming uit de grond. Op deze wijze wordt, zolang er tenminste voldoende nitraat in de grond

aanwezig is, gedurende de groei een zeker nitraatgehalte in het gewas gehandhaafd.

1.3 STIKSTOFOPNEMING, GROEI EN INTERN STIKSTOFVERBRUIK

Bovengenoemde hypothese is in goede overeenstemming met door DIJKSHOORN (1958) uit potproeven met Engels raaigras verkregen resultaten over de veranderingen, die in de gehalten aan totaal-stikstof en nitraat* optreden bij het ouder worden van het gewas. Deze zijn schematisch weergegeven in figuur 2.

FIG. 2. Schematische voorstelling van het verloop van de logaritmen van de gehalten aan totaal-stikstof en nitraat-stikstof bij het ouder worden van de plant. De objecten 0 tot en met 5 hebben betrekking op opklimmende stikstofgiften.

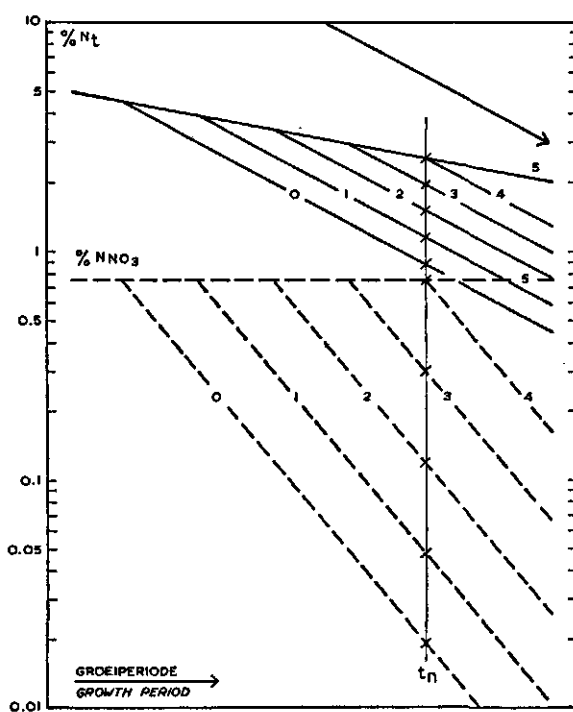


FIG. 2. Schematical representation of the changes of the logarithms of the total-nitrogen and nitrate-nitrogen contents with the advance of age. Treatments 0 up to and including 5 refer to increasing rates of nitrogen application.

In de proeven van DIJKSHOORN waren maar 2 stikstofobjecten opgenomen (de objecten 0 en 4 in figuur 2). In het schematische voorbeeld in figuur 2 zijn echter 6 trappen van stikstoftoediening opgenomen.

* = nitraat-stikstof

Volgens DIJKSHOORN (1958) wordt het begin van de nitraatuitputting zichtbaar wanneer het nitraatgehalte begint te dalen. Vanaf dit moment daalt bij voortschrijden van de tijd de logaritme van het nitraatgehalte praktisch lineair met de tijd. Het tijdstip, waarop het begin van de nitraatuitputting bereikt zal worden hangt af van de beschikbare hoeveelheid nitraat. Verhoging van de beschikbare hoeveelheid nitraat in de grond verschuift het tijdstip, waarop het begin van het uitputtingsproces bereikt wordt, naar een latere datum. Vóórdat de toestand van nitraatuitputting bereikt wordt, daalt echter al het totaal-stikstofgehalte in het gewas met een zekere snelheid, welke geheel bepaald wordt door de ouderdom en de groei van het gewas, dus onafhankelijk van de voorziening van het gewas met stikstof. Deze snelheid kan over een langere periode gehandhaafd worden, naarmate meer nitraat in de grond aanwezig is, bijvoorbeeld tengevolge van een stikstofbemesting.

In figuur 2 is aangenomen, dat bij de objecten 0 tot 4 op verschillende opéénvolgende tijdstippen de uitputtingstoestand bereikt wordt, terwijl deze toestand bij object 5 gedurende de gehele waarnemingsperiode niet bereikt wordt. In het geval van object 5 wordt het nitraatgehalte op eenzelfde niveau gehandhaafd, terwijl het totaal-stikstofgehalte met een zekere snelheid daalt tengevolge van de veroudering. In het geval van de objecten 0 tot 4 neemt na het bereiken van de uitputtingstoestand de hoeveelheid opgenomen stikstof niet meer toe. Tengevolge hiervan daalt nu het totaal-stikstofgehalte tijdens de verdere groei sneller, afhankelijk van de snelheid van de groei. Is, zoals hier verondersteld wordt, na het bereiken van de uitputting de groeisnelheid dezelfde, dan daalt het totaal-stikstofgehalte relatief met dezelfde snelheid, zoals aangegeven wordt door de evenwijdige lijnen voor de objecten 0 tot 4. De helling van deze lijnen is een maat voor de snelheid van de verdunning door de groei.

Het nitraatgehalte daalt tijdens de uitputtingsperiode relatief sneller dan het totaal-stikstofgehalte. Een deel van de daling van het nitraatgehalte wordt bepaald door een vermeerdering in droge-stofproductie. Dit deel kan worden aangegeven door lijnen evenwijdig* aan de lijnen, die de daling van het totaal-stikstofgehalte voorstellen. Immers beide dalingen worden uitsluitend bepaald door groeiverdunning. Het nitraatgehalte daalt bovendien nog door intern verbruik. Gedurende de uitputtingsperiode daalt dus het nitraatgehalte relatief sterker dan het totaal-stikstofgehalte. In figuur 2 is aangenomen, dat deze daling over de gehele groeiperiode relatief even snel gaat bij elk niveau van stikstof-toediening.

Figuur 2 stelt het effect voor van verschillende niveaus van stikstofbemesting bij verschillende oogstdata. Het bemestingseffect kan voor ieder tijdstip bepaald worden door de gehalten aan nitraat en totaal-stikstof op dat tijdstip met elkaar te vergelijken. Op tijdstip t_n worden vanaf object 0 tot object 4 zowel de nitraat- als de totaal-stikstofgehalten groter, terwijl objecten 4 en 5 identiek zijn, aangezien deze beide objecten dan betrekking hebben op een niet-uitputtingstoestand bij gelijke ouderdom.

* Evenwijdige lijnen in de hier toegepaste logaritmische schaal betekenen gelijke procentuele veranderingen.

1.4 HET VERBAND TUSSEN HET NITRAATGEHALTE EN HET GEHALTE AAN TOTAAL-STIKSTOF

1.4.1 THEORETISCHE OVERWEGINGEN

In het geval van figuur 2 heeft iedere verhoging van de stikstofbemesting tot gevolg, dat het nitraatgehalte stijgt met een factor 2,5 en het totaal-stikstofgehalte met een factor 1,3. Het verband tussen nitraatgehalte en totaal-stikstofgehalte kan derhalve worden voorgesteld door:

$$\log [\text{NO}_3] = k \log [\text{N}] + C,$$

aangezien $\log [\text{NO}_3]$ en $\log [\text{N}]$ beide lineair zijn ten opzichte van de tijd.

Dit verband kan eveneens op de volgende wijze afgeleid worden. Wordt het nitraatgehalte in mmol per kg droge stof voorgesteld door $[\text{NO}_3]$ en de opbrengst in kg droge stof door y , dan is de hoeveelheid intern geaccumuleerd nitraat gelijk aan $[\text{NO}_3] y$. Gedurende de uitputtingsgroei daalt deze hoeveelheid met een snelheid evenredig aan $[\text{NO}_3]$ en de mate van toeneming van droge stof.

Hieruit volgt:

$$-\frac{d([\text{NO}_3]y)}{dt} = k_1 [\text{NO}_3] \frac{dy}{dt}$$

$$\text{en } y d[\text{NO}_3] + [\text{NO}_3] dy = -k_1 [\text{NO}_3] dy$$

$$\text{en } \frac{d[\text{NO}_3]}{[\text{NO}_3]} = -(k_1 + 1) \frac{dy}{y} = -k_2 \frac{dy}{y}$$

Na integratie wordt hieruit verkregen:

$$\ln [\text{NO}_3] = -k_2 \ln y + C_1 \quad (1)$$

Gedurende de uitputtingsgroei blijft de hoeveelheid totaal-stikstof in het gewas gelijk. Wordt het totaal-stikstofgehalte in gr at per kg droge stof voorgesteld door $[\text{N}]$, dan blijft gedurende de uitputtingsgroei $[\text{N}]y = \text{constant}$. Hiermee is de uitputtingsgroei gekarakteriseerd.

Hieruit volgt dat,

$$y = \frac{c}{[\text{N}]} \quad (2)$$

Substitutie van Vergelijking (2) in Vergelijking (1) levert

$$\ln [\text{NO}_3] = -k_2 \ln \frac{c}{[\text{N}]} + C_1$$

$$\text{en } \ln [\text{NO}_3] = -k_2 \ln \frac{1}{[\text{N}]} + C_2$$

$$\text{en } \log [\text{NO}_3] = -k_3 \log \frac{1}{[\text{N}]} + C_3 \quad (3)$$

Ter controle van de juistheid van dit verband werd gebruik gemaakt van de

resultaten van een potproef* met kropbaar, die op verschillende data geoogst werd. De gegevens, die betrekking hebben op de monsters genomen na het bereiken van de uitputting, zijn vermeld in figuur 3.

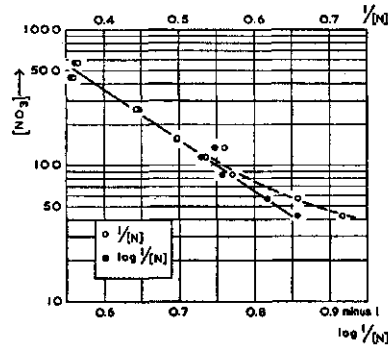


FIG. 3. Vergelijking van het verband tussen $\log [NO_3]$ en $1/[N]$ met het verband tussen $\log [NO_3]$ en $\log 1/[N]$ bij kropbaar, geoogst op verschillende tijdstippen na het bereiken van het begin van de nitraatuitputting (naar DIJKSHOORN en SAID, niet gepubliceerd).

FIG. 3. Comparison of the relation between $\log [NO_3]$ and $1/[N]$ with the relation between $\log [NO_3]$ and $\log 1/[N]$ in cocksfoot, harvested at different dates after the onset of nitrate depletion (according to DIJKSHOORN and SAID, unpublished results).

De dichte punten geven het verband aan tussen $\log [NO_3]$ en $\log 1/[N]$, de open punten het verband tussen $\log [NO_3]$ en $1/[N]$, om zodoende een vereenvoudigde formule

$$\log [NO_3] = -k_4 \frac{1}{[N]} + C_4. \quad (4)$$

te kunnen toetsen. Dit heeft verschillende redenen. In de eerste plaats is het totaal-stikstofgehalte bepaald volgens een kjehldahl-methode, waarbij een zekere hoeveelheid nitraat-stikstof verloren gaat, zodat dus het opgegeven totaal-stikstofgehalte, vooral bij hoge nitraatgehalten, zal afwijken van het ware totaal-stikstofgehalte. Bovendien is de leesbaarheid der grafieken gebaat bij gebruik van Vergelijking (4).

Uit figuur 3 is te zien, dat de punten bij Vergelijking (4) alleen bij de hogere $1/[N]$ -waarden (dus bij de lagere totaal-N gehalten) van Vergelijking (3) afwijken.

Een tweede controle van de Vergelijkingen (3) en (4) is weergegeven in figuur 4,

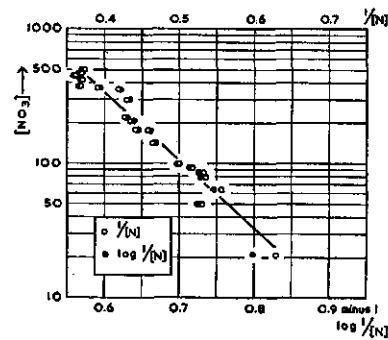


FIG. 4. Als figuur 3, maar bij Engels raaigras met opklimmende stikstofgiften en geoogst op éénzelfde tijdstip (naar SAID, 1959).

FIG. 4. As figure 3, but in perennial rye-grass with increasing rates of nitrogen application and harvested at the same date (according to SAID, 1959).

* Niet gepubliceerde gegevens van DIJKSHOORN en SAID.

waarbij gebruik gemaakt is van de resultaten, die SAID (1959) verkregen heeft in potproeven met Engels raaigras, bemest met opklimmende hoeveelheden stikstof in de vorm van nitraat. Uit figuur 4 blijkt, dat in dit geval Vergelijking (3) geen enkele voorkeur verdient boven Vergelijking (4).

1.4.2 TOEPASSING VAN DE THEORIE BIJ DE BEOORDELING VAN DE STIKSTOFHUISHOUDING IN DE PLANT — DE 'NITROCHOOB'

De gegevens in figuur 3 hebben betrekking op planten, waarbij de interne nitraatuitputting steeds verder voortschrijdt tengevolge van groei en droge-stof-productie, terwijl figuur 4 betrekking heeft op planten van dezelfde ouderdom met verschillende niveaus van interne uitputting tengevolge van verschillen in externe stikstofvoorraad.

De overeenkomst tussen deze resultaten wettigt de veronderstelling, gemaakt in figuur 2, dat een stikstofbemesting de interne uitputting tijdens de uitputtings-groei gedeeltelijk of geheel opheft.

Het probleem van veroudering en stikstofstatus, afgeleid uit figuur 2, is schematisch weergegeven in figuur 5. Bij uitputtingsgroei dalen zowel de nitraat- als

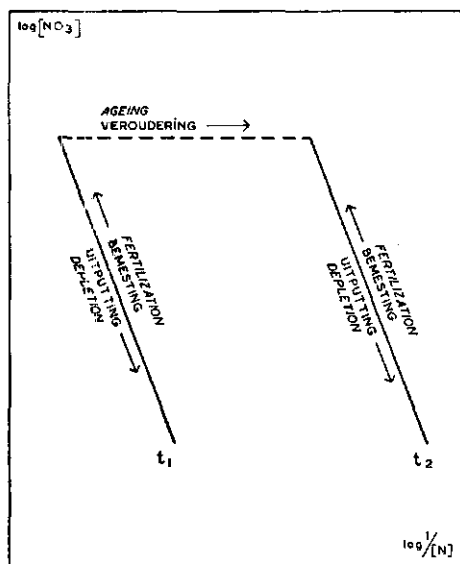


FIG. 5. Schematische voorstelling van het verband tussen $\log [\text{NO}_3]$ en $\log 1/[\text{N}]$ onder invloed van nitraatbemesting, nitraatuitputting en veroudering.

FIG. 5. Schematical representation of the effect of nitrate fertilization, nitrate depletion and ageing on the relation between $\log [\text{NO}_3]$ and $\log 1/[\text{N}]$.

de totaal-stikstofgehaltes. Uitputting wordt zodoende gekarakteriseerd door een daling van nitraat bij stijgende $\log 1/[\text{N}]$ -waarden, terwijl een bemesting het omgekeerde gevolg heeft. Veroudering gaat samen met een daling van het totaal-stikstofgehalte of — m.a.w. — met een stijging van de $\log 1/[\text{N}]$ -waarde. Wanneer geen uitputting optreedt, blijft het nitraatgehalte constant. Dit be-

tekent, dat bij oogsten op een latere datum een verschuiving optreedt naar hogere $\log 1/[N]$ -waarden bij gelijkblijvend nitraatgehalte.

Wordt een gewas, bemest met verschillende hoeveelheden stikstof, op de tijdstippen t_1 en t_2 (zie figuur 5) geoogst, dan zal op beide data hetzelfde verband bestaan tussen $\log[NO_3]$ en $\log 1/[N]$. De lijn, die dit verband voorstelt, zal voor de oudere snede bij hogere $\log 1/[N]$ -waarden liggen.

Bij de bespreking van de resultaten der proeven zal gebruik gemaakt worden van de vereenvoudigde Vergelijking (4): $\log [NO_3] = -k \frac{1}{[N]} + C$.

In het vervolg zal deze vergelijking en de lijn, die aan deze vergelijking voldoet, worden aangeduid als de nitrochoor*.

1.4.3 NITROCHOR EN VEROUDERING

Worden de nitrochoren vergeleken van sneden van verschillende ouderdom, die ieder verschillende graden van interne uitputting (stikstoftrappen) vertonen, dan kan $1/[N]$ afgelezen worden bij een bepaald nitraatgehalte. In dit geval zijn de $1/[N]$ -waarden een directe maat van de veroudering van het gewas. Een mogelijk verschil in interne uitputting tengevolge van opbrengstverschillen is niet in strijd met deze conclusie, aangezien de vergelijking gemaakt wordt bij dezelfde graad van interne uitputting (gelijk $\log[NO_3]$ niveau).

FIG. 6. Verband tussen $\log [NO_3]$ en $1/[N]$ bij dravik met opklimmende stikstofgiften (gelijke tekens) en verschillende oogsttijden (verschillende tekens). Bewerking van literatuurgegevens.

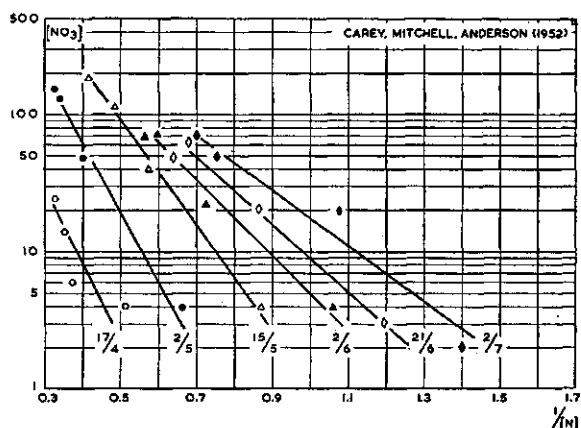


FIG. 6. Relation between $\log [NO_3]$ and $1/[N]$ in brome grass as affected by increasing rates of nitrogen application (same plots) and different dates of harvesting (different plots). Compiled from the literature.

* Nitrochoor is hier afgeleid van choro (ruimte). Bedoeld is de „ruimte” in kg droge stof geproduceerd per gramatoom opgenomen stikstof ($1/[N]$). De uitdrukking is ontleend aan het begrip isochoor, waarmee in de fysische chemie het verband wordt aangegeven tussen $\log k$ en de reciproke waarde van T , analoog aan die van de vereenvoudigde Vergelijking (4) voor $\log [NO_3]$ en de reciproke waarde van $[N]$.

In dit verband kan gewezen worden op een onderzoek van CAREY, MITCHELL en ANDERSON (1952), die de invloed van opklimmende giften ammoniumnitraat (0, 110, 220 en 330 kg N per ha) op de chemische samenstelling van dravik bestudeerden in afhankelijkheid van de ouderdom. Hiertoe werd het gras op zes verschillende data bemonsterd. Opbrengsten aan droge stof werden, zover nagegaan kon worden, niet bepaald. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in figuur 6. Voor elke bemonsteringsdatum zijn de nitraatgehalten (mmol per kg droge stof) uitgezet tegen de reciproke stikstofwaarden. Uit de figuur blijkt, dat deze resultaten in overeenstemming zijn met de in figuur 5 weergegeven hypothese*. Naarmate het gras ouder wordt, verschuift de nitrochoor naar hogere $1/[N]$ -waarden en daalt dus het totaal-stikstofgehalte van het gras bij eenzelfde graad van interne uitputting, nl. bij eenzelfde nitraatgehalte. Verder blijkt, dat ook deze gegevens het aannemen van een rechtlijnig verband (Vergelijking (4)) wettigen.

De daling van het totaal-stikstofgehalte bij het ouder worden, wordt door DIJKSHOORN (1958) toegeschreven aan een met de groei verbonden interne factor, die de geleidelijke afnemende weergeeft van de per eenheid droge stof geassimileerde hoeveelheid stikstof.

Het vermogen om stikstof te assimileren regelt zodoende het gehalte aan totaal-stikstof. Dat dit vermogen geleidelijk daalt bij het ouder worden, houdt verband met de relatieve verhoging van de produktie van niet-stikstofhoudende verbindingen. Dit uit zich bij gras voornamelijk in een stijging van de ruwe celstof fractie (lignine, cellulose en andere bestanddelen van het steunweefsel). Veroudering zal dus gepaard gaan met een verhoging zowel van $1/[N]$ als van het gehalte aan ruwe celstof.

1.5 LITERATUUR OVERZICHT OVER DE VERANDERINGEN IN SAMENSTELLING VAN HET GRAS

1.5.1 VERANDERINGEN IN DE GEHALTEN AAN TOTAAL-STIKSTOF EN RUWE CELSTOF BIJ HET OUDER WORDEN

Al aan het einde van de vorige eeuw werd door DEETZ (1873), WOLFF et al. (1879) en KELLNER (1879) in Duitsland en door JORDAN (1881), RICHARDSON (1883), VASEY en RICHARDSON (1884) en MORSE (1891) in Amerika en door WILSON (1886, 1889) in Schotland de chemische samenstelling van gras bestudeerd bij verschillende groeistadia. Bovengenoemde onderzoekers kwamen tot de conclusie, dat bij het ouder worden het ruw-eiwitgehalte (totaal-stikstof $\times 6,25$) daalt (en $1/[N]$ dus stijgt) en het ruwe-celstofgehalte stijgt.

WOODMAN en medewerkers (1926, 1927, 1928, 1929, 1931, 1932) in Cambridge

* De gegevens van CAREY, MITCHELL en ANDERSON zijn weergegeven volgens de vereenvoudigde Vergelijking (4)

stelden een uitgebreid onderzoek in naar de invloed van de maai-frequentie op de chemische samenstelling en de voederwaarde van gras. Wanneer de maai-intervallen langer werden en het gras dus in een ouder stadium gemaaid werd, daalde het ruw-eiwitgehalte en steeg het ruwe-celstofgehalte.

In Aberystwyth werd door FAGAN en medewerkers (1924, 1927, 1928, 1929, 1931) een uitvoerig onderzoek verricht over de veranderingen, die tengevolge van veroudering optreden in de chemische samenstelling van grassen, klavers en kruiden. Ook zij vonden, dat het ruw-eiwitgehalte daalt en het ruwe-celstofgehalte stijgt bij voortschrijdende ouderdom.

Soortgelijke resultaten werden verkregen uit het onderzoek van HAIGH (1912), ELLETT en CARRIER (1915), WATERS (1915), TROWBRIDGE et al. (1915), WRIGHT en SHAW (1926), SHUTT et al. (1928), SHUTT (1929), DUSTMAN en SHRIVER (1929), DUSTMAN en VAN LANDINGHAM (1930), HOPPER en NESBITT (1930), TACKE (1930), ARCHIBALD et al. (1932), BROWN (1932), DAWSON et al. (1933), PATTERSON (1933), CAPEN en LECLERC (1933), LEUKEL et al. (1934), FRANKENA (1934, 1939, 1941), VAN ITALLIE (1934), BRÜNE et al. (1935), LEUKEL en BARNETTE (1935), HUNT et al. (1936), NORMAN (1936), JOACHIM en PANDITSEKERE (1937), HOSTERMAN en HALL (1938), DIJKSTRA en BROUWER (1939), MOON (1939), BURKITT (1940), FRAPS en FUDGE (1940), SOTOLA (1940, 1941), WILSIE et al. (1940), LOUW (1941), BIRD (1943), BROWN en MUNSELL (1943), WATKINS (1943), BRUCKNER en HENRY (1945), CLARKE en TISDALE (1945), SJOLLEMA en DE MAN (1946), JULEN (1947), ARMSTRONG et al. (1950), FEATHERSTONE et al. (1951), PETERSON (1951), HOMB (1953), PARISH et al. (1953), PETERSON en HAGAN (1953), PICDEN (1953), PHILIPS et al. (1954), HALLEY (1955), JULEN en WIKLUND (1955), AGERBERG (1956), HEINRICHS en CARSON (1956), DIJKSTRA (1957), KIRCHGESSNER (1957), ØDELIEN en HVIDSTEN (1957), MACKENZIE en WYLAM (1957), RAVEN en ROBINSON (1957), AUSTENSON en LAW (1958), KNOX et al. (1958), NEHRING en HOFFMANN (1958), KIVIMÄE (1959), VAN RIPER (1959) en ACHACOSO (1960).

Bij het ouder worden stijgt niet alleen het gehalte aan ruwe celstof, maar ook het gehalte aan elk der samenstellende delen van de ruwe celstof, zoals cellulose en lignine. Dit bleek uit onderzoeken van NORMAN (1935, 1937), NORMAN en RICHARDSON (1937), BENNETT (1940), PATTON en GIESEKER (1942), PHILIPS et al. (1942), PATTON (1943), DRAPALA et al. (1947), ARMSTRONG et al. (1950), STEFFLER (1951), HOMB (1953), PHILIPS et al. (1954), HEINRICHS en CARSON (1956), KAMSTRA et al. (1958), KIVIMÄE (1959), LEFÈVRE en HIROUX (1959), VICENTE-CHANDLER et al. (1959) en SOSULSKI (1960).

De vlinderbloemigen vertonen met betrekking tot de veranderingen, die tengevolge van de veroudering optreden in de gehalten aan ruw eiwit en ruwe celstof, een overeenkomstig beeld als de grassen, zoals o.a. blijkt uit het onderzoek van WILSON (1889), WIDTSON en STEWART (1898), SNIJDER en HUMMEL (1903), KELLNER (1907), KIESSELBACH en ANDERSON (1926), SOTOLA (1927), FAGAN en REES (1930), FAGAN en WATKINS (1932), WOODMAN et al. (1933), GREEN (1934), WOODBURY en EVANS (1935), PAZUR en DELONG (1948), ARMSTRONG et al. (1950), HOMB (1953), DENT (1955), KIVIMÄE (1959) en WEIR et al. (1960).

Uit het onderzoek van FAGAN en WATKINS (1932) en ARMSTRONG et al. (1950) blijkt, dat ook bij 'kruiden' het ruw-eiwitgehalte bij het ouder worden daalt en het ruwe-celstofgehalte stijgt.

1.5.2 FACTOREN, DIE VAN INVLOED ZIJN OP HET NITRAATGEHALTE

In de vorige paragraaf is al gesteld, dat het ruw-eiwitgehalte daalt bij het ouder worden. Deze daling treedt onafhankelijk van de hoeveelheid toegediende stikstofmeststof op (MULDER, 1949; PRINE en BURTON, 1956).

Nitraat wordt zeer gemakkelijk door de plant opgenomen. Indien door de plant meer nitraat wordt opgenomen dan voor de eiwitsynthese gebruikt wordt, zal nitraataccumulatie plaats vinden.

In verband met de gevaren van nitraatvergiftiging bij vee is in Amerika veel onderzoek verricht naar factoren, die het nitraatgehalte van haver kunnen beïnvloeden. Zo vonden BRADLEY et al. (1940), GILBERT et al. (1946), WHITEHEAD en MOXON (1952) zeer hoge nitraatgehalten bij haver op gronden, die van nature een hoog nitraatgehalte hebben. KRETSCHMER (1958) onderzocht het nitraatgehalte van een aantal gewassen na begroeide en onbegroeide braak en vond, dat dit na onbegroeide braak aanzienlijk hoger lag dan na begroeide braak. Ook door zware stikstofbemesting kunnen hoge nitraatgehalten in het gewas verkregen worden, zoals blijkt uit het onderzoek van MULDER (1949), CAREY et al. (1952), BALKS en PLATE (1955), KARNS (1955), FERGUSON en TERRY (1956), IBERT et al. (1957), ØDELIEN en HVIDSTEN (1957), DIJKSHOORN (1958), AP GRIFFITH (1960a) en WRIGHT et al. (1960) bij grassen en grasland. Volgens DEYS (1953) zijn de gehalten aan totaal-stikstof en nitraat van het op intensief gevoerde weidebedrijven gewonnen ruwvoer aanzienlijk hoger dan die van minder intensief gevoerde bedrijven.

De mate van nitraataccumulatie wordt niet alleen beïnvloed door de beschikbare hoeveelheid nitraat in de grond, maar ook door factoren, die de nitraatreductie remmen. Nitraataccumulatie kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door onvoldoende belichting (BURSTRÖM, 1943; GILBERT et al., 1946; BLACKMAN en TEMPLEMAN, 1940; MULDER, 1956; SCHARER en SEIBEL, 1956; BATHURST en MITCHELL, 1958), of door gebrek aan sporenelementen (WHITEHEAD en OLSON, 1930; LEEPER, 1941; MULDER, 1948) en gebrek aan macro-elementen (ULRICH, 1948), of ook wel door droogte (WHITEHEAD en OLSON, 1930; DOUGHTY en WARDER, 1943; WHITEHEAD en MOXON, 1952; MUHNER et al., 1955 en HANWAY en ENGLEHORN, 1958).

In het algemeen kan gesteld worden, dat door factoren, die de groei remmen, de nitraataccumulatie bevorderd zal worden, omdat een grotere droge-stofproductie sneller tot nitraatuitputting leidt. Daarentegen zal door factoren, die de groei bevorderen — met uitzondering van de stikstofbemesting — de nitraataccumulatie tegengegaan worden.

Er zijn betrekkelijk weinig gegevens in de literatuur te vinden met betrekking

tot de veranderingen, die in het nitraatgehalte optreden bij het ouder worden. Uit het onderzoek van MULDER (1949), CAREY et al. (1952), ØDELIEN en HVIDSTEN (1957), DIJKSHOORN (1958) en AP GRIFFITH en JOHNSTON (1960) met gras blijkt, dat het nitraatgehalte bij het ouder worden daalt. Volgens DIJKSHOORN (1958) treedt deze daling pas op, wanneer geen nitraat meer beschikbaar is (zie 1.3).

Een daling van het nitraatgehalte bij het ouder worden is eveneens gevonden door COOK (1930), DOUGHTY en WARDER (1943), CRAWFORD (1958), SØRENSEN (1959) en GUL en KOLP (1960) bij granen, door ULRICH (1942), HADDOCK (1949) en WHITE (1959) bij suikerbieten en door CAMPBELL (1924) en OLSON en WHITEHEAD (1940) bij onkruiden.

2 PROEFNEMINGEN — DOELSTELLINGEN EN METHODEN

In tabel 1 zijn de gegevens over proefopzet, bemesting en grondonderzoek van de te bespreken proeven weergegeven. Alle proeven werden uitgevoerd op blijvend grasland.

Gedurende de periode 1957 tot en met 1959 werd een aantal proeven aangelegd, waarbij de invloed van veroudering en stikstofvoorziening op de opbrengst en de samenstelling van gras bestudeerd kon worden. De proeven waren zodanig opgezet, dat het gras op verschillende opeenvolgende tijden na de toediening van de stikstofbemesting kon worden geoogst. De stikstofbemesting werd toegediend naar verschillende hoeveelheden, waardoor het mogelijk was zowel sneden van verschillende ouderdom bij een gelijk niveau van nitraatuitputting te vergelijken, als ook om de invloed van de mate van uitputting op de opbrengst en samenstelling van gras van sneden van gelijke ouderdom te bestuderen. Tevens werd bij deze proeven de stikstofbemesting toegediend in verschillende tijden van het seizoen, om zodoende het stikstofeffect gedurende het seizoen te kunnen vervolgen.

Voor de interpretatie van de resultaten is gebruik gemaakt van de in 1.4.1 besproken vergelijking, $\log [\text{NO}_3] = -k \frac{1}{[\text{N}]} + C$: de nitrochoor.

Aangezien de proeven in de periode 1957 tot en met 1959 voor een ander doel waren aangelegd, was geen volledige nitraatmeststof, zoals kalksalpeter, gebruikt, maar kalkammonsalpeter, dat de stikstof slechts voor de helft in de nitraatvorm bevat. In 1960 en 1961 werd dan ook in een aantal proeven — IB 549, 550, 556 en 645 — nagegaan in hoeverre de nitrochoor beïnvloed wordt door de soort stikstofmeststof.

In proef IB 559 werd de invloed van fosfaat- en kaligebrek op de nitrochoor nader onderzocht.

Door de abnormale weersomstandigheden in 1959 was het mogelijk de invloed van extreme droogte op het verloop van de nitrochoren te bestuderen (IB 380).

De nitrochoor kan verder beïnvloed worden door de botanische samenstelling van het gras* (het totale oogstprodukt). Door de stikstofbemesting neemt het percentage aan grassen in het oogstprodukt toe en dat aan klavers en kruiden af. Een hoog percentage klaver — bijvoorbeeld bij objecten zonder stikstofbemesting — doet het stikstofgehalte in het oogstprodukt stijgen en dus de reciproke stikstofwaarde dalen, terwijl de verschillen in nitraatgehalte waarschijnlijk gering zijn. Een verschuiving in de botanische samenstelling zal ook kunnen optreden tijdens de groeiperiode. Bij de proeven IB 380, 549, 556 en 651 werd

* In deze publikatie wordt onder gras verstaan het totale oogstprodukt van het grasland, dus grassen + klavers + kruiden. Wanneer over grassen wordt gesproken, wordt hiermee alleen het mengsel bedoeld van de verschillende grassoorten, zoals die in het totale oogstprodukt aanwezig zijn.

het totale oogstprodukt gesplitst in verschillende componenten, nl. grassen, klavers en kruiden. De nitrochoor werd uitvoerig bestudeerd bij de grassen- en bij de paardebloemfractie van de kruiden.

Ook de morfologische ontwikkeling van de plant is van invloed op het verloop van de nitrochoren. Bij het ouder worden neemt het stengelaandeel relatief sterker toe dan het bladaandeel. De invloed van het ouder worden en van de stikstofvoorziening op de stengel/blad-verhouding bij grassen en paardebloem werd onderzocht op de proeven IB 550, 556 en 651. Ook werd de invloed van een verschuiving in de stengel/blad-verhouding op de mate van veroudering nader bestudeerd.

De bespreking van de resultaten is beperkt tot de gehalten aan totaal-stikstof, nitraat en ruwe celstof, welke ten nauwste samenhangen met de stikstofvoorziening en de veroudering.

Aangezien het ruwe-celstofgehalte een maatstaf is voor de voederwaarde van het gras, is tevens een hoofdstuk gewijd aan verschillende factoren — andere dan veroudering —, die van invloed kunnen zijn op dit gehalte.

De gewasmonsters werden voor de bepaling van het droge-stofgehalte gedroogd bij 105° C tot constant gewicht.

In deze monsters werden de verschillende analyses verricht*.

Het totaal-stikstofgehalte werd bepaald volgens een kjeldahl-methode, waarbij het materiaal gedestilleerd wordt met geconcentreerd zwavelzuur en een koper-sulfaat-seleenmengsel.

Het nitraat-stikstofgehalte werd bepaald volgens de xylenolmethode, waarbij de gevormde nitroxylenol wordt overgedestilleerd.

Het ruwe-celstofgehalte werd bepaald volgens de verkorte Weender-methode, waarbij eerst gekookt wordt met verdund zwavelzuur en daarna met een overmaat verdunde loog.

* De gewasanalyses werden uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek en door het Bedrijfslaboratorium voor de Landbouw in Friesland te Leeuwarden.

Stikstoftrappen, kg N/ha per bemestingsdatum	Aantal herh.	Veldjegr. in m ²	N-bemestingsdatum	Aant. oogstdata per bemestings- datum	Stikstofm.
<i>Nitrogen levels, kg N/ha per date of application</i>	<i>Number of replicates</i>	<i>Plot size in sq.m</i>	<i>N-application date</i>	<i>Number of cutting dates per date of application</i>	<i>N-carrier</i>
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	25	6/4, 15/6, 10/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	25	3/4, 13/6, 6/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	25	3/4, 12/6, 6/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	25	4/4, 13/6, 8/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	25	4/4, 13/6, 7/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	20	2/4, 14/6, 5/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300	3	22	4/4, 14/6, 12/8	2, 2, 2	kas/anl
0, 50, 100, 150, 200, 250	4	17,5	18/4	4	kas/anl
0, 50, 100, 150, 200, 250	4	17,5	17/4	4	kas/anl
0, 50, 100, 150, 200, 250	2	17,5	6/4	8	ks/cn
0, 20, 40, 60, 80, 120	3	24,5	29/3, 12/6, 6/8	6, 8, 8	kas/anl
0, 20, 40, 60, 80, 120	3	26	1/4, 12/6, 6/8	6, 8, 8	kas/anl
0, 20, 40, 60, 80, 120	3	26	1/4, 12/6, 6/8	5, 8, 8	kas/anl
0, 80, 160, 240	3	21	3/3, 17/3, 31/3, , 13/10	3, 3, 3, , 3	kas/anl
0, 40, 80, 160, 240, 320	4	9	20/2, 8/4	4	ks, kas, za cn, anl, sa
0, 40, 80, 160, 240, 320	4	15	4/4, 17/6	6, 5	ks, kas, za cn, anl, sa
0, 40, 80, 160, 240, 320	4	9	24/2, 8/4	4	ks, kas, za cn, anl, sa
25, 100, 175, 250	3	12,5	22/4	5	ks/cn
40, 240	1	1	8/4	10	ks/cn
0, 40, 80, 160, 240, 320	3	7,5	10/9	3	ks/cn
0, 80, 160, 320	2	26	11/4	1	ks, kas, as, za cn, anl, an, sa
0, 100, 200, 300	3	8,5	10/4	3	ks/cn

TABEL 1. Gegevens der proefvelden; ligging, grondonderzoek, objecten, herhalingen en veldjegrootte

Proef <i>Exp.</i>	Jaar	Ligging	pH- KCl	% Humus	% CaCO ₃	% Afslibb.	P-get. <i>P-water</i>	P-citr.* P-AL	K-geh. <i>K-content</i> 1/1000 %	Gronort <i>Soibe</i>
IB no.	<i>Year</i>	<i>Geogr. situation</i>		<i>Org. matter</i>		<i>Silt < 16μ</i>				
44	1957	Ten Boer (Gr.)	5,4	18,3	0,1	46	21	65*	55	kleiy
45	1957	Alphen a. d. Rijn (Z.-H.)	5,4	19,7	0,1	36	2	43*	46	kleiy
46	1957	Broek in Waterl. (N.-H.)	4,9	44,6	—	37	3	58*	71	veevat
47	1957	Vleuten (U.)	5,9	24,8	0,2	48	10	79*	36	klei veer claypeat
48	1957	Tienhoven (Z.-H.)	5,2	22,9	—	58	2	33*	30	klei veer claypeat
49	1957	Schagen (N.-H.)	6,9	11,8	9,8	21	19	88*	45	zaveam
50	1957	Hommerts (Fr.)	5,4	25,9	0,1	50	9	132*	41	klei veer claypeat
106	1958	Hommerts (Fr.)	5,2	24,5	—	48	9	127*	54	klei veer claypeat
106	1959	Hommerts (Fr.)								
106	1960	Hommerts (Fr.)								
306	1958	Opende (Gr.)	5,5	7,5	0,1	6	34	60	11	zandnd
307	1958	Peize (Dr.)	5,2	40,8	—	33	3	31	75	veevat
308	1958	Hoogemeeden (Gr.)	5,7	18,1	0,1	43	20	59	61	kleiyy
380	1959	Ten Boer (Gr.)	6,0	13,3	0,3	46	15	84	47	kleiyy
549	1960	Opende (Gr.)	5,6	8,0	0,1	8	5	67	22	zandnd
550	1960	Ten Boer (Gr.)	5,4	18,3	0,1	46	21	65*	33	kleiyy
556	1960	Ten Boer (Gr.)	6,1	15,0	0,3	51	22	89	66	kleiyy
559	1960	Boyl (Fr.)	4,6	11,0	—	6	2	22	22	zandnd
560	1960	Hoogemeeden (Gr.)	5,7	16,0	0,1	55	8	17	39	kleiyy
591	1960	Ten Boer (Gr.)	—	—	—	—	—	—	—	kleiyy
645	1961	Opende (Gr.)	5,3	8,0	—	5	6	65	21	zandnd
651	1961	Opende (Gr.)	5,3	8,7	—	6	6	63	17	zandnd

TABLE 1. *Experimental data: situation, soil analyses figures, treatments, no. of replicates and area of plots*

3 VROEG EN LAAT GEOOGST GRAS

3.1 PROEFNEMINGEN

In 1957 werden zeven proefvelden (IB 41 tot en met IB 50) aangelegd om de stikstofreactie in verschillende tijden van het groeiseizoen te bestuderen. De objecten waren 8 stikstoftrappen (0 - 30 - 60 - 90 - 120 - 180 - 240 - 300 kg N per ha als kalkammonsalpeter) met ieder 2 oogsttijden (tabel 1). De proeven werden aangelegd in 3 blokken (A, B, C), die resp. in april, juni en augustus bemest werden. Voor het begin der eigenlijke proefperiode werden de blokken B en C bemest met 20 tot 40 kg N per ha en beweid. In sommige gevallen werd het C-blok eerst gemaaid voor kuilgras of hooi en daarna beweid (VAN BURG, 1960). De groeiperioden wisselden nogal sterk bij de afzonderlijke proeven in de verschillende jaargetijden en ook bij de proeven onderling. De resultaten hebben zodoende geen betrekking op sneden van gelijke ouderdom, maar alleen op vroeg en laat geoogst gras.

3.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

3.2.1 NITROCHOOOR EN OPBRENGST

Het verband tussen nitraat en totaal-stikstof in het gewas is voor alle proeven samengevat in de figuren 7, 8 en 9*. Deze figuren hebben betrekking op de stikstofbemesting in resp. april, juni en augustus. In de bovenste grafieken is het nitraatgehalte logaritmisches uitgezet tegen de reciproke waarde van het totaal-stikstofgehalte.

Het verband tussen $\log[\text{NO}_3]$ en $1/[\text{N}]$, zoals dit door de stikstofbemesting wordt beïnvloed, is volgens 1.4.2 aangegeven door rechte lijnen: nitrochoren. Bij bestudering van de gegevens van de afzonderlijke oogsten blijkt dit verantwoord te zijn. Volgens de nitrochoren daalt $\log[\text{NO}_3]$ rechtlijnig met een stijging van de $1/[\text{N}]$ -waarden. Voor iedere snede apart blijkt, dat een hoger niveau van nitraataccumulatie wordt bereikt wanneer tengevolge van de stikstofbemesting lagere $1/[\text{N}]$ -waarden worden verkregen. De nitrochoor geeft dus het bemestingseffect aan op de samenstelling van het gewas van één bepaalde snede. De streeplijnen en open punten hebben betrekking op de vroege snede, de getrokken lijnen en de dichte punten op de late snede.

* In deze en volgende figuren betekent
 $[\text{NO}_3]$ = mmol NO_3 per kg droge stof
 $[\text{N}]$ = gr at N per kg droge stof
Dr.St. = 100 kg droge stof per ha

Bij iedere leeftijdsgroep beslaan de nitrochoren een zeker traject van $1/[N]$ -waarden. Duidelijk blijkt, dat de nitrochoren van de late snede verschoven zijn naar hogere $1/[N]$ -waarden, hetgeen er dus op wijst, dat het oudere gras bij eenzelfde uitputtingstoestand, dus vergeleken bij eenzelfde nitraatniveau, zich op een lager totaal-stikstofgehalte heeft ingesteld. De invloed van de veroudering komt tot uiting in een hogere $1/[N]$ -waarde — het oudere gras produceert dus per gramatoom opgenomen stikstof meer kg droge stof, zonder dat dit iets met stikstofuitputting te maken heeft.

De onderlinge afstand tussen de 'vroeg' en 'late' nitrochoren is veel groter na de aprilbemesting dan na de juni- en augustusbemesting. Dit houdt verband met de verschillen in opbrengst tussen de vroeg en late snede. Dit komt later nog ter sprake bij de bespreking van de opbrengstresultaten.

De opbrengstgegevens zijn, om verwarring te voorkomen, weergegeven in 2 of 3 aparte grafieken (zie figuren 7, 8 en 9). De opbrengsten zijn uitgezet tegen de reciproke waarde van het totaal-stikstofgehalte. Uit deze grafieken kan afgelezen worden, dat de opbrengst stijgt wanneer $1/[N]$ afneemt tengevolge van een stikstofbemesting. Bij de late oogst (getrokken lijnen, dichte punten) worden tengevolge van de langere groeiduur hogere opbrengsten verkregen dan bij de vroeg oogst (gestippelde lijnen, open punten). De opbrengstcurven van het oude gras zijn naar hogere $1/[N]$ -waarden verschoven. Vergelijken wij de opbrengstcurven met de nitrochoren, dan is het duidelijk, dat de meest uitgesproken opbrengstvermeerderingen tengevolge van de bemesting verkregen worden bij lage nitraatgehalten, onafhankelijk van de ouderdom van het gewas. Beneden een bepaald niveau van geaccumuleerd nitraat geeft de nitrochoor dus het gebied van stikstofuitputting aan, waar het bemestingseffect zeer groot is. Het $1/[N]$ -traject bij een accumulatie-niveau van 50-100 mmol NO_3 per kg droge stof, zoals dit is afgelezen van de nitrochoren, is aangegeven door een vet gedeelte van de curve. In de meeste gevallen blijkt een verdere verlaging van $1/[N]$ beneden dit accumulatie-niveau door een zwaardere bemesting vrijwel niet meer in een opbrengstvermeerdering te resulteren. Blijkbaar zijn de hoogste stikstofgiften (240 en 300 kg N per ha) in ieder geval voldoende geweest om bij het hoogste opbrengstniveau van de oudste sneden ieder teken van stikstoftekort tijdens de groei te voorkomen. Bij enkele vroeg oogsten is dit echter niet het geval.

Het verschil in opbrengst tussen de vroeg en late snede is na de aprilbemesting belangrijk groter dan na de juni- en vooral na de augustusbemesting. Dit moet deels toegeschreven worden aan het feit, dat het tijdsverschil tussen de vroeg en late snede na de aprilbemesting groter is geweest dan na de juni- en augustusbemesting. Dit bedroeg nl. na de april-, juni- en augustusbemesting resp. 3, 2 en 2 weken. Verder zal ook de snellere grasgroei in april hiervan de oorzaak zijn (VAN BURG, 1960).

Wanneer de ligging van de nitrochoor wordt beschouwd als een maatstaf voor de mate van veroudering, blijkt dus, dat het grotere tijdsinterval en het grotere verschil in opbrengst tussen de vroeg en late snede na de aprilbemesting, aan-

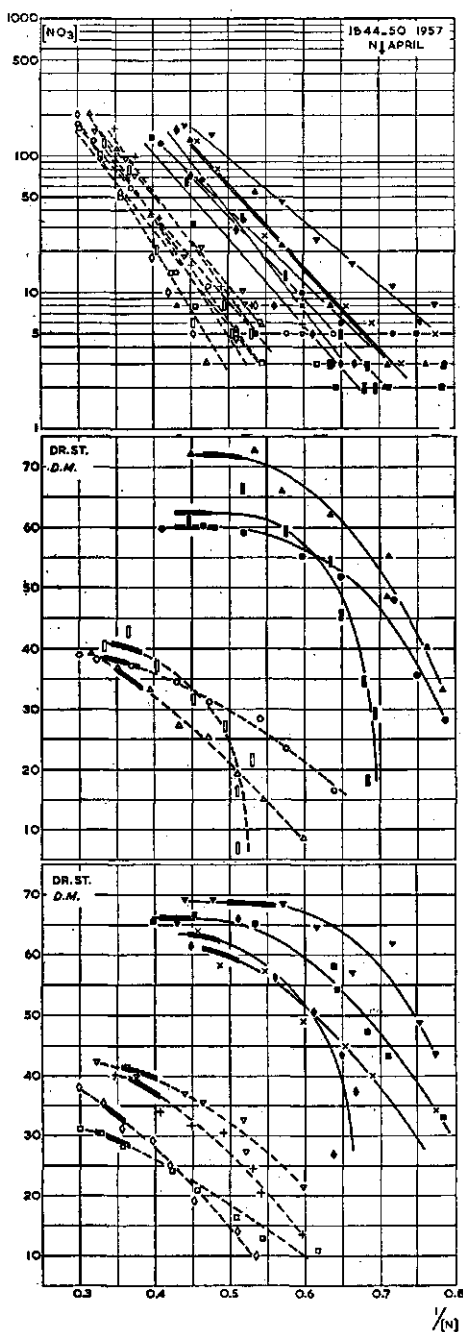


FIG. 7. Stikstofstatus en opbrengst van gras bij opklimmende stikstofgiften en twee oogst-tijden. Stikstof toegediend ($N \downarrow$) in april. De bovenste grafiek geeft de nitrochoren weer. In de beide andere grafieken zijn de opbrengsten tegen de $1/[N]$ -waarden uitgezet. De middelste grafiek heeft betrekking op de proefvelden IB 47, 48 en 49, de onderste grafiek op de proefv. IB 44, 45, 46 en 50. Het dikke gedeelte van de opbrengstcurven geeft de $1/[N]$ -trajecten aan bij een nitraat-accumulatie-niveau van 50-100 mmol per kg droge stof (afgelezen in de bovenste grafiek).

FIG. 7. Nitrogen status and yields of herbage at increasing rates of nitrogen application and at two dates of cutting. Nitrogen applied ($N \downarrow$) in April. The upper graph represents the nitrochores. In the two other graphs the dry-matter yields have been plotted against $1/[N]$. The middle graph relates to experiments IB 47, 48 and 49, the lower graph to experiments IB 44, 45, 46 and 50.

The thick parts of the yield curves refer to the $1/[N]$ ranges at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol per kg dry matter (as read off the nitrochores in the upper graph).

FIG. 8. Als figuur 7, maar stikstof toegediend in juni.

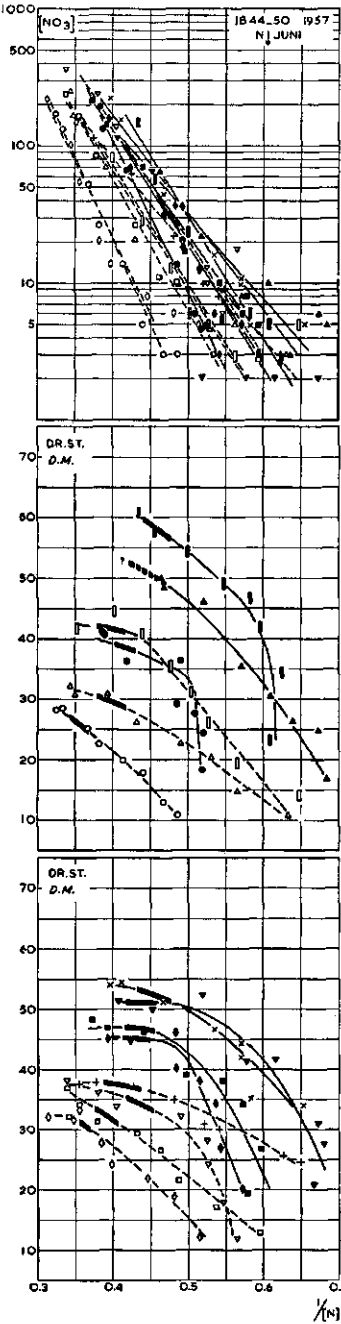


FIG. 8. As figure 7, but nitrogen applied in June.

LEGENDUM FIG 7,8,9
LEGENDS FIG 7,8,9

PROEF EXP.	SNEDE CUT	
IB	VROEG EARLY	LAAT LATE
44	+	x
45	v	▼
46	◊	◆
47	□	■
48	○	●
49	△	▲
50	◻	◼

FIG. 9. Als figuur 7, maar stikstof toegediend in augustus. Voor de duidelijkheid zijn de opbrengstcurven voor de verschillende proefvelden hier over drie grafieken verdeeld.

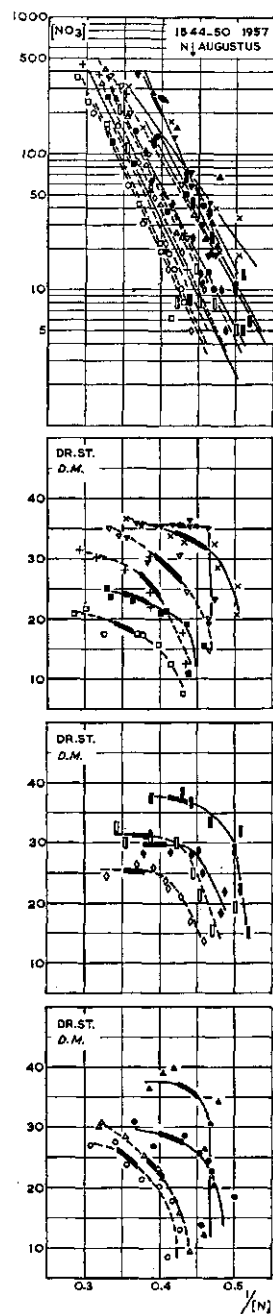


FIG. 9. As figure 7, but nitrogen applied in August. In order to avoid confusion the yield data have been represented in three graphs.

leiding hebben gegeven tot een relatief grotere veroudering van het gras in de periode tussen deze beide sneden.

3.2.1.1 Bewerking van de literatuurgegevens

Uit de literatuur zijn betrekkelijk weinig volledige gegevens bekend over het verloop van de nitraat- en totaal-stikstofgehalten en van de opbrengsten bij sneden van verschillende ouderdom. In 1.4.3 werden reeds de resultaten van het onderzoek van CAREY, MITCHELL en ANDERSON (1952) besproken. Hun gegevens zijn echter voor ons doel onvolledig, daar geen opbrengsten vermeld worden.

De gegevens van het onderzoek van MULDER (1949) over de invloed van opklimmende hoeveelheden kalkammonsalpeter (van 0 tot 420 kg N per ha) op de opbrengst van blijvend grasland zijn wel bruikbaar. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in figuur 10. De open punten en de streeplijnen

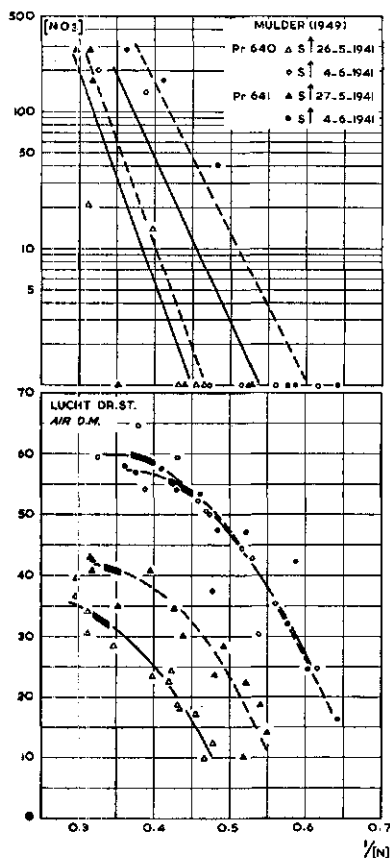


FIG. 10. Stikstofstatus en opbrengst bij twee graslandproefvelden bij opklimmende stikstofgiften en twee oogsttijden (S ↑). Bewerking van literatuurgegevens. De opbrengstlijnen zijn bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol dik getekend.

FIG. 10. Nitrogen status and yields from two grassland experiments, at increasing rates of nitrogen application and at two dates of cutting (S ↑). Compiled from the literature. The thick parts of the yield curves refer to a nitrate accumulation level of 50-100 mmol.

hebben betrekking op het proefveld Pr 640 (1941), de dichte punten en de getrokken lijnen op het proefveld Pr 641 (1941). Door MULDER is in een aantal gevallen een nitraatgehalte van 0 mmol per kg droge stof opgegeven. Deze waarden kunnen in de figuur niet weergegeven worden. Om de resultaten van MULDER evenwel toch te kunnen gebruiken werd in deze gevallen, inplaats van 0 mmol NO_3 , een waarde van 1 mmol NO_3 per kg droge stof aangehouden. Per proefveld zijn in de opbrengstgrafiek meer punten weergegeven dan in de nitraat-stikstofgrafiek, doordat niet bij alle stikstoftrappen het nitraatgehalte bepaald werd. Deze cijfers van MULDER vertonen in grote trekken een goede overeenkomst met onze eigen resultaten. Bij de oudste sneden liggen de nitrochoren bij hogere $1/[\text{N}]$ -waarden dan bij de jongste sneden. In de opbrengstgrafiek is eveneens het $1/[\text{N}]$ -traject bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol, zoals dit is afgelezen van de nitrochoor, aangegeven door een vet gedeelte van de curve. Het blijkt, dat ook hier de grootste opbrengstvermeerderingen tengevolge van de stikstofbemesting verkregen worden bij lage nitraatgehalten. Met uitzondering wellicht van Pr 640, oogsttijd 26 mei, resulteert een verdere verlaging van $1/[\text{N}]$ door een zwaardere bemesting niet meer in een opbrengstvermeerdering van enige betekenis.

Een onderzoek van CRAWFORD (1958), weliswaar met haver als proefgewas, leverde min of meer identieke resultaten op. De haver werd bemest naar 0, 55, 110, 165 en 220 kg N per ha in de vorm van ammoniumnitraat.

Op drie verschillende data (47, 62 en 87 dagen na het zaaien) werden monsters genomen, terwijl op de laatste datum eveneens de opbrengsten (totale massa) werden bepaald. De resultaten zijn weergegeven in figuur 11. Uit de bovenste grafiek blijkt, dat ook bij haver het verband tussen $\log[\text{NO}_3]$ en $1/[\text{N}]$ voorgesteld kan worden door een rechte lijn. Verder blijkt ook de nitrochoor naar hogere $1/[\text{N}]$ -waarden te verschuiven wanneer later geoogst wordt. Uit de opbrengstgrafiek valt af te lezen, dat door de stikstofbemesting geen grote opbrengstvermeerderingen werden verkregen. Dit is niet verwonderlijk aangezien de haver verbouwd werd op land, waar het jaar tevoren lucerne had gestaan. Er was dus kennelijk voldoende stikstof in deze grond aanwezig, hetgeen ook blijkt uit het hoge nitraatgehalte in het gewas zonder stikstofbemesting — bijna 80 mmol per kg droge stof — bij een ouderdom van 47 dagen. Na 87 dagen was dit gehalte echter sterk gedaald tot ongeveer 15 mmol per kg droge stof. Het $1/[\text{N}]$ -traject bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol op de oogstdatum is door een vet gedeelte van de opbrengstkromme weergegeven. Een opbrengstvermeerdering tengevolge van de stikstofbemesting trad ook hier slechts op bij lage nitraatgehalten in de plant.

3.2.2 RUWE CELSTOF

Bovengenoemde resultaten geven dus aan, dat de veroudering van het gras inderdaad gepaard gaat met een verschuiving van de nitrochoor naar hogere

Fig. 11. Ligging van de nitrochoren bij haver onder invloed van de veroudering. Tevens is de opbrengstcurve bij de laatste oogstdatum gegeven. Bewerking van literatuurgegevens.

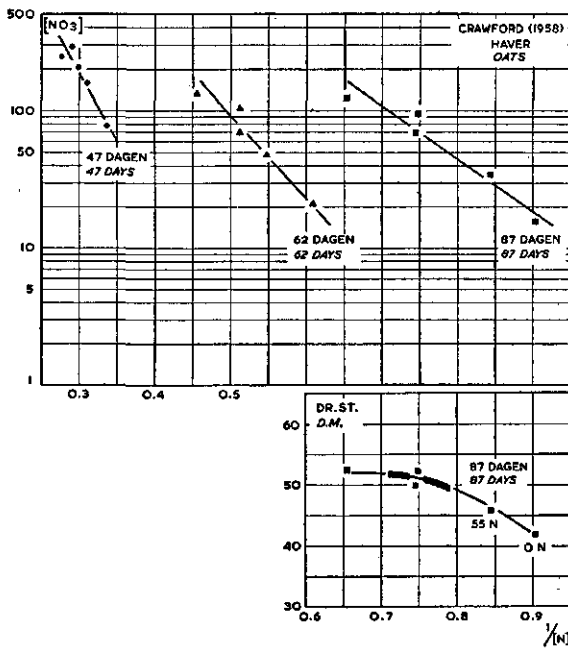


FIG. 11. The sequence of nitrochores with oats as affected by ageing. At the same time the yield data at the last sampling time have been represented. Compiled from the literature.

$1/[N]$ -waarden. Dit bevestigt dus de eerder gestelde verwachting, dat in oud gras per kg droge stof minder stikstof geassimileerd wordt dan in jong gras. Dit zal, zoals al vermeld is, samenhangen met het feit, dat de droge-stofproductie dan verschuift in de richting van de produktie van niet-stikstofhoudende bestanddelen. Het is bekend (zie 1.5.1), dat oud gras een hoger gehalte heeft aan ruwe celstof dan jong gras. Het is dus te verwachten, dat bij de late sneden hogere gehalten gevonden zullen worden dan bij de vroege sneden. In figuur 12 zijn voor de proeven IB 44 tot en met IB 50 (1957) de gehalten aan ruwe celstof uitgezet tegen de $1/[N]$ -waarden bij 100 mmol NO_3 per kg droge stof (afgelezen van de nitrochoren), als maat voor de ouderdom van het gras. De uitgezette ruwe-celstofgehalten zijn het gemiddelde van de cijfers voor 0, 60 en 240 kg N per ha. Het gehalte aan ruwe celstof is over het algemeen bij de late snede hoger dan bij de vroege snede. Dit is in het bijzonder het geval na de april- en junibemesting. Na de augustusbemesting zijn de resultaten veel minder duidelijk en bovendien nogal wisselvallig. Het geringe opbrengstverschil tussen vroege en late snede na de augustusbemesting is hiervan de oorzaak. Deze verschillen in de veranderingen van het ruwe-celstofgehalte vertonen sterke over-

FIG. 12. Verband tussen ruwe-celstofgehalte en veroudering bij gras bij drie bemestingstijden. IB 44-50. Als maat voor de veroudering dient de waarde van $1/[N]$ bij 100 mmol $[NO_3]$.

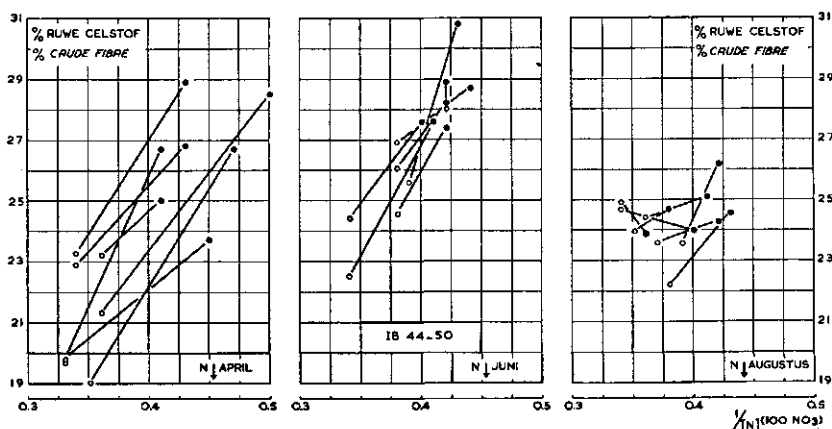


FIG. 12. The effect of ageing on the crude-fibre content of herbage at three dates of nitrogen fertilization. IB 44-50. The $1/[N]$ value at 100 mmol $[NO_3]$ is a measure for the degree of ageing.

eenkomst met de verschillen in de mate van veroudering na de april-, juni- en augustusbemesting.

Het valt op, dat de ruwe-celstofgehalten na de aprilbemesting lager zijn dan na de junibemesting, terwijl de opbrengsten na de aprilbemesting hoger zijn dan na de junibemesting, vooral bij de laatste snede. Dit is opmerkelijk, daar hogere opbrengsten meestal samengaan met hogere gehalten aan ruwe celstof. Blijkbaar speelt het seizoen hier een rol. Later wordt hier nog op teruggekomen.

4 OPEENVOLGENDE STADIA VAN VEROUDERING

Bij de in het vorige hoofdstuk besproken proeven werd het gras slechts in twee stadia geoogst. In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van een aantal proeven waarbij het gras in méér dan twee stadia werd geoogst.

4.1 PROEFNEMINGEN

4.1.1 PROEVEN MET SUB-OPTIMALE STIKSTOFVOORZIENING

In 1958 werden wederom een aantal proefvelden (IB 306, 307, en 308) aangelegd om de stikstofreactie in verschillende tijden van het jaar te bestuderen. De proefopzet was gelijk aan die van de proeven in 1957. De objecten waren 6 stikstoftrappen (0 - 20 - 40 - 60 - 80 - 120 kg N per ha als kalkammonsalpeter) met ieder 6 tot 8 oogstdata. De stikstofbemesting werd gegeven in april, juni of augustus.

4.1.2 PROEVEN MET OPTIMALE STIKSTOFVOORZIENING

Tevens werd in 1958 een proefveld (IB 106) aangelegd om het verband te bestuderen tussen stikstofbemesting, veroudering en koperstatus van het gewas. De objecten waren 6 stikstoftrappen (0 - 50 - 100 - 150 - 200 - 250 kg N* per ha) met ieder 4 tot 8 oogstdata** bij twee kopertrappen (0-50 kg kopersulfaat per ha). De proef werd gedurende drie jaar, van 1958 tot en met 1960, aangehouden. De stikstofbemesting werd elk jaar in het voorjaar gegeven, de koperbemesting werd maar éénmaal toegediend, nl. in februari 1958.

4.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.2.1 PROEVEN MET SUB-OPTIMALE STIKSTOFVOORZIENING

4.2.1.1 Nitrochoor en opbrengst

Aangezien de resultaten van de drie proeven min of meer gelijk zijn, zal hier maar één proef (IB 307) uitvoerig besproken worden.

De gegevens met betrekking tot nitraat, totaal-stikstof en opbrengst zijn op de gebruikelijke wijze weergegeven in de figuren 13, 14 en 15. Uit deze figuren

* In 1958 en 1959 als kalkammonsalpeter; in 1960 als kalksalpeter.

** In 1958 en 1959 4 oogstdata; in 1960 8 oogstdata.

FIG. 13. Samenhang tussen nitrochoor, opbrengst en veroudering bij gras. IB 307, stikstof toegevend in april, zes oogsttijden.

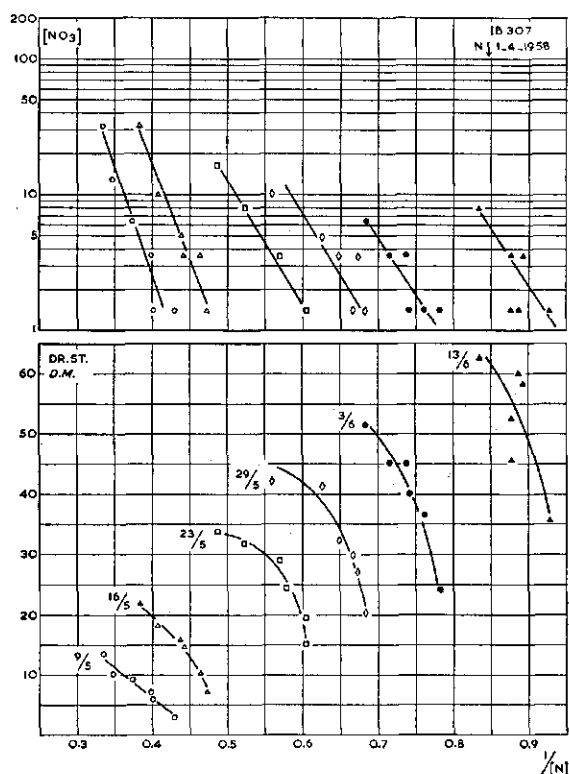


FIG. 13. Relation between nitrochore, yield and ageing of herbage. IB 307, nitrogen applied in April, six dates of cutting.

blijkt, dat de nitrochoren na de aprilbemesting een groter traject van $1/[N]$ -waarden doorlopen dan na de juni- en augustusbemesting. Vooral na de augustusbemesting is het verschil zeer opvallend. De volgorde der nitrochoren na de april- en junibemesting komt overeen met de ouderdom der sneden. Het blijkt, dat deze volgorde na de augustusbemesting bij de eerste twee oogst-data verstoord is.

De proefperioden na de april-, juni- en augustusbemesting zijn praktisch gelijk geweest, indien althans rekening wordt gehouden met het feit, dat — tengevolge van zeer lage temperaturen gedurende de eerste drie weken — de grasgroei in april pas 20 dagen na de bemesting is begonnen (VAN BURG, 1960a).

Uit de opbrengstgrafieken valt af te lezen, dat de hoogste opbrengsten na de aprilbemesting worden verkregen. Na de junibemesting, en vooral na de augustusbemesting worden lagere opbrengsten bereikt. Deze verschillen in opbrengst

FIG. 14. Als figuur 13, maar stikstof toegediend in juni. Acht oogsttijden.

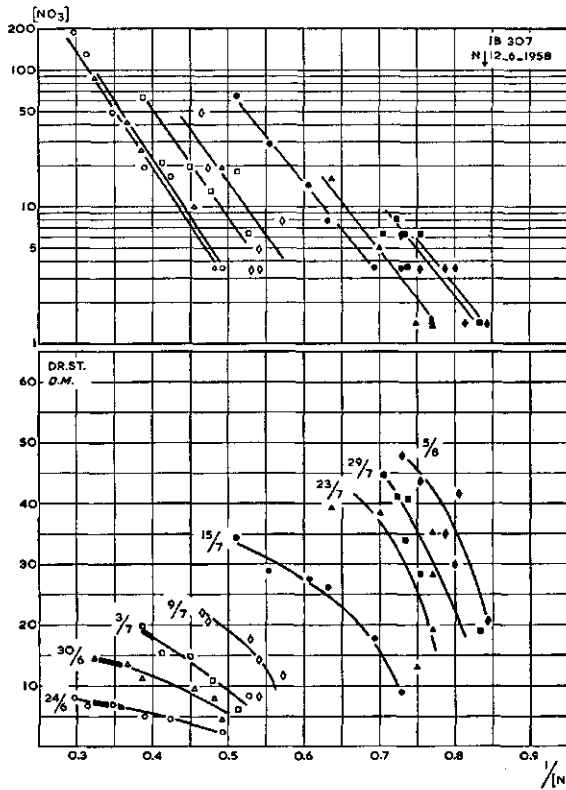


FIG. 14. As figure 13, but nitrogen applied in June. Eight dates of cutting.

zijn er de oorzaak van, dat de juni- en augustus-nitrochoren een kleiner traject van $1/[N]$ -waarden doorlopen.

Uit de bovenste grafieken van figuren 13, 14 en 15 blijkt ook, dat slechts de nitrochoren van de vroegste oogst na de juni- en augustusbemestingen een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol per kg droge stof bereiken.

Verder blijkt in het algemeen, dat het uiteindelijk bereikte nitraatniveau lager is naarmate het gras ouder wordt. Dit wijst er op, dat ook bij de hoogste stikstofgift (120 kg N per ha) niet voldoende nitraat beschikbaar was om het niveau van 50-100 mmol NO_3 per kg droge stof te handhaven. Tegelijkertijd kan uit de opbrengstgrafieken geconcludeerd worden, dat niet voldoende stikstof gegeven was om een maximale opbrengst te verkrijgen. Alleen bij de jongste sneden na de juni- en augustusbemesting, waar de nitraataccumulatie de waarde 100 bereikt, wordt een maximale opbrengst verkregen.

FIG. 15. Als figuur 13, maar stikstof toegediend in *augustus*. Acht oogsttijden.

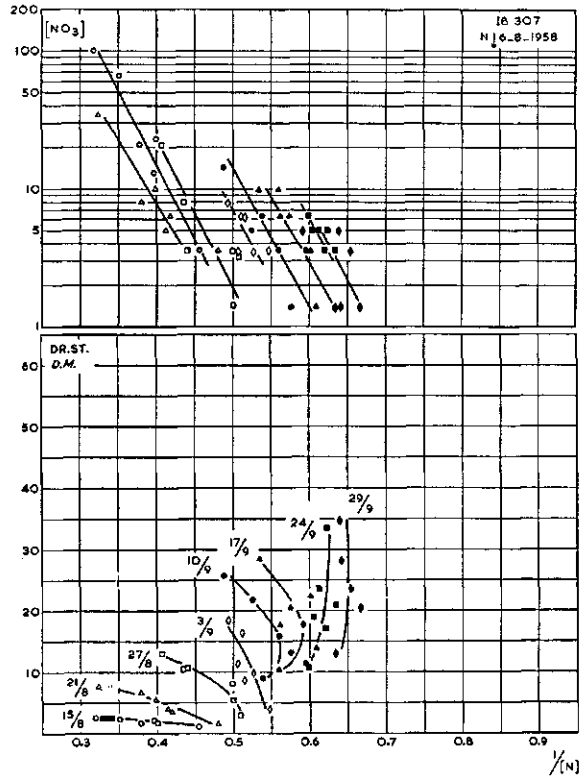


FIG. 15. As figure 13, but nitrogen applied in August. Eight dates of cutting.

4.2.1.2 Ruwe celstof

De gegevens van de drie proeven met betrekking tot het ruwe-celstofgehalte zijn weergegeven in figuur 16. In deze figuur komt duidelijk tot uiting, dat in de periode met de hoogste produktie, nl. na de aprilbemesting, de ruwe-celstofspectra de grootste spreiding te zien geven. De minste spreiding wordt aangetroffen in de periode met de minste groei, nl. na de augustusbemesting. Wordt het effect van de stikstofbemesting per afzonderlijke snede beschouwd, dan blijkt, dat in de meeste gevallen bij de jongste sneden het ruwe-celstofgehalte daalt, wanneer tengevolge van de stikstofbemesting de $1/[N]$ -waarden dalen. Bij proef IB 308 is dit niet het geval voor de eerste snede na de aprilbemesting. Deze snede was te laat geoogst, waardoor de opbrengststijging tengevolge van de stikstofbemesting al betrekkelijk groot is. Dit kan een verklaring zijn voor het verschillend gedrag.

Bij de oudere sneden blijkt deze daling van het ruwe-celstofgehalte bij dalende waarden van $1/[N]$ tengevolge van een stikstofbemesting over te gaan in een duidelijke stijging. Deze omkering van het stikstofeffect handhaaft zich. Bij enkele van de oudste sneden heeft de toegediende stikstof zelfs geen invloed meer op het totaal-stikstofgehalte in het gewas, zodat de ruwe-celstoflijnen dan

FIG. 16. Ruwe-celstofspectra van drie proefvelden (IB 306, 307 en 308) onder invloed van toedieningstijd (maart/april, juni en augustus), stikstofgift (langs de curve in pijlrichting), en oogsttijd (1, 2, 3, etc.). Gras. Zie ook figuren 13, 14, 15.

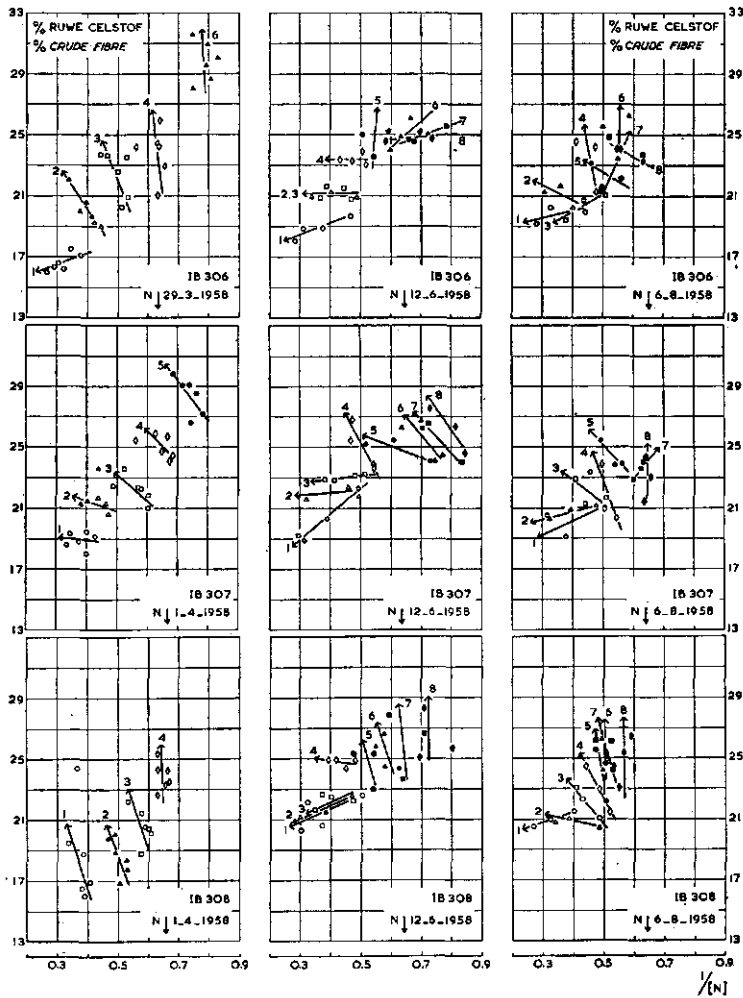


FIG. 16. Crude-fibre spectra from three experiments (IB 306, 307 and 308) as affected by time of application (March/April, June and August), rate of nitrogen application (direction of arrow), and date of cutting (1, 2, 3, etc.). Herbage. See also figures 13, 14, 15.

evenwijdig gaan lopen aan de y-as. In deze gevallen komt de stikstofbemesting alleen nog maar tot uiting in een hogere opbrengst. Hier wordt dus wel een duidelijke aanwijzing verkregen, dat niet de veranderde samenstelling (totaalstikstofgehalte), maar de toegenomen hoeveelheid droge stof verantwoordelijk is voor de toeneming van het ruwe-celstofgehalte. Bij proef IB 306 (junibemesting) wordt bij de drie oudste sneden door de stikstofbemesting zelfs een stijging van $1/[N]$ verkregen, hetgeen samenhangt met de sterke klaverontwikkeling bij de laagste stikstofgiften.

4.2.2 PROEVEN MET OPTIMALE STIKSTOFVOORZIENING

4.2.2.1 Nitrochoor en opbrengst

De resultaten zijn weergegeven in de figuren 17, 18 en 19. Aangezien de koperbemesting geen invloed heeft gehad op het verband tussen nitraat, stikstof en opbrengst, is in deze figuren geen onderscheid gemaakt tussen de objecten met en zonder koper. De bovenste grafieken tonen duidelijk aan, dat de nitrochoren naar hogere $1/[N]$ -waarden verschuiven met het ouder worden. Volgens de nitrochoren stijgt het stikstofgehalte sterk door de stikstofbemesting, terwijl in vergelijking met de in 4.2.1 besproken proef een veel hoger niveau van nitraat-accumulatie wordt bereikt. In de onderste grafieken zijn de droge-stofopbrengsten uitgezet tegen de reciproke stikstofwaarden.

De opbrengsten stijgen bij dalende $1/[N]$ -waarden tengevolge van een stikstofbemesting. Een verhoging van de stikstofbemesting boven ongeveer 150 kg N per ha heeft vooral bij de oudere sneden geen opbrengstvermeerderingen meer tengevolge. De reciproke stikstofwaarden dalen dan echter nog wel. Boven de 150 kg N per ha is in dit geval het effect van de stikstofbemesting beperkt tot het nitraatgehalte en wordt de opbrengst niet meer beïnvloed.

Het $1/[N]$ -traject bij een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol, zoals afgelezen van de nitrochoren, is in de opbrengstgrafieken weergegeven door een vet gedeelte. In alle jaren ligt dit bij de oudere sneden in dat deel van de opbrengstcurve waar geen opbrengstvermeerdering meer optreedt. In 1960 is dit ook bij de jongere sneden het geval. In 1958 en 1959 echter leidt bij de jongere sneden een verhoging van het nitraataccumulatie-niveau boven 100 mmol in sommige gevallen nog tot hogere opbrengsten, al is de vermeerdering dan ook gering.

4.2.2.2 Ruwe celstof

Veroudering gaat behalve met een verschuiving van de nitrochoor naar hogere $1/[N]$ -waarden, ook gepaard met een stijging van het gehalte aan ruwe celstof, zoals al is weergegeven in de figuren 12 en 16. De verschuiving van de nitrochoor houdt verband met het feit, dat het gras bij het ouder worden minder

FIG. 17. Samenhang tussen nitrochoor, opbrengst en veroudering bij gras. IB 106, stikstof toegediend in april 1958, vier oogsttijden. De opbrengstcurven zijn bij een nitraataccumulativeniveau van 50-100 mmol dik getekend.

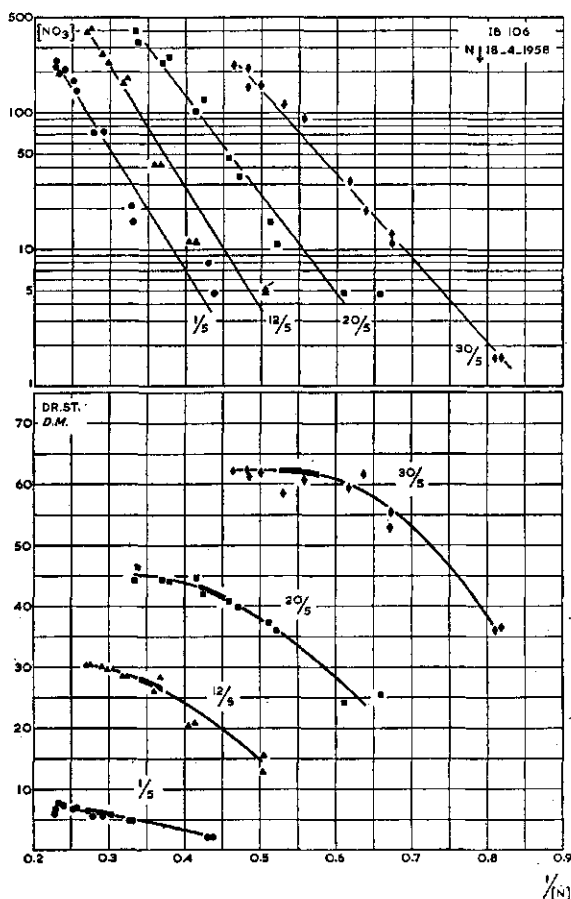


FIG. 17. Relation between nitrochore, yield and ageing of herbage. IB 106, nitrogen applied in April 1958, four dates of cutting. The thick parts of the yield curves refer to a nitrate accumulation level of 50-100 mmol.

stikstof assimileert. De relatief grotere produktie van niet-stikstofhoudende bestanddelen is hiervan de oorzaak.

De ruwe-celstofgegevens van de verschillende jaren zijn weergegeven in figuur 20. Uit deze figuur komt duidelijk naar voren, dat bij het ouder worden een aanzienlijke stijging optreedt in het gehalte aan ruwe celstof. In 1959 en 1960 liggen de ruwe-celstoflijnen van de twee, resp. drie oudste oogsten enigszins onregelmatig. De ruwe-celstofgehalten nemen dan namelijk bij het ouder worden

FIG. 18. Als figuur 17, maar stikstof toegediend in april 1959. Vier oogsttijden.

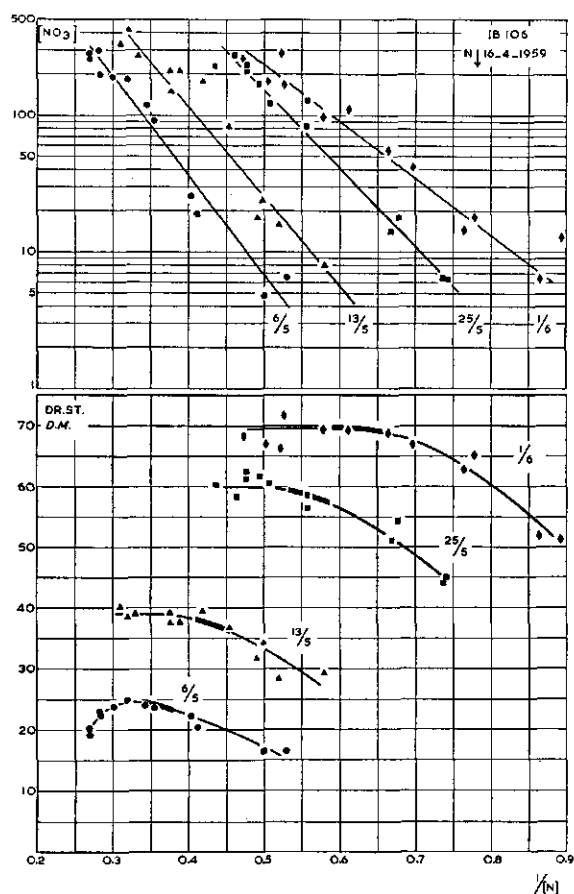


FIG. 18. As figure 17, but nitrogen applied in April 1959. Four dates of cutting.

niet meer toe. In de eerste plaats zijn de opbrengstverschillen tussen deze verschillende sneden in 1959 en 1960 veel kleiner dan in 1958 en in de tweede plaats liggen deze sneden in 1959 en 1960 bij een veel hoger opbrengstniveau dan de overeenkomstige sneden in 1958. Een duidelijke verklaring is hier echter niet voor te geven; misschien speelt de vorming van ruwe-celstofarm endosperm een rol.

Figuur 20 geeft in zoverre een ander beeld te zien dan figuur 16, dat de ruwe-celstoflijnen na een aanvankelijke stijging bij dalende $1/[N]$ -waarden tengevolge van de stikstofbemesting, bij verdere daling van de $1/[N]$ -waarden op gelijk niveau blijven of zelfs dalen. De stijging van het ruwe-celstofgehalte in figuur 20

FIG. 19. Als figuur 17, maar stikstof toegediend in april 1960. Acht oogsttijden.

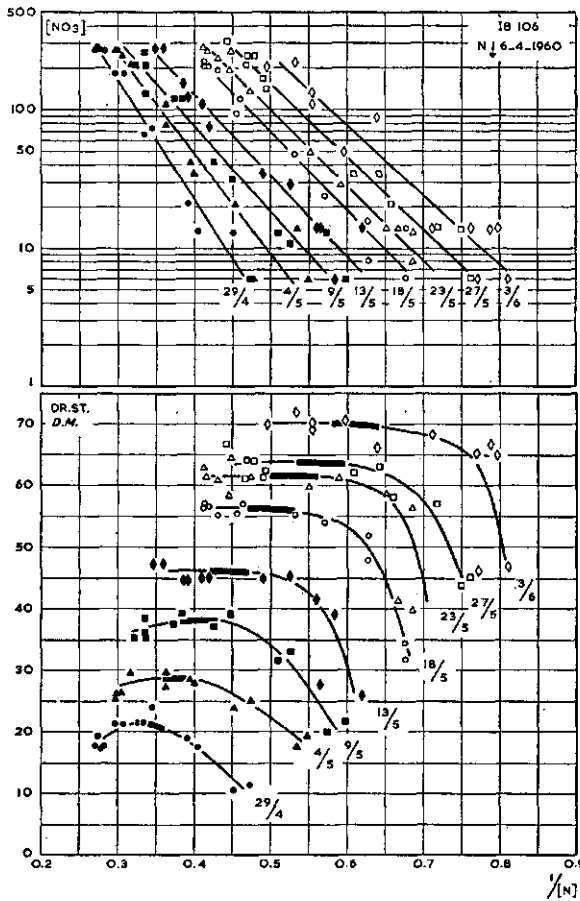


FIG. 19. As figure 17, but nitrogen applied in April 1960. Eight dates of cutting.

komt ongeveer overeen met het traject, waarin ook de opbrengsten toenemen bij dalende $1/[N]$ -waarden. Nemen de opbrengsten niet meer toe bij dalende $1/[N]$ -waarden tengevolge van de stikstofbemesting, dan neemt ook het ruwcelstofgehalte niet meer toe. In dit geval kan het ruwcelstofgehalte zelfs gaan dalen analoog aan het verschijnsel bij zeer jonge sneden. Vooral in 1960 is dit duidelijk te zien.

Figuren 16 en 20 geven principieel dus geen onderling verschillend beeld te zien, aangezien de stikstofbemesting bij de proeven IB 306, 307 en 308 (figuur 16) veel lager lag dan bij proef IB 106 (figuur 20), waardoor geen maximale opbrengsten bereikt konden worden.

FIG. 20. Beloop van het ruwe-celstofgehalte van gras onder invloed van dalende $1/[N]$ -waarden (= stijgende stikstofgift) bij verschillende oogsttijden, in drie verschillende jaren. IB 106.

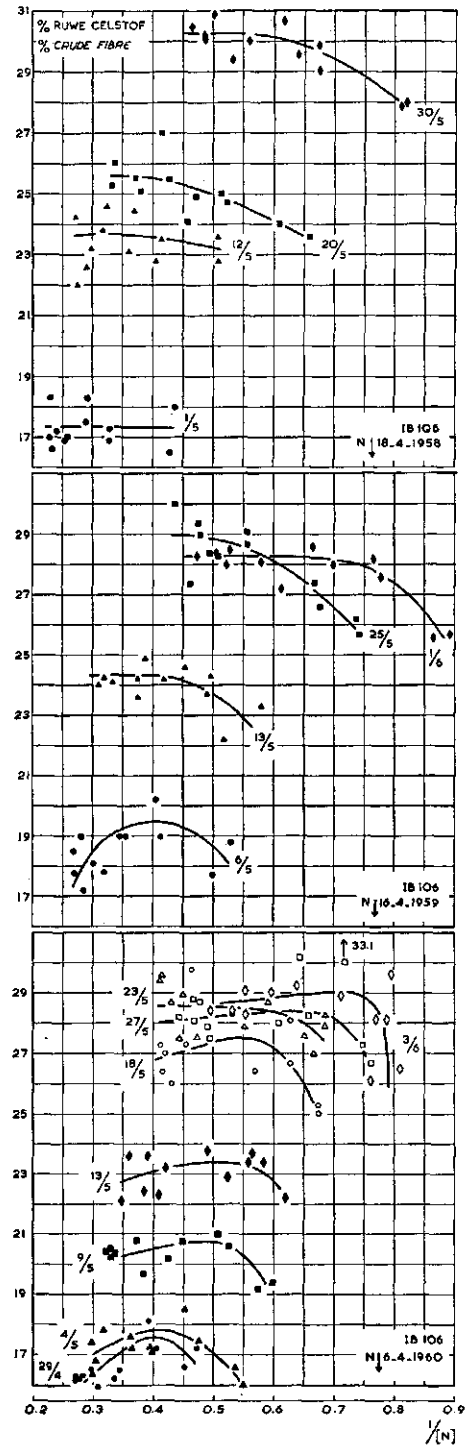


FIG. 20. The effect of decreasing $1/[N]$ values (= increasing rates of nitrogen application) on the crude-fibre content of herbage at different dates of cutting. The three graphs refer to IB 106 in 1958, 1959 and 1960 resp.

4.3 NITRAAT, OPBRENGST EN KWALITEIT

Uit de in dit en het voorgaande hoofdstuk besproken resultaten blijkt, dat het nitraatgehalte een goede maat is voor de mate van stikstofvoorziening van het gras. In het algemeen kan gesteld worden, dat voor het verkrijgen van maximale of bijna maximale opbrengsten het nitraatgehalte tussen de 50 en 100 mmol per kg droge stof behoort te liggen. Het totaal-stikstofgehalte kan hierover geen aanwijzingen geven.

ULRICH (1952) vermeldt, dat bij zijn onderzoek naar de stikstofvoeding van druiven en suikerbieten duidelijk is gebleken, dat het nitraatgehalte een veel juistere indicator is voor de stikstofvoorziening dan het totaal-stikstofgehalte. Voor beide gewassen had dit betrekking op het nitraatgehalte van de stelen van zojuist tot volle ontwikkeling gekomen bladeren. Voor suikerbieten wordt door ULRICH (1952) de grens, waarboven bij zwaardere stikstofbemesting geen noemenswaardige opbrengstvermeerdering meer wordt verkregen, gesteld op 70 mmol NO_3 per kg droge stof. Hij noemt dit de 'critical nutrient concentration' van de stikstofvoorziening.

Voor haver ligt deze kritische concentratie volgens de gegevens van CRAWFORD (zie 3.2.1.1) bij 50-100 mmol NO_3 per kg droge stof, dus in dezelfde orde van grootte

Volgens gegevens van AP GRIFFITH en JOHNSTON (1961) ligt ook bij duizendkoppige kool de kritische nitraatconcentratie bij ongeveer 100 mmol.

Uit eigen, nog niet gepubliceerd onderzoek blijkt, dat ook bij pootaardappelen een nitraataccumulatie-niveau in het loof van 50-100 mmol nodig is voor het verkrijgen van de maximale knolopbrengst, berekend als droge stof.

De plant kan aanzienlijke hoeveelheden nitraat accumuleren zonder hiervan nadeel te ondervinden (BURSTRÖM, 1945). Uit een oogpunt van diervoeding kan de aanwezigheid van grote hoeveelheden nitraat in voedergewassen echter ongewenst zijn. In Amerika is hierover zeer veel onderzoek verricht. Zo vermelden BRADLEY et al. (1940), GILBERT et al. (1946) en MUHNER et al. (1955) gevallen van veesterfte veroorzaakt door voer met een hoog nitraatgehalte.

Op het mechanisme van deze zogenaamde nitraatvergiftiging zal hier niet uitvoerig ingegaan worden. Volstaan kan worden met te vermelden, dat het nitraat in het voer door de pensbacteriën tot nitriet wordt gereduceerd, zoals door LEWIS (1951) en PFANDER et al. (1957) is aangetoond bij schapen en door GARCIA-RIVERA (1960) met gebruikmaking van $^{15}\text{NO}_3$ bij melkkoeien. Dit nitriet wordt in het bloed opgenomen en vormt met hemoglobine methemoglobine, dat niet in staat is zuurstof af te geven, waardoor dus verstikking optreedt.

BRADLEY et al. (1940) hebben na voederproeven de 'lower toxic limit of nitrate' in het voer gesteld op 3,5 gram nitraat-stikstof per 50 kg levend gewicht. Dit komt overeen met ongeveer 0,20 tot 0,25 procent nitraat-stikstof of 140 tot 180 mmol NO_3 per kg in de droge stof van het voer. Deze waarde werd bepaald door verschillende hoeveelheden kaliumnitraat met een slokdarmsonde toe te dienen.

CRAWFORD (1960) heeft hierover eveneens een zeer uitvoerig onderzoek verricht. Hij kwam tot de conclusie, dat de 'lower toxic limit' van BRADLEY et al. (1940), waarbij toch nog 2 van de 4 dieren stierven, te laag was. De kleinste hoeveelheid nitraat-stikstof, waarbij een dier stierf, bedroeg bij CRAWFORD's proeven 7,2 gram per 50 kg levend gewicht. Veiligheidshalve stelt hij echter, dat veesterfte niet zal optreden, wanneer de hoeveelheid opgenomen nitraat-stikstof een waarde van 5,5 tot 6 gram per 50 kg levend gewicht niet te boven gaat.

De oorzaak van deze verschillende resultaten moet naar alle waarschijnlijkheid gezocht worden in het feit, dat BRADLEY et al. (1940) kaliumnitraat met een slokdarmsonde toedienden, terwijl CRAWFORD (1960) het voer bespoot met verschillende hoeveelheden natriumnitraat, om zodoende een hoog nitraatgehalte in het voer na te bootsen. Uit een aantal proeven van CRAWFORD (1960), waarbij nitraat *in* het voer vergeleken werd met dezelfde hoeveelheden nitraat gespoten *op* het voer, bleek, dat beide methoden dezelfde resultaten opleverden. Verder bleek, dat bij toediening van nitraat *per os* resultaten verkregen werden, die identiek waren aan die van BRADLEY et al. (1940). Volgens CRAWFORD worden de verschillen veroorzaakt door het verschil tussen beide technieken in snelheid van nitraatopneming.

Uit de door CRAWFORD (1960) opgegeven limietwaarde kan afgeleid worden, dat de stikstofbemesting, zonder dat gevaar voor nitraatvergiftiging ontstaat, opgevoerd kan worden tot het punt, waarop de maximale of bijna maximale opbrengst bereikt wordt, dat is bij een nitraatgehalte van ongeveer 100 mmol per kg droge stof.

5 DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP DE NITROCHOOOR

In dit hoofdstuk zal achtereenvolgens de invloed van de volgende factoren besproken worden:

- 1) de soort stikstofmeststof,
- 2) de fosfaat- en kalibemesting,
- 3) de watervoorziening,
- 4) de botanische samenstelling,
- 5) de morfologische samenstelling.

5.1 DE SOORT STIKSTOFMESTSTOF

Bij de schematische voorstelling van het verband tussen totaal-stikstof en nitraat in figuur 2 is aangenomen, dat de stikstof in de nitraatvorm is toegediend. Wanneer het gras bemest zou worden met opklimmende hoeveelheden van een ammoniummeststof dan zou dit, indien de ammoniumstikstof niet genitrificeerd werd, leiden tot een verhoging van het totaal-stikstofgehalte in het gewas, en dus tot een verlaging van $1/[N]$, zonder van invloed te zijn op het nitraatgehalte. In dit geval zou de nitrochoor dus op een zeer laag nitraatniveau evenwijdig lopen aan de x-as. Bij de tot nu toe besproken proeven werd de stikstofbemesting steeds in de vorm van kalkammonsalpeter toegediend, behalve bij IB 106 in 1960 (zie 4.1.2). Kalkammonsalpeter bestaat ongeveer voor 60 procent uit ammoniumnitraat en voor 40 procent uit mergel. Deze meststof bevat de stikstof dus voor de helft in de ammonium- en voor de helft in de nitraatvorm. Bij vergelijking van de resultaten van IB 106 in 1958 en 1959 (stikstof toegediend als kalkammonsalpeter) met die in 1960 (stikstof toegediend als kalksalpeter), schijnt deze verandering in de stikstofbemesting het algemene beeld maar weinig beïnvloed te hebben. Het is echter mogelijk, dat de jaarinvloed het feitelijke beeld heeft vertroebeld.

5.1.1 LITERATUUR

Uit het onderzoek van EGGLETON (1935a) en BLACKMAN (1936) in Engeland bleek, dat bij een voorjaarsbemesting van grasland met zwavelzure ammoniak (75 kg N per ha) hogere nitraatgehalten in het gras werden verkregen dan bij het object zonder bemesting, maar lagere gehalten dan bij met kalksalpeter bemest gras. Bij een kalksalpeterbemesting steeg het nitraatgehalte in het gras binnen twee

uren na toediening, terwijl dit bij een bemesting met zwavelzure ammoniak enige dagen duurde. De meststoffen waren in oplossing toegediend, terwijl om contaminatie met nitraat te voorkomen, het gewas na de bemesting schoon gespoeld was met water.

Bij het al eerder (zie 1.5.2) vermelde onderzoek van GILBERT et al. (1946) bleek, dat bij een bemesting van haver met zwavelzure ammoniak even hoge nitraatgehalten werden verkregen als bij een kalksalpeterbemesting. Dit wijst dus op een sterke nitrificatie van het ammonium uit za.

MULDER (1949) bestudeerde op twee proefvelden de invloed van opklimmende hoeveelheden stikstof in de vorm van kalksalpeter, kalkammonsalpeter en zwavelzure ammoniak op het groeiverloop van voorjaarsgras. Tevens werd bij een stikstofgift van 180 kg N per ha in het gras nitraat bepaald. Een kalksalpeterbemesting gaf de hoogste nitraatgehalten, gevolgd door kalkammonsalpeter en zwavelzure ammoniak. De nitraatgehalten bedroegen op de eerste oogstdatum (half mei) voor resp. ks, kas en za 163, 120 en 64 mmol (Pr 640) en 184, 78 en 14 mmol (Pr 641) per kg droge stof. In deze proeven was geen object 0 kg N per ha opgenomen, zodat niet nagegaan kan worden in hoeverre er nitrificatie van het ammonium uit zwavelzure ammoniak heeft plaats gevonden. Op Pr 641 zal, blijkens het lage nitraatgehalte bij een za-bemesting, van nitrificatie echter nauwelijks sprake zijn geweest.

BALKS en PLATE (1955) bestudeerden in een potproef (zandgrond, pH-KCl 6,0) de invloed van opklimmende stikstofgiften in de vorm van natriumnitraat, ammoniumnitraat en zwavelzure ammoniak op het nitraatgehalte van Engels raaigras en beemddlangbloem. Gemiddeld over de twee grassen steeg het nitraatgehalte bij de hoogste gift natriumnitraat, ammoniumnitraat en zwavelzure ammoniak met resp. 900, 800 en 200 mmol per kg droge stof. Hier is dus duidelijk sprake geweest van nitrificatie.

GOUNY en medewerkers (1959) stelden een onderzoek in naar de werking van kalksalpeter en zwavelzure ammoniak bij een 1-jaar oude kropaarweide (kleigrond, pH 7,1). Bij een bemesting van 150 kg N per ha werden slechts zeer kleine verschillen in nitraatgehalte tussen met ks en za bemest gras gevonden. De gehalten bedroegen nl. bij ks- en za-bemesting resp. 64 en 50 mmol per kg droge stof. Bij de hoge pH van het proefperceel zal zeker een groot deel van het ammonium uit zwavelzure ammoniak genitrificeerd zijn.

AP GRIFFITH en JOHNSTON (1960) onderzochten de invloed van opklimmende hoeveelheden 'Nitro-chalk' (kas met 15,5 procent N) en zwavelzure ammoniak op het nitraatgehalte van koolraap en vonden een gering verschil in nitraatgehalte. Bij toediening van de meststoffen op 12 september en bemonstering van het gewas op 7 oktober bedroegen de nitraatgehalten bij 35 en 70 kg N per ha bij 'Nitro-chalk' resp. 85 en 297 mmol en bij zwavelzure ammoniak resp. 64 en 262 mmol per kg droge stof. Bij deze proef is het ammonium uit za dus snel genitrificeerd. Bij bemonstering op 12 november bedroegen deze cijfers voor 'Nitro-chalk' resp. 21 en 50 en voor zwavelzure ammoniak resp. 28 en 57 mmol per kg droge stof.

5.1.2 PROEFNEMINGEN

In 1960 werden drie proeven (IB 549, 550 en 556) aangelegd om de invloed van de soort stikstofmeststof op het verband tussen totaal-stikstof, nitraat en opbrengst te bestuderen. De objecten waren 6 N-trappen (0 - 40 - 80 - 160 - 240 - 320 kg N per ha), met 3 stikstofmeststoffen (kalksalpeter - ks, kalkammonsalpeter - kas en zwavelzure ammoniak - za), bij 4 oogsttijden. Bij de proeven IB 549 en 556 werd de stikstofbemesting in het voorjaar gegeven. Behalve dat op 8 april de volledige serie stikstofhoeveelheden werd toegediend, werd ook nog op een vroegere datum nl. in februari stikstof gegeven. Bij deze vroege toediening werd echter niet hoger gegaan dan 160 kg N per ha.

De opzet van proef IB 550 was min of meer identiek aan die van de proeven uit 1957, om zodoende het effect van de verschillende stikstofmeststoffen niet alleen in het voorjaar maar ook in de zomer te kunnen bestuderen. Door hogere temperaturen zou de nitrificatie van het ammonium in de zomer nl. sneller kunnen verlopen dan in het voorjaar.

Aangezien bij een verschil tussen kas en ks, behalve de stikstofvorm ook nog het CaCO_3 -gehalte van kas een rol kan spelen, werd in 1961 een proef hierover gedaan. Deze proef (IB 645, zandgrond) omvatte 4 stikstoftrappen (0 - 80 - 160 - 320 kg N per ha), met 4 stikstofmeststoffen (kalksalpeter, zwavelzure ammoniak, kalkammonsalpeter en ammonsalpeter) bij 1 oogsttijd.

5.1.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

5.1.3.1 Nitrochoor en opbrengst

In de figuren 21 en 22 zijn de resultaten van de aprilbemesting van de proeven IB 549 en 556 weergegeven. Evenals bij de al eerder besproken proeven hebben de gegevens betrekking op het totale geoogste produkt, dat is dus grassen plus klavers plus kruiden. Later zal nog teruggekomen worden op de invloed van de botanische samenstelling. In de bovenste drie grafieken van elke figuur is het verband tussen log nitraat en de reciproke stikstofwaarde (de nitrochoor) uitgezet voor de afzonderlijke meststoffen. Om de verschillende nitrochoren gemakkelijker te kunnen vergelijken, zijn in de onderste grafiek van beide figuren de nitrochoren van de drie meststoffen gezamenlijk ondergebracht.

Uit deze figuren blijkt duidelijk, dat de nitrochoren van alle drie meststoffen naar hogere $1/[N]$ -waarden verschuiven bij toenemende ouderdom en opbrengst. Volgens de nitrochoren stijgt het totaal-stikstofgehalte (en daalt dus $1/[N]$) in alle gevallen tengevolge van een stikstofbemesting. Het blijkt echter ook, dat met ks en kas een veel hoger niveau van nitraataccumulatie bereikt wordt dan met za, terwijl het verschil in de bereikte $1/[N]$ -waarden niet bijzonder groot is. Vooral bij proef IB 549 komt dit duidelijk tot uiting. De za-nitrochoor van de eerste oogst (19 april) bereikt wel lagere $1/[N]$ -waarden, maar geen hoger niveau

FIG. 21. Invloed van de soort stikstofmeststof op de nitrochoor van gras. Proef op zandgrond (IB 549), stikstof toegediend in april, vier oogsttijden. De onderste grafiek geeft het totale beeld van de lijnen uit de drie bovenste grafieken.

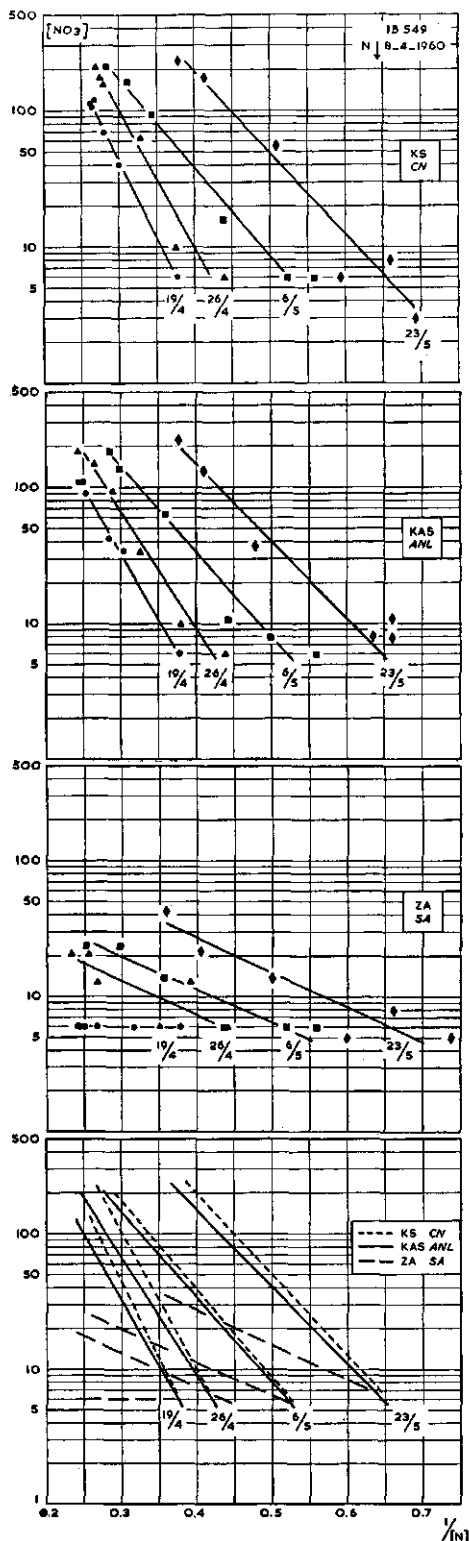


FIG. 21. The effect of different nitrogen fertilizers on the nitrochore of herbage. Experiment on sandy soil (IB 549), nitrogen applied in April, four dates of cutting. In the lower graph all nitrochores have been represented without the separate plots.

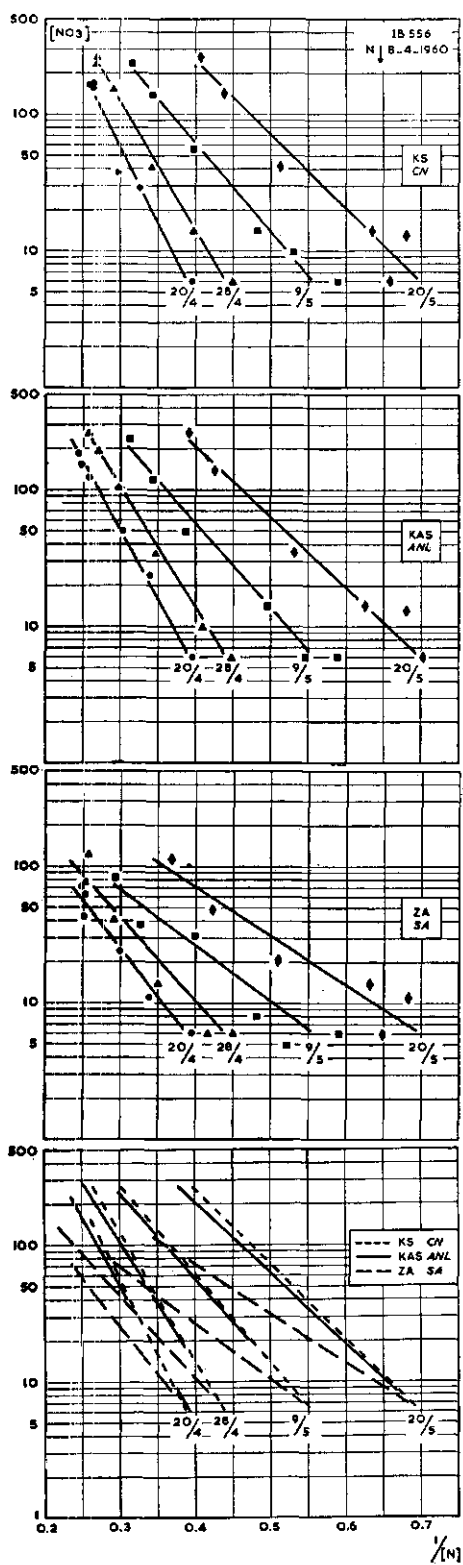


FIG. 22. Als figuur 21, maar proef op klei-grond (IB 556).

FIG. 22. As figure 21, but experiment carried out on clay soil (IB 556).

van nitraataccumulatie dan bij het onbemeste object. De nitrochoor loopt dus op een zeer laag nitraatniveau evenwijdig aan de x-as. Blijkbaar heeft hier nog geen of maar zeer weinig nitrificatie van het ammonium plaats gevonden. Bij het ouder worden verschuiven in dit geval de nitrochoren niet alleen naar hogere $1/[N]$ -waarden, maar zij richten zich ook op. Ze bereiken dan dus, tengevolge van nitrificatie, een zeker niveau van nitraataccumulatie, al is dit niveau niet bijzonder hoog, nl. 40 tot 50 mmol per kg droge stof. Bij IB 556 (figuur 22) bereikt de za-nitrochoor op de eerste oogstdatum (20 april) al een nitraatniveau van ongeveer 70 mmol per kg droge stof. Ook bij de oudere oogsten wordt met een za-bemesting een veel hoger niveau van nitraataccumulatie bereikt dan bij IB 549.

De voorwaarden voor een snellere en betere nitrificatie van het ammonium

Het verschil in nitrificerend vermogen tussen deze beide gronden komt eveneens tot uiting in een laboratoriumproef.

Onbemeste en met ks, kas of za bemeste monsters van de bovengenoemde zand- en kleigrond werden in 450-cc flesjes geïncubeerd bij een temperatuur van 28°C. Om de incubatieflesjes even hoog te vullen was 175 g zandgrond en 150 g kleigrond nodig. De gronden waren ongeveer op 60 tot 65 procent van hun watercapaciteit gebracht. Verder omvatte de proef verschillende incubatieperioden nl. 2, 9, 16, 28, 37 en 57 dagen. Door een vergissing werd aan beide gronden niet dezelfde hoeveelheid stikstof toegediend. Deze hoeveelheid bedroeg op de zandgrond en op de kleigrond resp. 505 en 626 mg N per kg droge grond.

De resultaten van deze proef zijn samengevat in tabel 2. De gegevens hebben betrekking op het verschil in gehalte aan nitraat-stikstof (mg $\text{NO}_3\text{-N}$ per kg droge grond) tussen de bemeste en onbemeste objecten. Duidelijk blijkt, dat bij de zandgrond zeer weinig nitrificatie van het ammonium uit za plaats vindt, terwijl dit bij de kleigrond in sterke mate het geval is.

TABEL 2. Invloed van de grondsoort op de nitrificatiesnelheid. Laboratoriumproef. De cijfers geven het verschil aan in nitraatgehalte (mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /kg droge grond) tussen objecten met en zonder stikstoftoediening.

Incubatieperiode dagen <i>Incubation period days</i>	Grondsoort/ <i>Soil type</i>					
	Zandgrond (IB 549) <i>Sandy soil</i>			Kleigrond (IB 556) <i>Clay soil</i>		
	Stikstofmeststof/ <i>Nitrogen carrier</i>					
	ks/cn	kas/anl	za/sa	ks/cn	kas/anl	za/sa
2	481	223	—11	582	316	5
9	381	312	— 9	611	373	139
16	472	265	—15	578	441	155
28	467	271	63	600	515	273
37	483	315	58	600	509	428
57	467	395	46	583	585	509

TABLE 2. Effect of soil type on rate of nitrification. Laboratory experiment. Figures represent differences in nitrate content (mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /kg dry soil) between treatments with and without added nitrogen.

zijn op de zeeklei (IB 556) blijkbaar aanzienlijk gunstiger geweest dan op de zandgrond (IB 549).

Deze proef bevestigt dus het in de figuren 21 en 22 gedemonstreerde verschil in nitrificerend vermogen tussen de zandgrond (IB 549) en de kleigrond (IB 556).

De ks- en kas-nitrochoren (figuur 21 en 22) blijken op beide proefvelden betrekkelijk weinig van elkaar te verschillen, al is ook op de kleigrond dit verschil — waarschijnlijk tengevolge van de gunstige nitrificatieomstandigheden — nog geringer dan op de zandgrond. Het verschil tussen de ks- en kas-nitrochoren is op beide proefvelden kleiner dan men op grond van de samenstelling van kas zou verwachten. Immers wordt bij een kas-bemesting de helft van de stikstof in de ammoniumvorm gegeven. Uit de figuren 21 en 22 blijkt, dat de kas-nitrochoor niet halverwege tussen de za- en ks-nitrochoor inligt. In figuur 23 zijn deze

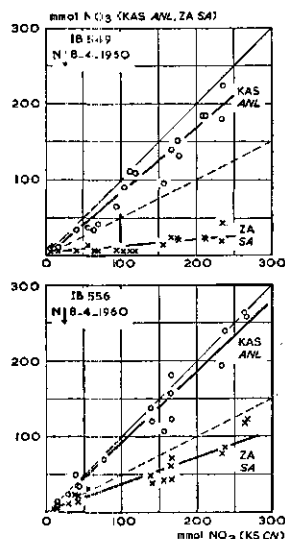


FIG. 23. Invloed van de soort stikstofmeststof op het nitraatgehalte van gras (gehalten bij kas en za uitgezet tegen die bij ks) bij een proefveld op zandgrond (IB 549) en één op kleigrond (IB 556). Een diagonale (45°) lijn zou wijzen op geen verschil (ks). De onderbroken lijn is de theoretische lijn voor kas, indien geen nitrificatie zou optreden.

FIG. 23. The effect of different nitrogen fertilizers on the nitrate content of herbage. One experiment on sandy soil (IB 549) and one on clay soil (IB 556). The nitrate contents obtained by anl and sa have been plotted against those obtained by cn. The dashed line represents the theoretical line for anl, if no nitrification would take place.

gegevens op een andere wijze verwerkt. In deze figuur zijn de nitraatgehalten bij kas resp. za uitgezet tegen de nitraatgehalten bij ks. Het 'verband' tussen ks en ks is dus de 45° lijn, terwijl de streeplijn het theoretisch 'verband' aangeeft tussen ks en een meststof, die de stikstof voor de helft in de ammoniumvorm en voor de helft in de nitraatvorm bevat, aangenomen, dat het ammoniumdeel niet tot nitraat geoxydeerd wordt en dat beide componenten in gelijke mate worden opgenomen.

Uit figuur 23 blijkt, dat op IB 549 het ammonium uit za minder goed genitrificeerd wordt dan op IB 556, en ook, dat het verschil tussen ks en kas veel kleiner is dan men zou verwachten op grond van de samenstelling van kas. Indien het ammonium uit kas even goed genitrificeerd zou worden als dat uit za, dan zou de richtingscoëfficiënt van de kas-lijn gelijk moeten zijn aan $(1 + m)/2$, waarin m is de richtingscoëfficiënt van de za-lijn. De figuur laat duidelijk zien, dat de richtingscoëfficiënt van de kas-lijn op beide proefvelden groter is.

Dit betekent dus, dat het ammonium uit kas beter genitrificeerd kan worden dan dat uit za. Het verschil tussen kas en za is het grootst op de grond, waar de omstandigheden het minst gunstig zijn voor nitrificatie. Dit is in overeenstemming met de resultaten van MUNK (1958), die vermeldt, dat onder voor nitrificatie ongunstige omstandigheden kas-NH₄ aanmerkelijk beter genitrificeerd wordt dan za-NH₄. Zijn de omstandigheden voor nitrificatie echter gunstig, dan valt niet veel meer te bespeuren van een betere nitrificatie van kas-NH₄. Een en ander blijkt ook uit de in tabel 2 vermelde resultaten. Aanvankelijk verloopt op de zandgrond de nitrificatie van het ammonium uit kas en uit za zeer traag. Bij een incubatieperiode van 37 en 57 dagen wordt het ammonium uit kas echter veel beter genitrificeerd dan dat uit za. Op de kleigrond treedt deze 'nitrificatievertraging' niet op. Ook zijn de verschillen tussen kas en za daar veel kleiner dan op de zandgrond.

In tabel 3 zijn de resultaten van IB 645 samengevat. Deze proef, aangelegd op hetzelfde perceel als IB 549, had ten doel na te gaan of de mergel in kas de oorzaak kan zijn van de snelle nitrificatie. Uit tabel 3 blijkt, dat het verschil tussen za en kas evenals bij de andere proeven groter is dan verwacht wordt op grond van de verhouding tussen ammonium en nitraat in kas. Verder blijkt, dat er tussen kas en as maar een zeer klein verschil in nitraatgehalte van het gras bestaat. Dit wijst er dus op, dat het ammonium uit as bijna evengoed genitrificeerd wordt als dat uit kas. De in de kas aanwezige CaCO₃ heeft dus blijkbaar maar een geringe invloed op de nitrificatie gehad. Mogelijk moet de oorzaak hiervan in een andere richting gezocht worden. Ammoniumnitraat (kas, as) werkt nl. minder verzurend dan ammoniumsulfaat (za). Aangezien het nitrificatieproces pH-gevoelig is, zal de grotere pH daling bij de za-bemesting tot gevolg hebben, dat het ammonium uit za minder goed genitrificeerd wordt dan dat uit kas of as.

TABEL 3. Invloed van de soort stikstofmeststof op het nitraatgehalte van gras (mmol NO₃ per kg droge stof), 35 dagen na de stikstoftoediening op 11 april. IB 645, 1961, zandgrond.

kg N/ha kg N/ha	ks cn	kas anl	as an	za sa
0	11	11	11	11
80	53	30	26	22
160	110	96	88	38
240	360	318	301	118

TABLE 3. Effect of different nitrogen carriers on the nitrate content (mmol NO₃ per kg dry matter) of herbage, 35 days after the nitrogen application on 11 April. IB 645, 1961, sandy soil.

In figuur 24 zijn van de proeven IB 549 en 556 de opbrengsten uitgezet tegen de 1/[N]-waarden. Zoals ook al eerder is vastgesteld, stijgt de opbrengst wanneer 1/[N] afneemt tengevolge van een stikstofbemesting. Dit geldt voor alle drie stikstofmeststoffen. Het 1/[N]-traject bij een accumulatie-niveau van 50-100 mmol NO₃ per kg droge stof is in deze figuur weergegeven door kort gestreepte en getrokken lijnstukjes *boven* de opbrengstcurve voor resp. ks en kas, en door lang

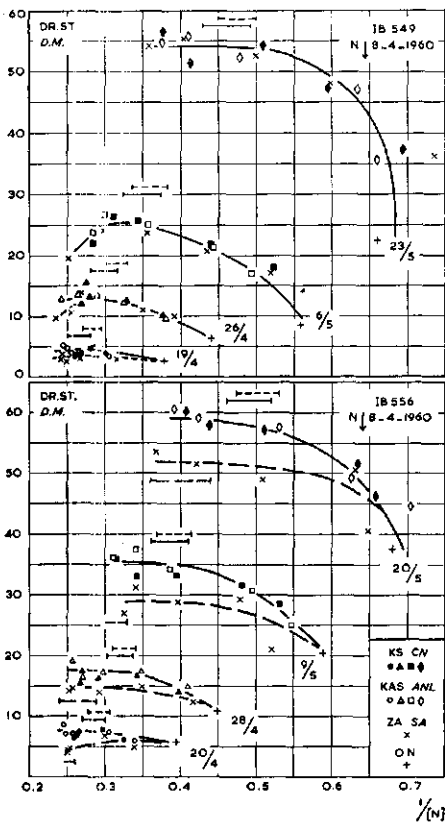


FIG. 24. Invloed van de soort stikstofmeststof op de grasopbrengst. De $1/[N]$ -trajecten bij een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol zijn door aparte lijnstukjes boven (--- ks, — kas) en onder (— za) de curven aangegeven. IB 549 en 556, stikstof toegediend in april, vier oogst-tijden.

FIG. 24. The effect of different nitrogen fertilizers on herbage yield. The $1/[N]$ ranges at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol have been indicated by separate lines above (--- cn, — anl) and below (— sa) the yield curves. IB 549 and 556, nitrogen applied in April, four dates of cutting.

gestreepte lijnstukjes onder de opbrengstcurve voor za. Duidelijk komt naar voren, dat deze waarde bij ks en ook bij kas de kritische waarde is, terwijl dit bij za niet of in mindere mate het geval is.

Bij beschouwing van de za-opbrengstcurven bij IB 549 blijkt nl., dat bij alle oogstdata een maximale opbrengst verkregen wordt, ondanks het feit, dat geen nitraataccumulatie-niveau van 50 mmol per kg droge stof wordt bereikt. In het geval van de nitrochoor van de laatste oogsttijd bijvoorbeeld, zou dit nitraat-accumulatie-niveau pas bij een $1/[N]$ -waarde van ongeveer 0,3 bereikt worden, dus bij een stikstofbemesting hoger dan 320 kg N per ha. De met de drie meststoffen verkregen opbrengsten liggen even hoog, behalve bij de eerste oogst-tijd, wanneer de za-curve tengevolge van verbranding beneden de ks- en kas-curven ligt.

Bij IB 556 ligt de za-curve steeds lager dan die van ks en kas. Hier is zeer ernstige schade aangericht door verbranding. Dit gold vooral de fractie paardebloem. Zoals reeds uit figuur 22 gebleken is, wordt bij IB 556 met een za-bemesting wel een nitraataccumulatie-niveau van 50 mmol per kg droge stof bereikt. Dit niveau ligt met za echter bij lagere $1/[N]$ -waarden dan met ks en

kas. Met za wordt dus ook hier bij lagere nitraatgehalten dan met ks en kas een maximale opbrengst bereikt.

5.1.3.2 Bewerking van literatuurgegevens

WILLIAMS en LLOYD voerden in 1950 en 1951 een onderzoek uit naar de invloed van opklimmende stikstofgiften (0 - 50 - 100 - 150 - 200 - 300 kg N per ha) in de vorm van zwavelzure ammoniak op de opbrengst van verschillende in 1949 ingezaaide grasmengsels. Door AP GRIFFITH (1959, 1960, 1960a) werd ditzelfde materiaal verder onderzocht. In figuur 25 zijn de resultaten weergegeven, die

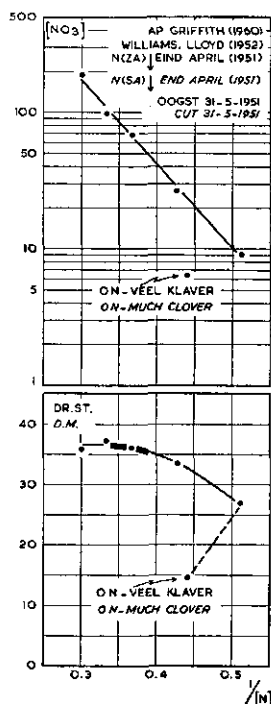


FIG. 25. Nitrochoor en opbrengst bij een bemesting met zwavelzure ammoniak. Bewerking van literatuurgegevens. Gras.

FIG. 25. The effect of sulphate of ammonia on nitrochore and yield. Compiled from the literature. Herbage.

in 1951 verkregen werden bij het General-Purpose mengsel (27 kg graszaad, 7 kg klaverzaad per ha). Uit de bovenste grafiek van figuur 25 blijkt, dat met de za-bemesting een hoog niveau van nitraataccumulatie werd bereikt, wanneer tengevolge van deze bemesting lagere $1/[N]$ -waarden werden verkregen. Er heeft dus duidelijk nitrificatie plaatsgevonden. De omstandigheden hiervoor zijn kennelijk gunstig geweest. WILLIAMS en LLOYD (1952) geven geen resultaten van grondonderzoek. Wel wordt vermeld, dat het land vóór de inzaai bemest werd met ongeveer 4000 kg kalkmergel per ha, zodat de pH zeker niet zeer laag zal zijn geweest.

Verder blijkt uit de figuur, dat het object zonder stikstofbemesting afwijkt van de nitrochoor. De verklaring hiervoor moet gezocht worden in een zeer sterke klaverontwikkeling op het 0 N-object (WILLIAMS en LLOYD, 1952), waar-

door dus het totaal-stikstofgehalte in het oogstprodukt verhoogd is (en $1/[N]$ dus verlaagd), terwijl het nitraatgehalte hierdoor nauwelijks beïnvloed zal zijn. In de opbrengstgrafiek is op de gebruikelijke wijze het $1/[N]$ -traject bij een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol per kg droge stof aangegeven. Ook bij deze proef blijkt dus een verdere verlaging van $1/[N]$ door zwaardere za-bemestingen niet meer te resulteren in een opbrengstvermeerdering. Bij de lage nitraatgehalten wordt de grootste opbrengststijging verkregen. In dit geval doet de ligging van het 0-stikstofobject er betrekkelijk weinig toe, omdat ook zonder klaver waarschijnlijk geen nitraataccumulatie zou hebben plaatsgevonden. De $1/[N]$ -waarde zou dan alleen hoger geweest zijn.

Bewerking van het cijfermateriaal van deze proef geeft dus eenzelfde resultaat als ons eigen onderzoek. De nitrificatieomstandigheden zijn echter gunstiger geweest (bekalking) dan bij onze proeven, waardoor het kritische nitraatniveau hier ook geldt voor za. Bij onze proeven IB 549 en 556 was dit immers niet het geval.

5.1.3.3 Invloed van temperatuur

Zoals reeds vermeld, werd bij de proeven IB 549 en 556 behalve in april ook in februari een stikstofbemesting toegediend. Ongeveer een maand na de bemesting in februari werden alleen grasmonsters genomen voor analyse, aangezien nog geen meetbare groei had plaatsgevonden. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

TABEL 4. Invloed van grondsoort, soort stikstofmeststof en stikstofgift op het gehalte aan totaal-stikstof en nitraat-stikstof in gras bij vroege stikstoftoediening.

N-meststof <i>N-carrier</i>	kg N/ha	IB 549, 1960 Zandgrond <i>Sandy soil</i>		IB 556, 1960 Kleigrond <i>Clay soil</i>	
		N ↓ 20/2*, S ↑ 18/3*		N ↓ 24/2, S ↑ 19/3	
		[N]**	[NO ₃]**	[N]	[NO ₃]
geen/ <i>none</i>	0	3241	5	3184	8
ks/ <i>cn</i>	40	3598	29	3612	15
	80	3798	32	3769	54
	160	3926	37	3834	67
kas/ <i>ant</i>	40	3784	16	3691	22
	80	3869	32	3755	42
	160	4112	32	3955	61
za/ <i>sa</i>	40	3677	8	3341	18
	80	3969	13	4005	48
	160	4312	16	4183	56

* N ↓ toedieningstijd van de stikstof / date of nitrogen application

S ↑ oogsttijd / cutting date

** [N] mg at/kg droge stof / mg at/kg dry matter

[NO₃] mmol/kg droge stof / mmol/kg dry matter

TABEL 4. Effect of soil type, nitrogen carrier and amount of nitrogen applied on the content of total nitrogen and nitrate nitrogen in the herbage with early application of nitrogen.

Behalve dat het verschil in nitrificatievermogen tussen beide gronden naar voren komt, blijkt, dat ook vroeg in het voorjaar een groot deel van het ammonium uit za genitrificeerd wordt. Aangezien bekend is, dat de nitrificatie een proces is, dat bij lage temperaturen traag verloopt, is dit resultaat verrassend.

De in de Rottegatpolder, op nog geen kilometer afstand van proef IB 556, gemeten grondtemperaturen op 1, 5 en 10 cm diepte zijn weergegeven in figuur 26. De bovenste grafiek heeft betrekking op de ochtendtemperatuur (8.15 v.m.), de onderste grafiek op de middagtemperatuur (4.15 n.m.). In laatstgenoemde

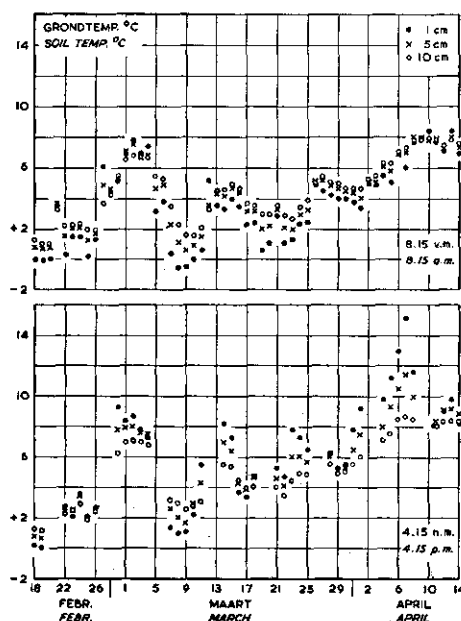


FIG. 26. Grondtemperaturen, 's ochtends en 's middags gemeten op drie verschillende diepten in de onmiddellijke nabijheid van het proefveld IB 556 (voorjaar 1960).

FIG. 26. Morning and afternoon soil temperatures recorded at three different depths in the near vicinity of experiment IB 556 (spring 1960).

grafiek ontbreken de zaterdag- en zondagmiddagtemperaturen. Gedurende de periode 20 februari tot 18 maart bedroeg de gemiddelde ochtendtemperatuur op een diepte van 1, 5 en 10 cm resp. 2,9, 3,5 en 3,9°C en de gemiddelde middagtemperatuur 4,6, 4,4 en 4,0°C.

Uit de literatuur blijkt, dat bij deze temperaturen inderdaad nitrificatie kan optreden. Zo vermelden CROWTHER en RICHARDSON (1932), dat toediening van zwavelzure ammoniak in december en februari het nitraatgehalte in de grond deed stijgen, al was deze stijging zeer klein. Ook EGGLETON (1935) kwam tot de conclusie, dat nitrificatie plaats kon hebben bij grondtemperaturen, die beslist te laag waren voor de grasgroei (2 tot 6°C). BLACKMAN (1936) vond bij veldproeven op grasland, dat nitrificatie van za-NH₄ optrad in die jaren, waarin de grondtemperatuur in het voorjaar boven de 4 à 5°C steeg. Uit laboratoriumproeven bij constante temperatuur is gebleken, dat tussen 0 en 5°C nitrificatie van ammonium kan plaats vinden, zij het dan, dat dit proces langzaam verloopt (GERRETSEN, 1942; ANDERSON en PURVIS, 1955; FREDERICK, 1956; STOJANOVIC en

BROADBENT, 1957; McINTOSH en FREDERICK, 1958; SABEY et al., 1959; TYLER et al. 1959; ANDERSON, 1960).

Uit een onderzoek van SABEY et al. (1956) bleek, dat de nitrificatie van za-NH_4 , vooral bij lage temperaturen (beneden 8°C gemiddeld), buiten sneller verliep dan in het laboratorium. Bij deze proef kwam de nitrificatie buiten pas volledig tot stilstand bij een temperatuur van 0°C .

FREDERICK (1956) bestudeerde in het laboratorium de invloed van temperatuurschommelingen op de nitrificatie. Deze proef was zodanig opgezet, dat de gemiddelde temperatuur (uitgedrukt in graaduren) voor de verschillende objecten zo gelijk mogelijk was. Uit deze proef bleek, dat de mate van nitrificatie bepaald werd zowel door de hoogste temperatuur als door de tijd gedurende welke de hoogste temperatuur gehandhaafd bleef. Bij lage gemiddelde temperaturen (2 en 7°C) bleek de nitrificatie sterk bevorderd te worden door de temperatuurschommeling, terwijl bij gemiddelde temperaturen boven de 15°C de nitrificatie bij constante temperatuur even hoog of hoger was dan die bij wisselende temperatuur. Dit geeft een goede verklaring voor de resultaten van SABEY et al. (1956).

Uit figuur 26 blijkt nu, dat in de periode van 20 februari tot 18 maart grote schommelingen in de temperatuur zijn opgetreden, waarbij eind februari/begin maart maximum temperaturen van 8 à 9°C zijn gemeten op een diepte van 5 cm en van ongeveer 7°C op een diepte van 10 cm. De gemiddelde temperatuur over de periode 20 februari tot 18 maart lag echter betrekkelijk laag, nl 3 à 4°C . Deze waarnemingen gecombineerd met de literatuurgegevens maken het aannemelijk, dat bij IB 549 en 556 nitrificatie van de vroeg in het voorjaar toegediende za-NH_4 is opgetreden.

De resultaten van proef IB 550 betreffende het verband tussen nitraat en stikstof na de april- en junibemesting zijn weergegeven in de figuren 27 en 28. In tegenstelling tot alle hiervoor besproken resultaten, hebben deze gegevens geen betrekking op het totale oogstprodukt, maar alleen op de grassen.

In 5.4 zal hier nog nader op worden teruggekomen. In de bovenste drie grafieken van elke figuur zijn resp. de ks-, kas- en za-nitrochoren van alle oogsttijden weergegeven. In de onderste grafiek van elke figuur zijn de ks-, kas- en za-nitrochoren van een aantal oogstdata gezamenlijk opgenomen. Proef IB 550 was op dezelfde grondsoort aangelegd als IB 556, zodat de resultaten van beide proeven overeenstemmen.

Uit de figuren blijkt, dat het verschil tussen de ks- en kas-nitrochoren zowel na de april- als na de junibemesting zeer klein is. Ook de za-nitrochoren bereiken, evenals dit het geval was op IB 556, betrekkelijk hoge nitraatwaarden. Verder valt uit deze figuren af te lezen, dat de nitrochoren na de junibemesting een geringer traject van $1/[\text{N}]$ -waarden doorlopen dan na de aprilbemesting. Zoals al gesteld is in 3.2.1, hangt dit samen met het bereikte opbrengstniveau. Na de junibemesting ligt dit lager dan na de aprilbemesting.

Vanwege de temperatuurgevoeligheid zou verwacht kunnen worden, dat de nitrificatie gedurende de zomermaanden tengevolge van hogere temperaturen

FIG. 27. Invloed van de soort stikstofmeststof op de nitrochoor van grassen. IB 550, stikstof toegediend in april, zes oogsttijden. In de onderste grafiek zijn voor drie oogstdata de nitrochoren voor de verschillende meststoffen gezamenlijk weergegeven.

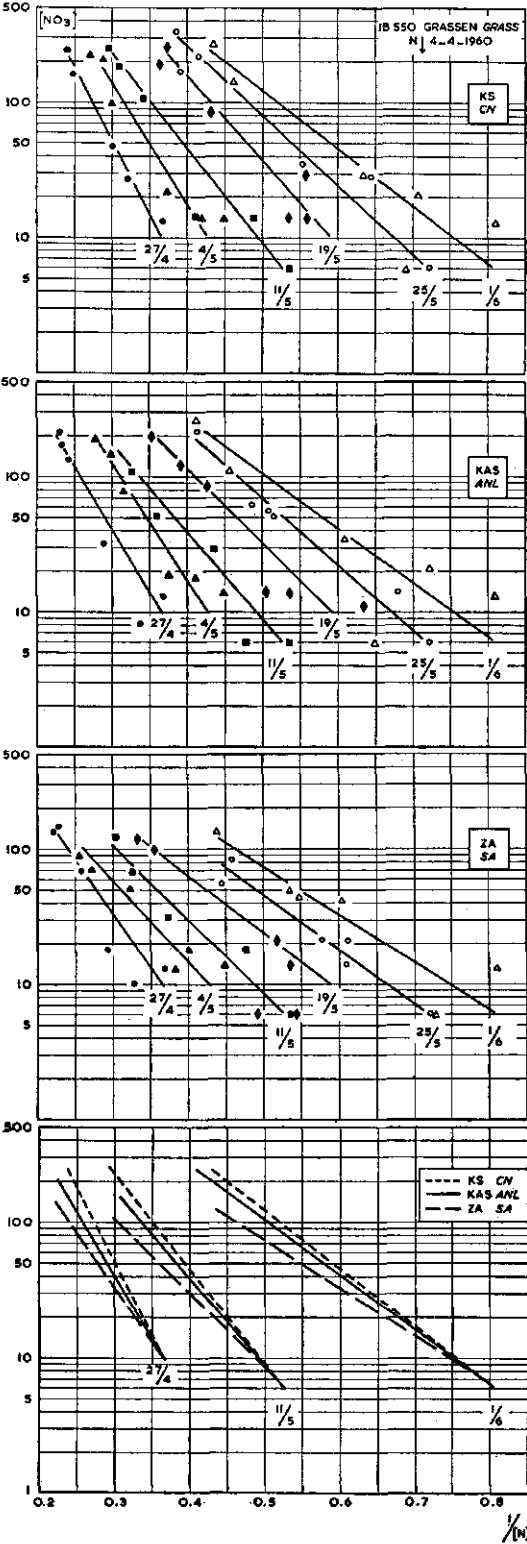


FIG. 27. The effect of different nitrogen fertilizers on the nitrochore of grass. IB 550, nitrogen applied in April, six dates of cutting. The lower graph represents the nitrochores of the different nitrogen carriers for only three dates of cutting.

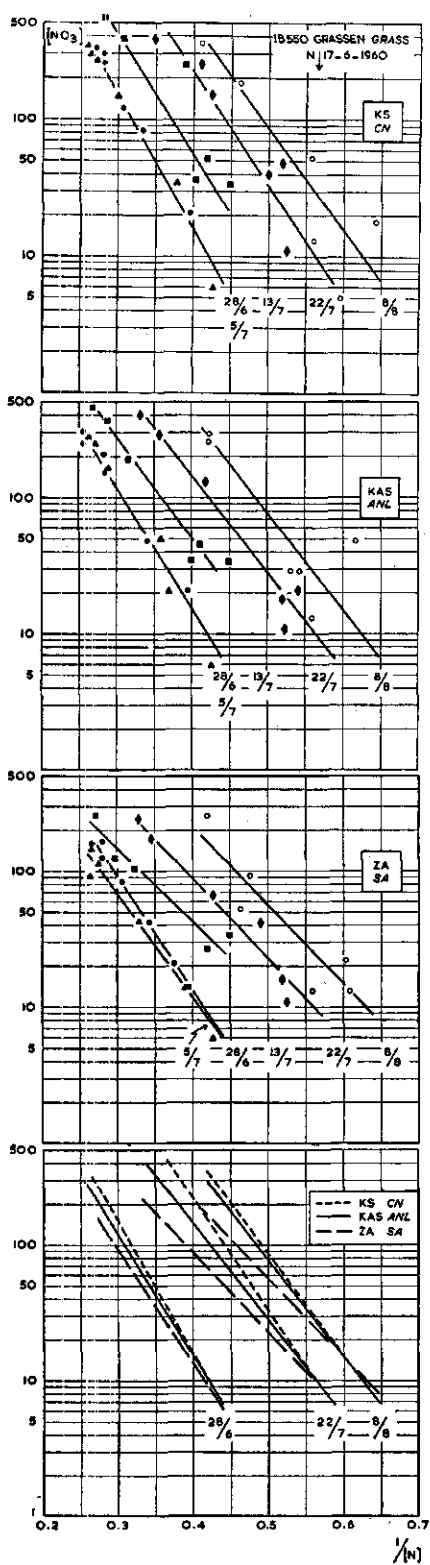


FIG. 28. Als figuur 27, maar stikstof toegediend in juni. Vijf oogsttijden.

FIG. 28. As figure 27, but nitrogen applied in June. Five dates of cutting.

gunstiger zou verlopen dan in het voorjaar. Proef IB 550 biedt de mogelijkheid na te gaan of de nitrificatie van het ammonium uit za gedurende de maanden juni en juli inderdaad intensiever geweest is dan gedurende de maanden april en mei.

In figuur 29 zijn voor de april- en junibemesting de met za verkregen nitraatgehalten uitgezet tegen de met ks verkregen gehalten. De gegevens voor de aprilbemesting hebben zowel betrekking op de grassen als op het totale oogst-

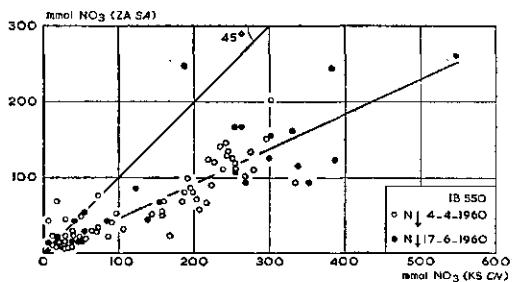


FIG. 29. Het verband tussen de nitraatgehalten met za en die met ks. Stikstof-toediening in april en juni. IB 550, gras en grassen.

FIG. 29. The relation between the nitrate contents by sa and those by cn. Nitrogen applied in April and June. IB 550, grass and herbage.

produkt. Aangezien de gegevens van de grassencomponent en het totale oogstprodukt onderling nauwelijks verschillen, zijn de gegevens niet gedifferentieerd weergegeven. Uit figuur 29 blijkt, dat de helling van de lijn, die het verband weergeeft tussen de nitraatgehalten verkregen met za en de nitraatgehalten verkregen met ks, bij de aprilbemesting niet wezenlijk verschilt van die bij de junibemesting. Indien de nitrificatie van het ammonium in de zomer gunstiger zou zijn verlopen dan in het voorjaar, dan zou de richtingscoëfficiënt van de junilijn groter moeten zijn dan die van de aprillijn. Dit is echter niet het geval. Toch waren de grondtemperaturen op een diepte van 1 en 5 cm in juni aanmerkelijk hoger dan in april.

5.1.3.4 Invloed van regenval

Het is mogelijk, dat de nitrificatie in de zomer van 1960 tengevolge van de overvloedige neerslag nadelig beïnvloed is.

Verder blijkt (tabel 5), dat de stikstofopneming na de junibemesting sneller op gang is gekomen dan na de aprilbemesting. Zodoende zal na de junibemesting relatief meer ammonium zijn opgenomen, aangezien na de aprilbemesting het ammonium uit za immers eerder kans gehad heeft om genitrificeerd te worden. Hierdoor is het dus ook mogelijk, dat bij proef IB 550 geen verschillen geconstateerd konden worden tussen voorjaar- en zomerbemesting.

Gedurende de zomerperiode werd behalve door gewasonderzoek, ook door grondonderzoek de nitrificatie van het ammonium uit za bestudeerd. Na nitrificatie kan het gevormde nitraat direct door de plant worden opgenomen. Zo is het mogelijk, dat in de grond weinig of zelfs helemaal geen nitraat kan worden aangetoond, hoewel toch nitrificatie heeft plaats gevonden. Om toch

TABEL 5. Stikstofopneming door grassen uit een bemesting van 80 en 240 kg N per ha als zwavelzure ammoniak (kg N bij 80 resp. 240 N minus kg N bij 0 N). IB 550, 1960.

Aantal dagen na N-toediening	Aprilbemesting <i>April application</i> 4-4-1960		Aantal dagen na N-toediening	Junibemesting <i>June application</i> 17-6-1960	
<i>Days after N-application</i>	80 N	240 N	<i>Days after N-application</i>	80 N	240 N
23	20	42	24	38	97
31	28	64	33	49	123

TABLE 5. Nitrogen uptake by grass from an application of sulphate of ammonia at the rate of 80 and 240 kg N per ha (kg N at 80 and 240 N resp. minus kg N at 0 N). IB 550, 1960.

te kunnen bepalen hoeveel nitraat er gevormd wordt, moet men dus trachten in concurrentie te treden met de plantenwortel. Bij het onderzoek werd gebruik gemaakt van een door HARMSEN* ontwikkelde methode, waarbij de hoeveelheid nitraat bepaald wordt, die geadsorbeerd is aan een in de grond aangebrachte anionenwisselaar (met bicarbonaat beladen plaatjes Zerolit Permaplex A20, formaat $5 \times 3\frac{1}{2}$ cm).

Naast proef IB 550 werd voor dit doel een klein proefje aangelegd met 4 objecten in enkelvoud. Deze objecten waren 0 kg N per ha en 240 kg N per ha in de vorm van ks, kas en za. Bij deze proef werden op geregelde tijdstippen anionenuitwisselaarplaatjes (twee per object) in het grasland (laag 0-5 cm) aangebracht en gedurende 48 uur in de grond gelaten.

De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in figuur 30. In de bovenste grafiek is de hoeveelheid nitraat-stikstof, die per twee plaatjes in 48 uur geadsorbeerd is, uitgezet tegen de datum, waarop de plaatjes uit de grond gehaald zijn. De onderste grafiek in deze figuur geeft de hoeveelheid neerslag (mm) gemeten met Regenmeter 5 in de Rottegataspolder te Ten Boer. Deze regenmeter staat op ongeveer 300 meter van het proefveld.

Uit deze figuur blijkt, dat in het algemeen de door de plaatjes opgenomen hoeveelheid nitraat-stikstof gedurende de periode 22 tot 28 juni afneemt. In deze periode viel praktisch geen regen. Tengevolge hiervan zal de nitraatdiffusie naar de plaatjes sterk belemmerd zijn. Na de regen op 29 juni stijgt bij alle objecten de door de plaatjes opgenomen hoeveelheid nitraat-stikstof zeer sterk. Op 2 juli wordt bij de bemeste objecten de hoogste waarde bereikt. Hierna treedt weer een daling op, waarschijnlijk tengevolge van opneming door het gras en eventueel al door uitspoeling van nitraat-stikstof uit de laag 0-5 cm.

Verder blijkt uit figuur 30, dat van 11 tot 13 juli veel minder nitraat-stikstof door de plaatjes is opgenomen dan van 6 tot 8 juli. Bij ks is dit verschil het grootst en bedraagt ruim 27000 μ g, terwijl dit verschil bij kas 15000 μ g bedraagt. Bij za treedt in tegenstelling tot ks en kas een stijging op van ongeveer 500 μ g.

Door middel van grondonderzoek werd ook getracht de verticale verplaatsing

* G. W. HARMSEN, persoonlijke mededeling.

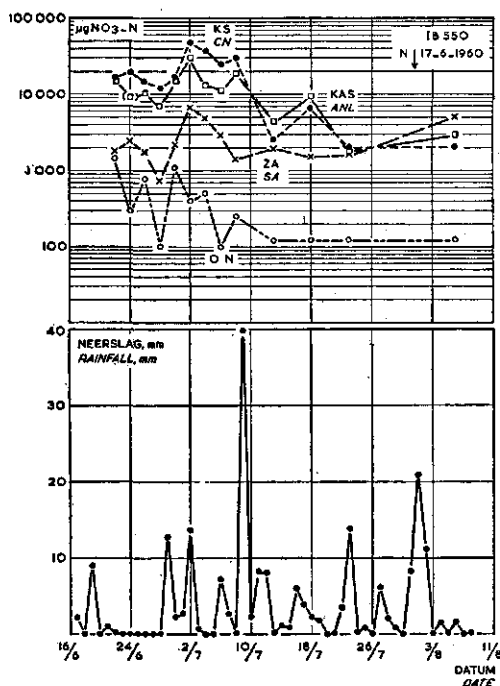


FIG. 30. Invloed van de stikstofbemesting en van de soort stikstofmeststof op de hoeveelheid nitraat-stikstof, geadsorbeerd aan in de grond (0-5 cm) gebrachte plaatjes anionenuitwisselaar (bovenste grafiek), mede in samenhang met de hoeveelheid neerslag (onderste grafiek). IB 550, stikstof toegediend in juni.

FIG. 30. The effect of nitrogen fertilization and nitrogen carrier on the amount of nitrate-nitrogen, adsorbed by anion-exchange sheet in the 0-5 cm soil layer (upper graph), in connection with the amount of rainfall (lower graph). IB 550, nitrogen applied in June.

van de stikstof in het profiel te bestuderen. Helaas vond dit grondonderzoek niet altijd plaats op dezelfde tijdstippen, waarop de plaatjes in de grond waren aangebracht. De resultaten van dit grondonderzoek zijn samengevat in figuur 31. Deze figuur geeft voor ks, kas en za de verhoging (t.o.v. 0 N) weer van het

FIG. 31. Invloed van de stikstofbemesting en van de soort stikstofmeststof op de hoeveelheid oplosbare stikstof in het grondprofiel (0-80 cm) bij drie bemonsteringsdata. IB 550, stikstof toegediend in juni.

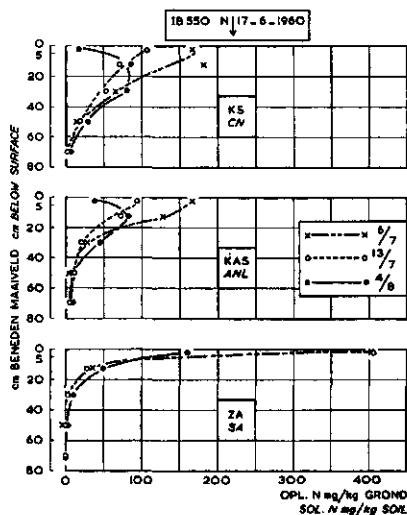


FIG. 31. The effect of nitrogen fertilization and nitrogen carrier on the amount of soluble nitrogen in the soil profile (0-80 cm) at three sampling dates. IB 550, nitrogen applied in June.

gehalte aan oplosbare stikstof* (mg N per kg droge grond) in de verschillende lagen van het profiel. Uit figuur 31 blijkt, dat op 6 juli bij ks en kas en in zeer geringe mate ook bij za, de stikstof uit de laag 0-5 cm verplaatst is naar de laag 5-20 cm. Bij ks en kas is deze verplaatsing van de stikstof ook al duidelijk aantoonbaar in de laag 20-40 cm, bij ks zelfs in de laag 40-60 cm. Tengevolge van de zware regenval tussen 6 en 13 juli daalt bij ks en kas het niveau van oplosbare stikstof in de laag 0-5 cm aanzienlijk, hetgeen ook tot uiting komt in de daling van de aan de plaatjes geadsorbeerde hoeveelheid nitraatstikstof (zie figuur 30). Bij za treedt tussen 6 en 13 juli geen daling op in het niveau van oplosbare stikstof in de laag 0-5 cm. De aan de plaatjes geadsorbeerde hoeveelheid nitraatstikstof neemt zelfs toe (zie figuur 30). Bij beschouwing van de toestand aan het einde van de proefperiode (4 augustus), blijkt bij ks en kas de concentratie aan oplosbare stikstof in de laag 0-5 cm aanmerkelijk kleiner te zijn dan in de lagen 5-20 en 20-40 cm. Bij za is dit niet het geval. Daar wordt op 4 augustus de hoogste concentratie nog steeds in de laag 0-5 cm gevonden en deze concentratie is veel hoger dan die in de overeenkomstige laag bij ks en kas. Deze verschillen in stikstofconcentratie in de laag 0-5 cm tussen ks, kas en za komen ook tot uiting in de anionenuitwisselaarproef. Van 4 tot 6 augustus wordt bij ks, kas en za resp. 2025, 2875 en 5175 μg nitraat-stikstof aan de plaatjes geadsorbeerd (zie figuur 30).

Op 4 augustus (zie figuur 31) is bij ks de hoeveelheid in het profiel aanwezige stikstof groter dan bij kas en veel groter dan bij za. Dit verschil komt in hoofdzaak op rekening van de in de laag 20-80 cm aanwezige stikstof. Bij ks is dus kennelijk een groter deel van de stikstof uitgespoeld dan bij kas en vooral dan bij za. Dit wordt ook zeer aannemelijk wanneer tabel 6 in de beschouwing wordt opgenomen. In deze tabel is de door de grassen opgenomen hoeveelheid stikstof

TABEL 6. Invloed van de soort stikstofmeststof op de stikstofopneming (kg N per ha) door grassen op verschillende tijden na de bemesting op 17 juni. IB 550, 1960.

Oogstdatum	kg N/ha				Verskil
Cutting date	0	240			za—ks
	N-meststof/N-carrier				Difference
	Geen/None	ks/cn	kas/anl	za/sa	sa—cn
28/6	8,0	22,4	27,4	27,2	+ 4,8
5/7	13,1	53,8	57,0	50,4	— 3,4
13/7	22,0	99,3	101,2	118,6	+ 19,3
22/7	29,4	115,9	135,7	152,2	+ 36,3
8/8	50,0	155,3	171,1	183,5	+ 28,2

TABLE 6. Effect of nitrogen carrier on the nitrogen uptake (kg N per ha) by grass at different times after the nitrogen application on 17 June. IB 550, 1960.

* De bepalingen werden uitgevoerd op het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid volgens de methode Cotte en Kahane.

bij de objecten 0 N en 240 N (als ks, kas en za) vermeld voor de verschillende oogstdata.

Duidelijk blijkt, dat bij kas, en vooral bij za, het gras aanzienlijk méér stikstof heeft opgenomen dan bij ks. De grotere uitspoeling bij ks zal hier ongetwijfeld van grote invloed op geweest zijn. In hoeverre verliezen door denitrificatie hierbij een rol gespeeld hebben, kon niet worden nagegaan.

In figuur 32 zijn de opbrengsten aan grassen na de april- en junibemesting

FIG. 32. Invloed van de soort stikstofmeststof op de opbrengst van grassen bij stikstoftoediening in april en in juni, resp. met zes en vijf maaitijden (IB 550). De lijnstukjes boven (--- ks, — kas) en onder (--- za) de curven geven de $1/[N]$ -trajecten aan bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol.

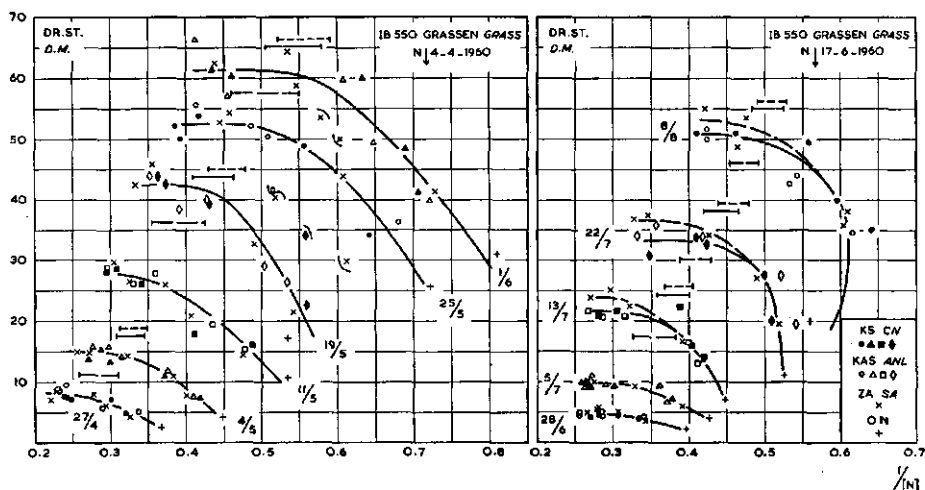


FIG. 32. The effect of different nitrogen fertilizers on the yield of grass. Nitrogen applied in April and June, six and five dates of cutting respectively (IB 550). The lines above (--- ks, — kas) and below (--- za) the yield curves refer to the $1/[N]$ ranges at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol.

op de gebruikelijk wijze uitgezet. Na de junibemesting worden lagere opbrengsten bereikt dan na de aprilbemesting. De groeiperiode gerekend vanaf de bemestingsdatum is na de aprilbemesting 6 dagen langer geweest dan na de junibemesting (resp. 58 en 52 dagen). Het $1/[N]$ -traject bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol per kg droge stof zoals afgelezen van de nitrochoren, is overzichtelijkheidshalve niet bij alle opbrengstcurven weergegeven. Dit accumulatie-niveau is evenals in 5.1.3.1 voor ks en kas aangegeven door kort gestreepte resp. getrokken lijnstukken *boven* de opbrengstcurven en voor za door lang gestreepte lijnstukken *onder* de opbrengstcurven.

Evenals bij de al eerder besproken proeven blijkt ook hier de grootste opbrengstvermeerdering door de stikstofbemesting bereikt te worden bij lage in-

terne nitraatgehalten. Dit geldt voor ks en kas en in mindere mate ook voor za, aangezien op deze grond evenals bij IB 556 de nitrificatie van het ammonium uit za vrij gunstig verloopt. Verder valt het op, dat na de aprilbemesting geen verschillen van betekenis in opbrengst tussen ks, kas en za verkregen worden, terwijl na de juni bemesting za vooral bij de latere oogstdata een hogere opbrengst geeft dan ks en kas. De geringere stikstofuitspoeling bij de za-bemesting is hiervan waarschijnlijk de oorzaak.

5.2 DE FOSFAAT- EN KALIBEMESTING

5.2.1 PROEFNEMINGEN

In 1960 werd een proef (IB 559) aangelegd om de invloed van een fosfaat- en kalibemesting op de nitrochoor te bestuderen. De proef omvatte $4 \times 2 \times 2$ objecten, nl. 4 stikstoftrappen (25, 100, 175 en 250 kg N per ha als kalksalpeter), 2 fosfaattrappen ($P_1 = 20$ en $P_2 = 200$ kg P_2O_5 per ha als superfosfaat) en 2 kalitrappen ($K_1 = 20$ en $K_2 = 200$ kg K_2O per ha als K-60). Alle meststoffen werden toegediend op 22 april. Het gras werd geoogst op 5 data nl. op 17, 24 en 31 mei, en op 8 en 21 juni.

5.2.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

5.2.2.1 Nitrochoor, opbrengst en ruwe celstof

In figuur 33 zijn de resultaten samengevat. In de bovenste grafiek van deze figuur zijn de nitrochoren uitgezet en in de twee onderste grafieken de opbrengsten bij het lage en hoge fosfaatsniveau.

Uit de bovenste grafiek blijkt, dat ook hier de nitrochoren als gevolg van de stikstofbemesting lagere $1/[N]$ -waarden bereiken, terwijl de nitrochoren tengevolge van de veroudering naar hogere $1/[N]$ -waarden verschuiven. Ondanks een zekere spreiding blijken de punten voor de verschillende objecten (P_1K_1 , P_1K_2 , P_2K_1 en P_2K_2) per oogsttijd langs eenzelfde nitrochoor gerangschikt te zijn.

Uit de twee onderste grafieken kan afgelezen worden, dat de kalibemesting geen enkele invloed heeft op de opbrengstcurven. Verder blijkt bij een hoog stikstofniveau een grote opbrengstvermeerdering verkregen te worden door verhoging van de fosfaatbemesting van 20 naar 200 kg P_2O_5 per ha. Bij een laag stikstofniveau heeft een dergelijke verhoging maar een gering effect.

Bij het lage fosfaatsniveau wordt al met 100 kg N per ha de maximale opbrengst bereikt, terwijl dit bij het hoge fosfaatsniveau pas met 175 kg N per ha het geval is. In de opbrengstgrafieken is het $1/[N]$ -traject bij een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol per kg droge stof, zoals afgelezen van de nitrochoren, aangegeven door een vet deel van de curve. De maximale opbrengst

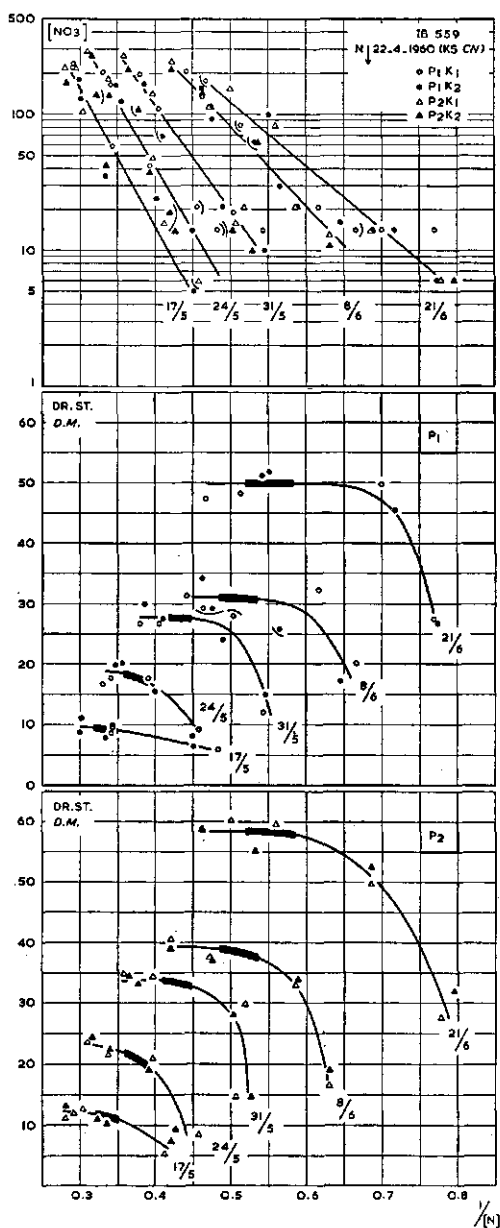


FIG. 33. Invloed van de fosfaat- en kali-voorziening op nitrochoren en opbrengsten bij opklimmende stikstofgiften, en bij vijf-oogsttijden (IB 559). De vette lijnstukken geven telkens de $1/[N]$ -trajecten aan bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol. Totale oogstproduct, bestaande voor meer dan 95 procent uit grassen. $P_1 = 20$, $P_2 = 200$ kg P_2O_5 per ha; $K_1 = 20$, $K_2 = 200$ kg K_2O per ha. P, K en N toegediend in april.

FIG. 33. The effect of varying phosphate and potassium supply on nitrochores and yields at increasing rates of nitrogen application, and at five dates of cutting (IB 559). The thick parts in the yield curves refer to $1/[N]$ ranges at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol. Herbage containing over 95 percent grasses. $P_1 = 20$, $P_2 = 200$ kg P_2O_5 per ha; $K_1 = 20$, $K_2 = 200$ kg K_2O per ha. P, K and N applied in April.

wordt bij het lage fosfaatiniveau (fosfaatgebrek) bij een lager nitraatgehalte bereikt dan bij het hoge fosfaatiniveau.

Bij beschouwing van de nitrochoren in de bovenste grafiek van figuur 33 valt het op, dat althans bij het hoge stikstofniveau de punten van de objecten met een hoge fosfaatbemesting niet bij hogere $1/[N]$ -waarden liggen. Door de hoge fosfaatbemesting is immers een grote opbrengstvermeerdering verkregen. Aan gezien bij de reeds beschreven stikstofproeven gebleken is, dat droge-stofvermeerdering gepaard gaat met veroudering, zou verwacht kunnen worden, dat de 'hoog fosfaat'-nitrochoren bij hogere $1/[N]$ -waarden gelegen zouden zijn dan de 'laag fosfaat'-nitrochoren. Dit is niet het geval. Dit wijst er dus op, dat het gras bij de hoge fosfaatbemesting relatief jonger is dan het gras bij de lage fosfaatbemesting. Ondanks de grotere opbrengst, die met de hoge fosfaatbemesting werd verkregen, is het hoog-fosfaat gras nl. even oud als het laag-fosfaat gras. Mogelijk is dit te danken aan een betere ontwikkeling van jonge eiwitrijke spruiten tengevolge van de hoge fosfaatbemesting. Er werden geen verschillen in botanische samenstelling geconstateerd tussen de objecten. Het bestand bestond, ook bij een laag stikstofniveau, voor meer dan 95 procent uit grassen.

TABEL 7. Invloed van fosfaat en stikstof, toegediend op 22 april, op het ruwe-celstofgehalte van gras, bij verschillende oogsttijden. Het gras bestaat hier voor meer dan 95 procent uit grassen. Voor nitrochoren en opbrengsten zie fig. 33. IB 559, 1960.

kg N/ha	17/5		24/5		31/5		8/6		21/6	
	P ₁ *	P ₂ *	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂
25	22,1	22,4	24,6	24,9	24,5	24,1	26,0	26,2	30,1	30,4
100	21,4	21,8	23,0	23,5	23,5	24,4	24,2	27,1	28,9	31,0
175	21,8	21,4	23,4	22,1	23,4	22,8	25,7	24,9	29,6	29,4
250	21,4	20,4	23,3	22,0	24,6	23,4	27,0	25,2	30,6	28,8

* P₁ = 20, P₂ = 200 kg P₂O₅ per ha

TABLE 7. Effect of phosphate and nitrogen, applied on 22 April, on the crude-fibre content of herbage, at different dates of cutting. The herbage contains over 95 percent grass. Nitrochores and yields are shown in figure 33. IB 559, 1960.

De gegevens met betrekking tot het ruwe-celstofgehalte geven eveneens een indicatie ten aanzien van de relatieve verjonging, zoals blijkt uit tabel 7. Uit deze tabel kan afgelezen worden, dat bij de stikstofniveaus van 25 en 100 kg N per ha de ruwe-celstofgehalten met een hoge fosfaatbemesting in het algemeen iets hoger komen te liggen dan met een lage fosfaatbemesting. Door de zware fosfaatbemesting werd namelijk een kleine opbrengststijging verkregen. Daarentegen blijken bij de stikstofniveaus van 175 en 250 kg N per ha de ruwe-celstofgehalten met een hoge fosfaatbemesting, ondanks de veel hogere opbrengst, lager te liggen dan met een lage fosfaatbemesting.

5.3 DE WATERVOORZIENING

5.3.1 PROEFNEMINGEN

De opzet van de in 1957 en 1958 genomen proeven liet niet toe de stikstofreactie continu gedurende het gehele seizoen te vervolgen. In 1959 werd daarom een proef aangelegd, waarbij de stikstofbemesting op 17 verschillende tijden werd gegeven, nl. op 3/3, 17/3, 31/3 enz., telkens met tussenpozen van 14 dagen tot en met 13/10. Per toedieningstijd waren als objecten opgenomen: 4 stikstoftrappen (0 - 80 - 160 - 240 kg N per ha als kalkammonsalpeter) met 3 oogstdata (17, 31 en 45 dagen* na de bemesting).

Om te voorkomen, dat in een periode van weinig of geen neerslag groeiremming tengevolge van droogte zou optreden, waardoor alle resultaten nadelig beïnvloed zouden worden, werd naast deze proef en serie veldjes aangelegd, die besproeid konden worden in geval van droogte. Vanwege de zeer grote arbeidsintensiteit, die bij eventuele droogte hiermee gepaard zou gaan, moest dit object wel beperkt blijven tot 2 stikstoftrappen (0 en 240 kg N per ha), met 1 oogstdatum (31 dagen) voor iedere toedieningstijd. Het besproeiingsobject lag in enkelvoud. Naast elk besproeiingsveldje met 240 kg N lag een extra veldje, dat niet besproeid werd, maar wel bemest was met 240 kg N. Aangezien de besproeiingsveldjes oorspronkelijk niet in het schema van de proef waren opgenomen, zouden eventuele plaatselijke vruchtbaarheidsverschillen op deze wijze opgespoord kunnen worden.

Het deel van het perceel, dat gebruikt zou worden voor de toedieningstijden 7 en volgende werd in het voorjaar bemest met 40 kg N per ha. Nadat hiervan een snede kuilgras gemaaid was, werd nogmaals een bemesting gegeven van 20 tot 30 kg N per ha. Hierna werd het perceel op regelmatige tijden beweide met schapen. De vroege toedieningstijden (1 tot en met 6) ontvingen geen algemene stikstofbemesting in het voorjaar; wel werd er steeds voorgeweide met schapen. Zodoende was het mogelijk voor elke toedieningstijd uit te gaan van geweid grasland.

5.3.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

5.3.2.1 Nitrochoor, opbrengst en ruwe celstof

Het jaar 1959 werd gekenmerkt door een uitzonderlijke droogte, die de groei en de stikstofreactie van het gras zeer nadelig beïnvloed heeft. De droogte begon eind april/begin mei en hield praktisch tot half oktober aan. Wel kwamen gedurende deze periode enkele, zij het korte, regenperiodes voor.

Alle resultaten met betrekking tot nitraat, totaal-stikstof, opbrengst, ruwe celstof

* Bij de eerste 3 toedieningstijden kon hier tengevolge van onvoldoende grasgroei niet de hand aan worden gehouden. Bij N ↓ 3/3 werd gemaaid na 38, 45 en 52 dagen, bij N ↓ 17/3 en N ↓ 31/3 na 24, 31 en 45 dagen.

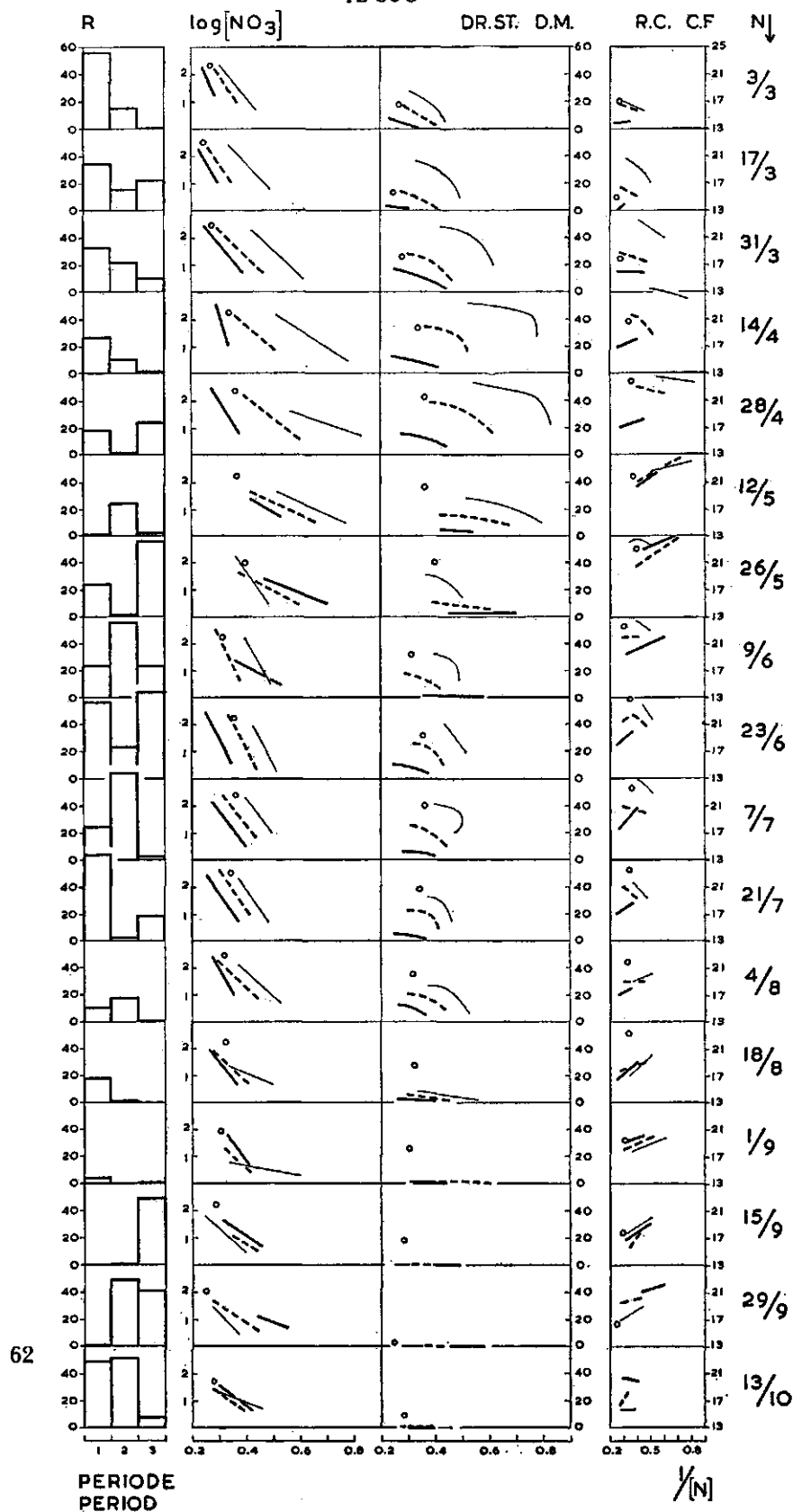
en regenval zijn samengevat in figuur 34. De resultaten van de eerste, de tweede en de derde oogsttijd (per bemestingstijd) zijn resp. weergegeven door dik getrokken, dik gestreepte en dun getrokken lijnen. De hoeveelheid neerslag gevallen tussen bemesting en eerste oogsttijd, eerste oogsttijd en tweede oogsttijd, tweede oogsttijd en derde oogsttijd is resp. aangegeven door de kolommen 1, 2 en 3. De open punten in de grafieken voor nitraatgehalte, drogestofopbrengst en ruwe-celstofgehalte hebben betrekking op het object '240 kg N per ha met besproeiing' (tweede oogsttijd). De gegevens van het object '0 kg N per ha met besproeiing' zijn niet in deze figuur opgenomen, aangezien de botanische samenstelling van dit object volkomen afweek (zeer hoge klaverpercentages) van het object '0 kg N per ha zonder besproeiing'.

Uit figuur 34 blijkt duidelijk, dat het verband tussen totaal-stikstof, nitraat, opbrengst en ruwe celstof bij de vroege tijden van toediening ($N \downarrow 3/3$, $17/3$, $31/3$, $14/4$ en $28/4$) zeer goed overeenstemt met de reeds in de vorige hoofdstukken besproken resultaten. De nitrochoren verschuiven naar hogere $1/[N]$ -waarden bij het ouder worden van het gras (en bij het hoger worden der opbrengsten), terwijl in alle gevallen een hoog niveau van nitraataccumulatie bereikt wordt. Ook geven de ruwe-celstofspectra het bekende beeld te zien: bij de jongste sneden daalt het ruwe-celstofgehalte wanneer de $1/[N]$ -waarden lager worden tengevolge van een stikstofbemesting; bij de oudste sneden daarentegen stijgt het ruwe-celstofgehalte bij dalende $1/[N]$ -waarden. Gedurende deze periode was de vochtvoorziening voldoende, zoals blijkt uit het feit, dat met besproeiing geen hogere opbrengsten verkregen worden dan zonder besproeiing (vergelijk open cirkels met dik gestreepte lijnen).

De nitrochoor van de derde oogsttijd bij $N \downarrow 28/4$ wijkt echter al af van het normale patroon omdat slechts een laag niveau van nitraataccumulatie bereikt wordt. In de periode tussen de tweede en derde oogsttijd wordt maar zeer weinig stikstof opgenomen. Deze hoeveelheid bedraagt voor de giften 0, 80, 160 en 240 kg per ha resp. 2, 4, 6 en 6 kg N per ha. In deze periode neemt de drogestofproductie wel sterk toe. De nitraatgehalten dalen dus sterk, aangezien de stikstofopneming door de droogte ernstig geremd is.

Tengevolge van de droogte worden bij alle overige tijden van toediening zonder besproeiing steeds lagere opbrengsten verkregen dan met besproeiing. Uit figuur 34 is af te lezen, dat de droogte niet alleen het opbrengstniveau, maar ook de helling en de ligging van de nitrochoren en het ruwe-celstofspectrum beïnvloedt.

In het geval van $N \downarrow 12/5$ verschuiven de nitrochoren nog wel naar hogere $1/[N]$ -waarden bij het ouder worden en het toenemen van de opbrengst. Maar bij geen der nitrochoren wordt een hoog niveau van nitraataccumulatie bereikt. Heel duidelijk blijkt, dat de nitrochoren, vooral die van de eerste oogstdatum, bij aanzienlijk hogere $1/[N]$ -waarden liggen dan de overeenkomstige nitrochoren bij de vroegere toedieningstijden, hoewel het opbrengstniveau laag is. Uit Engels onderzoek van o.a. WOODMAN et al. (1931) en WATSON et al. (1932) is al bekend, dat het totaal-stikstofgehalte in gras tijdens een droogteperiode veel lager ligt dan onder normale omstandigheden.



Ook het ruwe-celstofspectrum vertoont een ander beeld: bij alle oogsten daalt het ruwe-celstofgehalte bij lager wordende $1/[N]$ tengevolge van de bemesting. Verder blijkt het ruwe-celstofgehalte nauwelijks te stijgen bij het ouder worden van het gras. Het feit, dat de opbrengst bij een groeiperiode van 45 dagen betrekkelijk laag is, is wellicht de oorzaak van dit afwijkend gedrag.

Bij de toedieningstijden $N \downarrow 26/5$ en $9/6$ gedragen de nitrochoren en het ruwe-celstofspectrum zich volkomen abnormaal. In figuur 35 en 36 zijn daarom de gegevens van $N \downarrow 26/5$ en $9/6$ in detail weergegeven. Tevens zijn in deze figuren de resultaten van $N \downarrow 23/6$ opgenomen, aangezien het beeld dan weer normaal wordt. Dit is ook merkbaar aan de plaats van de open driehoekjes, die de cijfers voor het object '240 kg N per ha met besproeiing' weergeven.

Bij $N \downarrow 26/5$ wijkt niet alleen de helling der nitrochoren af van het normale patroon, maar is ook de volgorde der nitrochoren verstoord. De jongste nitrochoor (eerste oogsttijd) ligt bij de hoogste $1/[N]$ -waarden en is dus als het ware de oudste. Bij voortgaande groei blijkt in dit geval de nitrochoor niet, zoals gewoonlijk, naar hogere $1/[N]$ -waarden te verschuiven, maar naar lagere. Ondanks het ouder worden (in dagen én in opbrengst) verjongt het gras zich dus. De regenval gedurende de periode van bemesting tot tweede oogsttijd bedroeg slechts 25 mm, waarvan 22 mm op de drie laatste dagen voor de eerste oogsttijd. Deze 22 mm is blijkbaar nog nauwelijks van invloed geweest op de samenstelling van het gras van de eerste oogsttijd. Bij de eerste en tweede oogsttijd bereiken de nitrochoren een laag niveau van nitraataccumulatie. Direct na de tweede oogsttijd volgde een korte regenperiode (27 tot 30 juni), waarin ongeveer 40 mm regen viel. Uit de figuur blijkt, dat de nitrochoor van de derde oogsttijd in het algemeen naar nog lagere $1/[N]$ -waarden verschuift, waarbij echter de helling van de nitrochoor weer normaal wordt, met andere woorden, er wordt een hoog niveau van nitraataccumulatie bereikt. Evenals de volgorde der nitrochoren, is ook de volgorde der ruwe-celstoflijnen verstoord. De ruwe-celstoflijn van de tweede oogsttijd ligt lager dan die van de eerste oogsttijd, hetgeen er ook op wijst, dat het gras in deze perioden jonger geworden is. In de droge

FIG. 34. Stikstofstatus ($\log [NO_3]$), opbrengst (dr.st.) en ruwe-celstofgehalte (r.c.) van gras onder invloed van bemestingsdatum ($N \downarrow 3/3, 17/3$, enz.), regenval (R, mm per periode — 1 = van bemesting tot 17 dagen daarna; 2 = van 17 tot 31, 3 = van 31 tot 45 dagen na de bemesting), en groeiduur (—17, ——31, en —45 dagen). Proef IB 380, uitgevoerd in het extreme droge jaar 1959. $\circ$ = object 240 kg N per ha, groeiduur 31 dagen met minimaal 6 mm water per dag.

FIG. 34. Nitrogen status ($\log [NO_3]$), yield (DM) and crude-fibre content (CF) of herbage as affected by date of nitrogen application ($N \downarrow 3/3, 17/3$, etc.), rainfall (R, in mm per period — 1 from 0 to 17 days, 2 from 17 to 31 days, and 3 from 31 to 45 days after nitrogen application), and length of growth period (—17 days, ——31 days, and —45 days). Experiment IB 380, carried out in the very dry year 1959.

$\circ$ = treatment 240 kg N per ha, 31 days' growth, with at least 6 mm water per day.

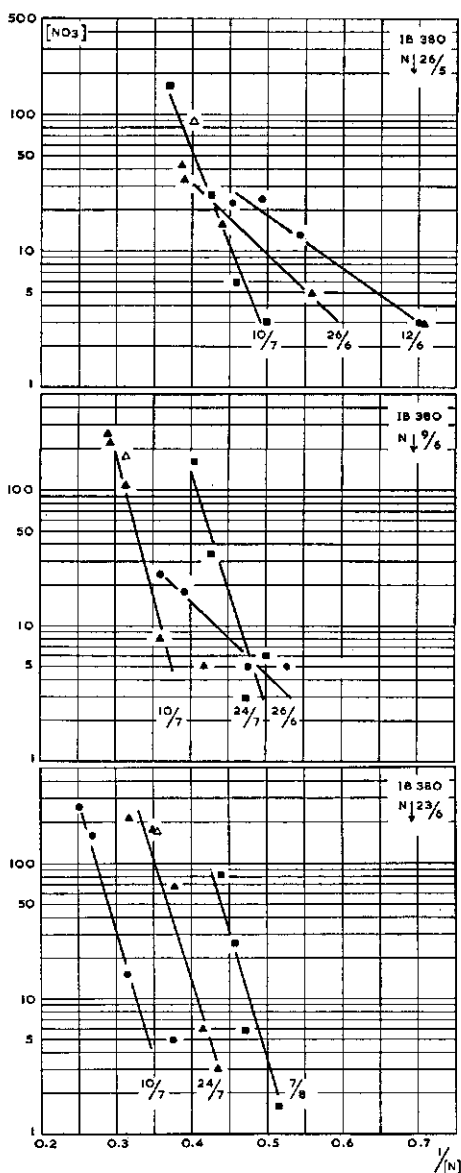


FIG. 36. Detail uit figuur 34. Ruwe-celstof-spectra van de objecten, waarvan in figuur 35 de nitrochoren zijn gegeven.

FIG. 35. Detail uit figuur 34. Boven en midden: afwijkende nitrochoren. Onder: normale nitrochoren. De open punten hebben betrekking op objecten 240 kg N per ha (2e oogsttijd, groeiduur 31 dagen), die dagelijks minstens 6 mm water ontvingen.

FIG. 35. Detail from figure 34. Upper and middle graphs: dislocation of the nitrochores. Lower graph: the sequence of the nitrochores has reverted to normal. The open plots refer to treatments 240 kg N per ha (2nd cutting date, growth period 31 days), which received at least 6 mm irrigation water daily.

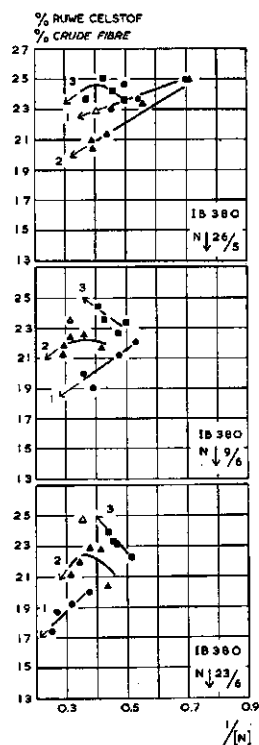


FIG. 36. Detail from figure 34. The crude-fibre data refer to the same treatments as in figure 35.

periode zijn waarschijnlijk zeer weinig nieuwe spruiten tot ontwikkeling gekomen, terwijl ook de stikstofopneming van het gewas nadelig beïnvloed is. WATSON et al. (1932) en KIVIMÄE (1959) vermelden, dat regen tijdens een droogteperiode het stikstofgehalte in het gras doet stijgen.

Bij N ↓ 9/6 viel de bovengenoemde korte regenperiode direct na de eerste oogsttijd. Uit figuur 35 blijkt, dat ook hier de nitrochoor van de tweede oogsttijd bij lagere $1/[N]$ -waarden ligt dan die van de eerste oogsttijd, maar een hoog niveau van nitraataccumulatie bereikt. De nitrochoor van de derde oogsttijd verschuift 'normaal' naar hogere $1/[N]$ -waarden.

Het ruwe-celstofspectrum is niet verstoord zoals wel het geval was bij N ↓ 26/5 (figuur 36).

Bij N ↓ 23/6, waar de bovenvermelde 40 mm regen in de periode tussen bemesting en eerste oogsttijd viel, liggen alle nitrochoren weer in de normale volgorde. Zoals uit figuur 34 blijkt is dit ook het geval bij N ↓ 7/7, 21/7, 4/8 en 18/8.

Vanaf N ↓ 18/8 worden althans *zonder* besproeiing geen noemenswaardige opbrengsten meer bereikt, maar ook *met* besproeiing daalt bij een 31-daagse groeiperiode de opbrengst geleidelijk naarmate de stikstof later in het seizoen toegediend wordt. Bij N ↓ 29/9 en 13/10 vindt ten slotte praktisch geen groei meer plaats.

In augustus en september is bijzonder weinig regen gevallen. Bij N ↓ 1/9, 15/9 en 29/9 is de volgorde der nitrochoren dan ook weer verstoord. De nitrochoren verschuiven naar lagere $1/[N]$ -waarden bij het ouder worden, terwijl de droge-stofproductie niet meetbaar is toegenomen. Wel ontwikkelden zich nieuwe spruiten, vooral na de regens in de tweede helft van oktober, waardoor de 'verjonging' veroorzaakt wordt. Bij N ↓ 13/10, waar deze oktoberregens in de periode tussen bemesting en eerste oogst vielen, vertonen de drie nitrochoren nauwelijks enige verschillen.

Vanaf N ↓ 1/9 blijken de ruwe-celstoflijnen van de derde oogst in het algemeen het laagst te liggen. Ook dit is dus een aanwijzing dat het gras, ondanks het ouder worden in dagen, toch jonger in chemische samenstelling is geworden.

Het is opvallend, dat in de droge periode lage nitraatgehalten in het gras worden verkregen. Want uit Amerikaanse onderzoeken is naar voren gekomen, dat de gewassen tijdens droogte juist zeer grote hoeveelheden nitraat accumuleren (WHITEHEAD en OLSON, 1930; EMMERT, 1936; DOUGHTY en WARDER, 1943; in potproeven). HANWAY en ENGLEHORN (1958) vermelden de resultaten van veldonderzoek met mais. Bij vergelijking van besproeide en niet-besproeide mais bleek, dat het nitraatgehalte bij vochtgebrek veel hogere waarden bereikte. DAVIDSON et al. (1941) en GILBERT et al. (1946) echter vermelden, dat hoge nitraatgehalten slechts verkregen worden wanneer de droogte intreedt na een periode, waarin het gewas goed gegroeid heeft. Bij continue droogte — dus van het begin tot het einde van de groeiperiode — was het nitraatgehalte daarentegen laag. Dit laatste wijst dus op een remming van de stikstofopneming, hetgeen in overeenstemming is met de resultaten van IB 380.

5.4 DE BOTANISCHE SAMENSTELLING

Met uitzondering van de in 5.1.3.3 besproken proef IB 550, hadden alle tot nu toe vermelde resultaten betrekking op het verband tussen nitraat en totaalstikstof in het totale oogstproduct, dit is grassen plus klavers plus kruiden.

De botanische samenstelling* van het totale oogstproduct hangt van verschillende factoren af. In figuur 37 zijn ter illustratie enige resultaten weergegeven van IB 306 — weinig kruiden, zowel bij laag als bij hoog N — en van IB 308 — bij hoog én bij laag N nauwelijks enige klavers aanwezig. In deze figuur zijn voor laag N (gemiddelde van 0 en 20 kg N per ha) en voor hoog N (gemiddelde van 80 en 120 kg N per ha), de percentages grassen en klavers resp. kruiden op een logaritmische schaal uitgezet tegen de oogstdatum.

Uit deze figuur blijkt, dat het percentage klavers resp. kruiden sterk is teruggedrongen door de hoge stikstofbemesting. Verder is uit de figuur af te lezen, dat de botanische samenstelling ook bij het ouder worden grote veranderingen kan ondergaan. In deze gevallen neemt bij hoog N (IB 306 en 308) en, indien geen klavers aanwezig zijn, ook bij laag N (IB 308) het percentage grassen toe met het ouder worden. Dit is in het algemeen in overeenstemming met de resultaten van FRANKENA (1934, 1939). Op het klaverrijke proefveld IB 306 neemt bij laag N het percentage klavers bij het ouder worden tot half juli sterk toe, om daarna weer te dalen. Het gedrag van de afzonderlijke grassensoorten werd door ons niet bestudeerd. Volgens FRANKENA (1934, 1939) treden ook hierbij verschuivingen op in afhankelijkheid van stikstofbemesting en ouderdom.

Aangezien de chemische samenstelling van de afzonderlijke componenten verschillend is, brengt een verandering in de botanische samenstelling van het totale oogstproduct ook een verandering in de chemische samenstelling met zich mee.

FIG. 37. Invloed van stikstofniveau op de botanische samenstelling van het totale oogstproduct. IB 306 en 308.

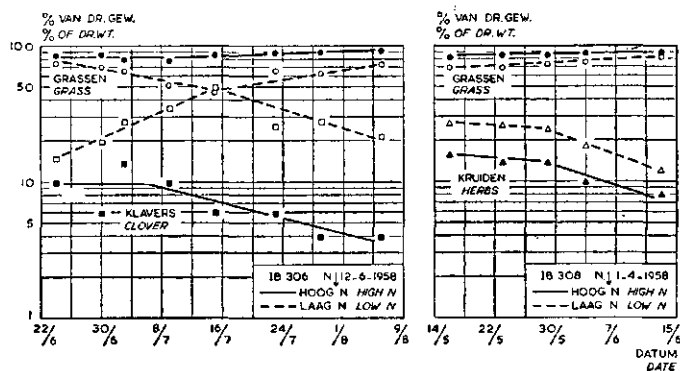


FIG. 37. The effect of level of nitrogen application on the botanical composition of herbage. IB 306 and 308.

* Hieronder te verstaan de hoeveelheid grassen, klavers en kruiden, uitgedrukt in procenten van de droge stof.

5.4.1 PROEFNEMINGEN

In 1959 werd op het proefveld IB 380 een oriënterend onderzoek verricht naar het verband tussen nitraat en totaal-stikstof bij de afzonderlijke componenten nl. grassen, klavers en kruiden. In 1960 en 1961 werd dit onderzoek uitgebreid. In 1950 werd op een aantal proefvelden (IB 549, 556) de invloed van de stikstofbemesting en de veroudering op de nitrochoor van grassen en paardebloem bestudeerd. De botanische samenstelling werd helaas niet bepaald. Bij de paardebloem werden in het algemeen slechts de bladeren onderzocht. In 1961 werd een proef (IB 651) aangelegd op een zeer paardebloemrijk perceel, om zodoende de paardebloem nog nader te kunnen bestuderen. Deze proef omvatte 4 stikstoftrappen (0 - 100 - 200 - 300 kg N per ha als ks) met ieder 3 oogsttijden.

De klavercomponent werd in 1960 en 1961 niet meer onderzocht, aangezien het verkrijgen van analyseerbare hoeveelheden hiervan bij hoge stikstofgiften bijna onmogelijk is, omdat het percentage klaver dan meestal laag is.

5.4.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

5.4.2.1 De nitrochoren van grassen, klaver en paardebloem

De resultaten van IB 380 (1959) zijn vermeld in tabel 8 en figuur 38. Uit de figuur blijkt, dat de nitrochoren van de afzonderlijke componenten verschillen. Tussen de grassen en kruiden is het verschil niet zo groot; de klaver-nitrochoor daarentegen vertoont een geheel ander verloop. Het meest opvallende is, dat de

FIG. 38. Nitrochoren van de afzonderlijke botanische componenten. IB 380, 31 dagen na de stikstofbemesting van 21 juli.

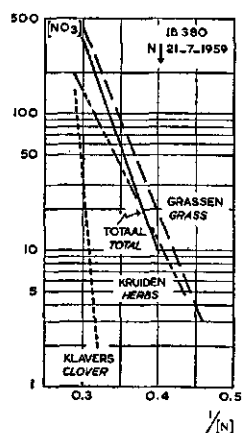


FIG. 38. The nitrochore of the separate botanical components. IB 380, 31 days after nitrogen application on 21 July.

$1/[N]$ -waarde van het onbemeste object veel lager ligt dan die van de grassen en kruiden (zie ook figuur 25). Verder neemt door de stikstofbemesting het totaal-stikstofgehalte van de klaver veel minder sterk toe dan dat van de grassen en kruiden. Het onderzochte bestand bevatte slechts een betrekkelijk laag

TABLE 8. Invloed van de stikstofgift op de botanische samenstelling van het totale oogstproduct ("gras") en op de gehalten aan totaal-stikstof en nitraat-stikstof van de afzonderlijke componenten en van het totale oogstproduct. IB 380, 1959, stikstof toegediend op 21 juli, oogsttijd 21 augustus.

kg N/ha as kas	Botanische samenstelling (% van de droge stof) <i>Botanical composition</i> (% on dry weight basis)				Totale oogstproduct (bepaald) <i>Total herbage (determined)</i>					
	Grassen <i>Grass</i>		Klavers <i>Clover</i>		Kruidenten <i>Herbs</i>					
	[N]*	[NO ₃]*	[N]	[NO ₃]	[N]	[NO ₃]	[N]	[NO ₃]		
0	53	11	36	3	3177	2	2384	19	2442	10
80	78	4	18	48	3084	3	2534	5	2585	15
160	81	5	14	162	3220	61	2991	61	2942	152
240	90	1	9	424	3584	152	3312	205	3327	358

* [N] mg at/kg dr.st./mg at/kg dry matter
[NO₃]mmol/kg dr.st./mmol/kg dry matter

TABLE 8. *Effect of rate of nitrogen application on botanical composition of herbage and on the total-nitrogen and nitrate-nitrogen contents of the botanical components and of the herbage. IB 380, 1959, nitrogen applied on 21 July, cutting date 21 August.*

FIG. 39. Nitrochoren van grassen (blad + stengel) en van paardebloem (blad) onder invloed van de soort stikstofmeststof en de oogstdatum. Stikstof toegediend in april, vier oogsttijden. IB 549, zandgrond.

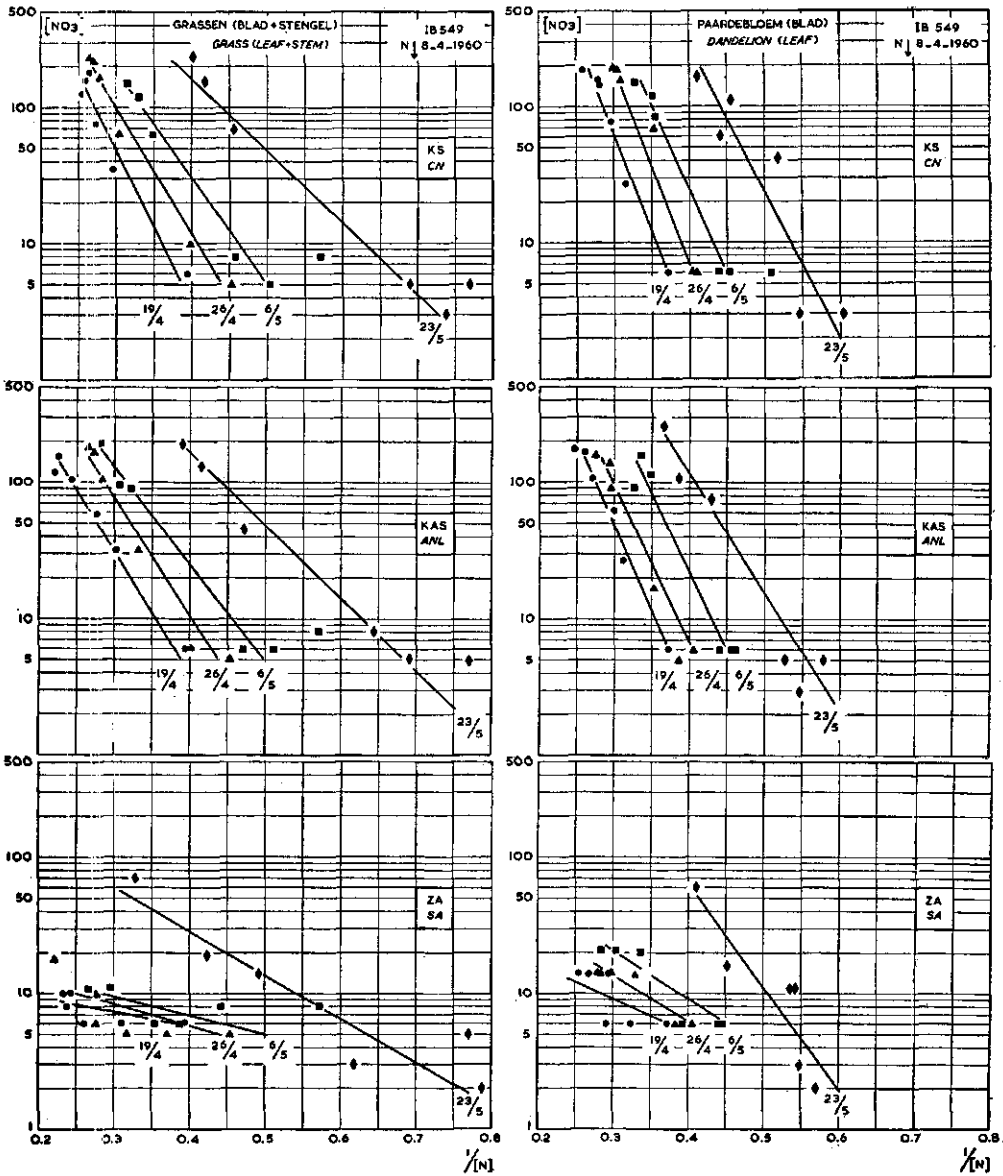


FIG. 39. Nitrochores of grass (leaf + stem) and dandelion (leaf) as affected by nitrogen carrier and date of cutting. Nitrogen applied in April, four dates of cutting. IB 549, sandy soil.

percentage klaver, zodat de nitrochoor van het totale oogstprodukt hierdoor weinig beïnvloed is.

De resultaten van IB 549 en 556 zijn op de gebruikelijke wijze weergegeven in de figuren 39 en 40. Uit deze figuren blijkt eveneens, dat de nitrificatie van het ammonium uit za bij proef IB 549 ongunstiger verloopt dan bij proef IB 556. Dit geldt zowel voor de grassen- als voor de paardebloemcomponent. Evenals bij het totale oogstprodukt (zie figuur 21 en 22) wijkt op beide proefvelden ook bij de afzonderlijke componenten de kas-nitrochoor niet veel af van de ks-nitrochoor. Zowel bij grassen als bij paardebloem wordt een hoger niveau van nitraataccumulatie verkregen, wanneer de nitrochoren tengevolge van de stikstofbemesting lagere $1/[N]$ -waarden bereiken, terwijl bij het ouder worden de nitrochoren naar hogere $1/[N]$ -waarden verschuiven. Het valt echter op, dat de paardebloem-nitrochoren een kleiner traject van $1/[N]$ -waarden doorlopen dan de grassen-nitrochoren. De oorzaak hiervan is zeer waarschijnlijk, dat bij de paardebloem slechts het bladbestanddeel onderzocht is en niet, zoals bij de grassen, blad plus bloeistengel. Hierdoor wordt bij de paardebloem niet een juist beeld van de veroudering verkregen.

In een enkel geval zijn beide nitrochoren bepaald, nl. voor blad en stengel (figuur 41). Hieruit blijkt, dat bij de paardebloem de stengel-nitrochoor bij hogere $1/[N]$ -waarden (lagere totaal-stikstofgehalten) ligt dan de blad-nitrochoor. Naarmate bij het ouder worden het stengelaandeel groter wordt, heeft de samenstelling van de stengel ook een grotere invloed op de samenstelling van de gehele plant. De plant-nitrochoor zou alleen al hierdoor bij hogere $1/[N]$ -waarden komen te liggen (zie ook 5.5).

De resultaten van IB 651 zijn weergegeven in tabel 9 en figuur 42. Uit tabel 9 blijkt, dat het bestand bijna geheel uit grassen en paardebloem bestond. Verder

TABLE 9. Invloed van de stikstofgift en oogstdatum op de botanische samenstelling (procenten van de droge stof) van gras. IB 651, 1961, stikstof toegediend 10 april.

kg N/ha als ks <i>kg N/ha as cn</i>	Component <i>Component</i>	Oogstdatum/Cutting date		
		25/4	4/5	15/5
0	grassen/grass	40,5	47,3	53,7
	paardebloem/dandelion	58,7	51,9	44,5
	restant/remainder	0,8	0,8	1,8
100	grassen/grass	57,3	60,1	69,2
	paardebloem/dandelion	42,3	39,9	30,3
	restant/remainder	0,4	0,0	0,5
200	grassen/grass	67,3	60,1	76,8
	paardebloem/dandelion	31,1	39,9	21,9
	restant/remainder	1,6	0,0	1,3
300	grassen/grass	59,6	66,4	79,4
	paardebloem/dandelion	39,4	32,9	20,6
	restant/remainder	1,0	0,7	0,0

TABLE 9. Effect of rate of nitrogen application and date of cutting on the botanical composition (percentage on dry weight basis) of herbage. IB 651, 1961, nitrogen applied 10 April.

FIG. 40. Als figuur 39, maar voor *kleigrond*. IB 556.

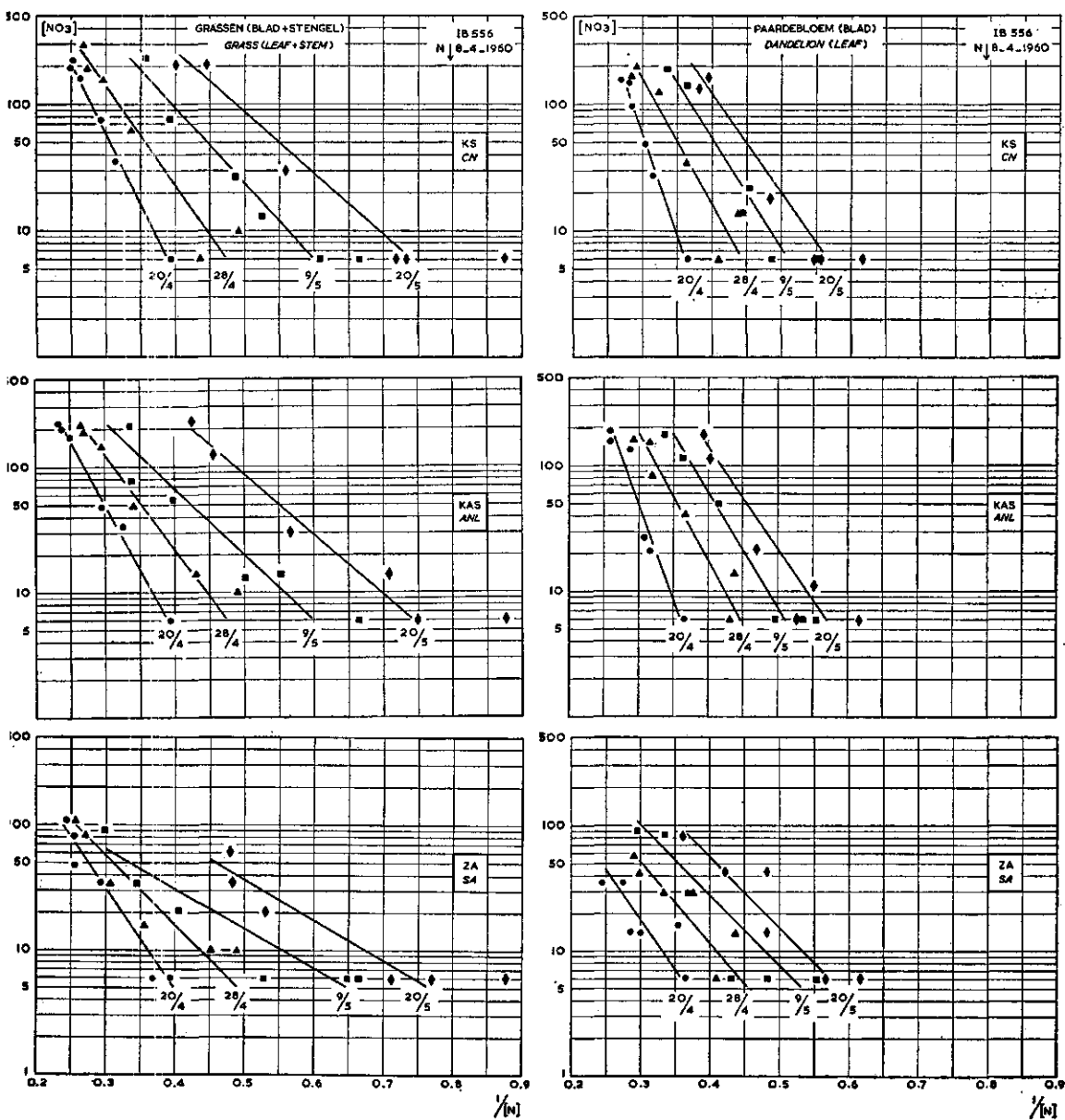


FIG. 40. As figure 39, but for clay soil. IB 556.

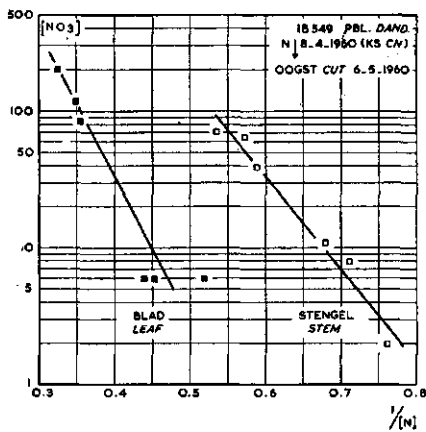


FIG. 41. Nitrochoren van paardebloem-blad en -stengel afzonderlijk. IB 549, stikstof toegediend als kalksalpeter in april.

FIG. 41. Nitrochores of leaf and stem of dandelion. IB 549, nitrogen applied as calcium nitrate in April.

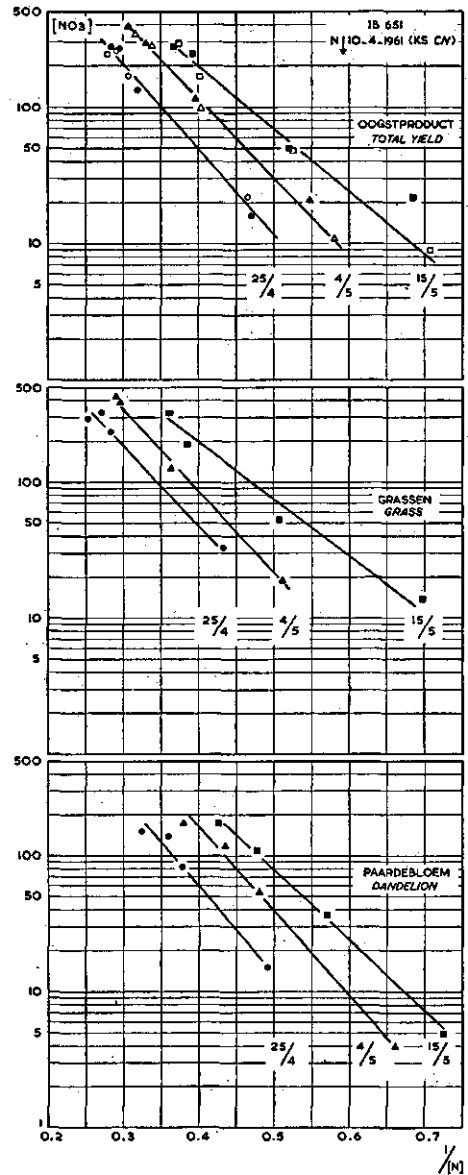


FIG. 42. Nitrochoren van het totale oogstproduct ('gras') en van de botanische componenten grassen (blad + stengel) en paardebloem (blad + stengel). IB 651, stikstof toegediend als ks in april, drie oogsttijden. Open punten: berekende waarden. Dichte punten: gemeten waarden.

FIG. 42. Nitrochores of the herbage and of the separate components grass (leaf + stem) and dandelion (leaf + stem). IB 651, nitrogen applied as cn in April, three dates of cutting. Open plots refer to calculated values, filled plots to determined values.

blijkt, zoals ook al uiteengezet in 5.4, dat de botanische samenstelling van het oogstprodukt beïnvloed kan worden door de stikstofbemesting *en* door de groeiduur. Zowel door een zwaardere stikstofbemesting als door een langere groeiduur neemt het percentage grassen toe.

De nitrochoren van het oogstprodukt en van de grassen- en de paardebloem-component zijn resp. weergegeven in de bovenste, middelste en onderste grafiek van figuur 42. Voor het oogstprodukt zijn behalve de gevonden waarden, ook de berekende waarden voor nitraat en totaal-stikstof uitgezet. De dichte punten hebben betrekking op de gevonden waarden, de open punten op de berekende waarden. Bij deze berekening is de restfractie (zie tabel 9) buiten beschouwing gelaten, aangezien het aandeel, dat deze restfractie van het totale oogstprodukt uitmaakt, zeer gering is en praktisch geen invloed zal hebben op de chemische samenstelling van het oogstprodukt. Het blijkt, dat de gevonden en berekende waarnemingen per oogsttijd goed gerangschikt zijn langs éénzelfde nitrochoor. De grassen- en paardebloem-nitrochoren in de middelste en onderste grafiek van figuur 42 hebben betrekking op de gehele plant, d.w.z. op bladeren plus bloemstengels. In tegenstelling tot de gegevens in de figuren 39 en 40 (IB 549 en 556) blijkt, dat de grassen- en paardebloem-nitrochoren ongeveer een gelijk traject van $1/[N]$ waarden doorlopen. Zoals in het voorgaande al werd vermeld, is de oorzaak hiervan waarschijnlijk, dat in het geval van IB 549 en 556 alleen paardebloemblad is onderzocht en niet blad plus stengel. In 5.5 zal nog nader worden teruggekomen op de invloed van de morfologische samenstelling op de mate van veroudering bij grassen en paardebloem.

Het totale oogstprodukt van het al in 5.1.3.3 vermelde proefveld IB 550, werd slechts gesplitst in grassen en rest. Het bestand bestond op dit proefveld hoofdzakelijk uit grassen. Na de aprilbemesting bedroeg het percentage grassen bij 0, 40, 80, 160, 240 en 320 kg N per ha resp. 86, 90, 93, 95, 96 en 94 procent, gemiddeld over alle meststoffen. De verschillen tussen de meststoffen waren niet significant. Het ouder worden had op dit proefveld geen duidelijke invloed op de botanische samenstelling. Het verband tussen nitraat en totaal-stikstof werd bestudeerd bij het totale oogstprodukt en bij de grassen. Na de juni-bemesting bleef het onderzoek beperkt tot de grassen. De invloed van de botanische samenstelling op het verloop van de nitrochoor kan dus alleen gedurende de proefperiode na de aprilbemesting bestudeerd worden. In figuur 43 zijn voor het totale oogstprodukt de nitrochoren van het ks-object weergegeven. De resultaten van de grassen zijn reeds besproken in 5.1.3.3 (zie bovenste grafiek in figuur 27).

Om het effect van de botanische samenstelling te bepalen, zijn bij resp. 10, 50 en 200 mmol NO_3 per kg droge stof de $1/[N]$ -waarden van de grassen- en van de oogstprodukt-nitrochoren afgelezen. In figuur 44 zijn de verschillen tussen de reciproke stikstofwaarden van de grassen ($1/[N]$ -grassen) en van het totale oogstprodukt ($1/[N]$ -o.p.) uitgezet tegen het percentage grassen in het totale oogstprodukt. Indien dit percentage de waarde van 100 bereikt, moet $1/[N]$ -grassen min $1/[N]$ -oogstprodukt nul zijn (zie $\times$ in figuur 44). Het blijkt, dat

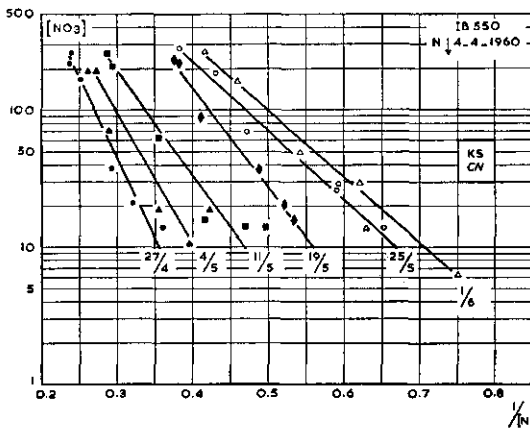


FIG. 43. Nitrochoren van het totale oogstproduct na de aprilbemesting met ks (IB 550). Voor nitrochoren van de grassen zie figuur 27. IB 550, zes oogsttijden.

FIG. 43. Nitrochores of the herbage after nitrogen application (cn) in April. The nitrochores of the grass component have been represented in figure 27. IB 550, six dates of cutting.

$1/[N]$ -grassen min $1/[N]$ -oogstproduct toeneemt naarmate het percentage grassen afneemt. In het hier behandelde geval liggen dus de grassen-nitrochoren bij hogere $1/[N]$ -waarden dan de overeenkomstige oogstproduct-nitrochoren, en wel des te hoger naarmate het percentage grassen in het oogstproduct kleiner is. Dit is maar een voorbeeld van de invloed, die de botanische samenstelling kan hebben op de ligging van de nitrochoor. Dit resultaat mag echter niet gegeneraliseerd worden. De in de figuren 43 en 44 weergegeven resultaten hebben alleen betrekking op het object ks. Aangezien bij de kas- en za-nitrochoren de invloed van de botanische samenstelling veel gelijkenis vertoont met die bij de ks-nitrochoren, zijn deze gegevens hier niet apart vermeld.

In figuur 45 zijn de opbrengsten aan het totale oogstproduct bij ks, kas en za uitgezet tegen de $1/[N]$ -waarden. Deze figuur moet vergeleken worden met de eerste grafiek van figuur 32 in 5.1.3.4. Het $1/[N]$ -traject bij een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol per kg droge stof is voor ks en kas weer door resp. kort gestreepte en getrokken lijnstukken boven de opbrengstcurven en voor za door lang gestreepte lijnstukken onder de opbrengstcurven aangegeven. De resultaten in de figuren 45 en 32 wijken in wezen niet veel van elkaar af. Zowel bij de grassen als bij het totale oogstproduct wordt de grootste opbrengstvermeerdering door een stikstofbemesting verkregen bij lage interne nitraat-

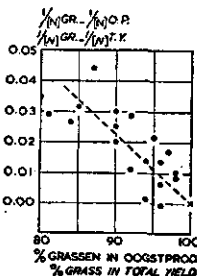


FIG. 44. Invloed van de botanische samenstelling (percentage grassen in oogstproduct) op de chemische samenstelling, nl. op het verschil tussen de $1/[N]$ -waarden van de grassen en die van het totale oogstproduct. IB 550, stikstof toegediend in april.

FIG. 44. The effect of the botanical composition (percentage grass in the herbage) on the chemical composition, viz on the difference between the $1/[N]$ values of the grass and those of the herbage, IB 550, nitrogen applied in April.

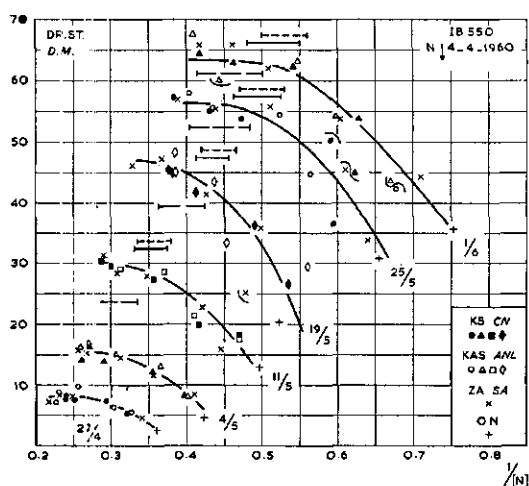


FIG. 45. Opbrengstcurven van het totale oogstproduct bij verschillende stikstof-meststoffen. Vergelijk figuur 32, waar de opbrengstcurven voor de grassen zijn gegeven. IB 550, stikstof toegediend in april, zes oogsttijden.

FIG. 45. *Herbage yield curves as affected by different nitrogen carriers. Compare figure 32 for yield curves of the grass. IB 550, nitrogen applied in April, six dates of cutting.*

gehalten. Opvoering van de stikstofbemesting voorbij het punt waarop een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol per kg droge stof bereikt wordt, heeft in beide gevallen geen of maar geringe opbrengststijgingen tengevolge.

5.5 DE MORFOLOGISCHE SAMENSTELLING

In het voorgaande is er op gewezen, dat de botanische samenstelling van het bestand (en dus van het totale oogstproduct) van invloed is op de ligging der nitrochoren en zo ook op de mate van veroudering. Een andere factor, die waarschijnlijk een veel belangrijker rol speelt bij de veroudering, is de morfologische ontwikkeling van de plant.

Bij de bespreking van de paardebloem-nitrochoor (figuur 42) kwam al naar voren, dat de stengel-nitrochoor bij hogere $1/[N]$ -waarden ligt dan de blad-nitrochoor. Wanneer bij het ouder worden het stengelaandeel sterker toeneemt dan het bladaandeel (de verhouding stengel/blad wordt groter), zal de veroudering van de gehele plant dus sneller verlopen dan wanneer de verhouding stengel/blad constant blijft.

5.5.1 LITERATUUR

5.5.1.1 De chemische samenstelling van blad en stengel

De veranderingen, die in de chemische samenstelling van grassen optreden bij het ouder worden, vinden voor een groot deel hun oorzaak in de verschuiving van de verhouding stengel/blad. De stengel heeft een lager gehalte aan totaal-stikstof en een hoger gehalte aan ruwe celstof (of lignine en cellulose) dan het

blad, zoals blijkt uit het onderzoek van OSVALD (1919), FAGAN en TREVOR JONES (1924), CHRISTOPH (1925), FAGAN et al. (1927), FAGAN (1928, 1929), RICHARDSON et al. (1931), HOSTERMAN en HALL (1938), CLARKE en TISDALE (1945), WAITE en SASTRY (1949), COOK en HARRIS (1950), ØDELIEN (1951), MACKENZIE en WYLAM (1957), ØDELIEN en HVIDSTEN (1957), PIGDEN en HEINRICHS (1957), CRAGMILES et al. (1958), DIRVEN en APPELMAN (1959) en SOSULSKI et al. (1960).

Niet alleen bij grassen, maar ook bij vlinderbloemigen (WIDTSOE en STEWART, 1898; HEADDEN, 1906; FAGAN, 1928; FAGAN en REES, 1930; KIESSELBACH, 1931; SOTOLA, 1933; ZALESKI en DENT, 1960) en bij kruiden (FAGAN en WATKINS, 1932; bij madeliefje, weegbree en zuring) heeft de stengel een lager gehalte aan totaalstikstof en een hoger gehalte aan ruwe celstof dan het blad.

Uit het bovenstaande is duidelijk, dat een verschuiving in de verhouding stengel/blad van grote invloed zal zijn op de chemische samenstelling van gras.

5.5.1.2 De verhouding stengel/blad

Bij een proef van FAGAN et al. (1927) met opeenvolgende wekelijkse oogsten steeg het stengelpercentage bij Italiaans raaigras in de periode 13 april tot 9 juni van 21 naar 83 procent. Bij een proef met verschillende maaisystemen (FAGAN, 1929) bleek, door in plaats van eens per veertien dagen eens per maand te maaien, het stengelpercentage gestegen te zijn van 22 naar 29 procent. De verhouding stengel/blad werd dus met het ouder worden groter.

Dit bleek ook uit onderzoek van HOSTERMAN en HALL (1938), ANDERSON (1944), WAITE en SASTRY (1949), KNOBLAUCH et al. (1955), MACKENZIE en WYLAM (1957), LANGER (1958), KIVIMÄE (1959), WAITE en GORROD (1959), OYENUGA (1960) en SOSULSKI et al. (1960). Ook bij de vlinderbloemigen stijgt de verhouding stengel/blad bij het ouder worden (PAZUR en DeLONG, 1948; TILLEY et al., 1958; KIVIMÄE, 1959).

In de literatuur zijn niet veel gegevens bekend omtrent de invloed van de stikstofbemesting op de verhouding stengel/blad.

STAPLEDON en BEDDOWS (1926) bestudeerden de invloed van een stikstofbemesting op de verhouding stengel/blad bij kropbaar. Bij vroeg oogsten werd het percentage stengel door de stikstofbemesting iets verhoogd, maar bij laat oogsten waren geen verschillen te bespeuren. Uit het al eerder genoemde onderzoek van FAGAN et al. (1927) met Italiaans raaigras bleek, dat een stikstofbemesting het percentage stengel bij vroeg oogsten enigszins deed dalen, nl. van 25 naar 17 procent. Bij laat oogsten waren nauwelijks meer verschillen waar te nemen. Bij het ouder worden steeg het percentage stengel. FRANKENA (1935) bestudeerde bij twee oogsttijdenproeven op blijvend grasland de invloed van stijgende stikstofgiften (tot 80 kg N per ha) op het verloop van het percentage stengel. De verschillen zijn niet bijzonder duidelijk. Bij de ene proef werd het percentage stengel iets verhoogd en bij de andere proef werd het iets verlaagd door de stikstofbemesting. Later maaien deed bij beide proeven het percentage stengel

echter sterk stijgen. Volgens onderzoek van ANDERSON (1944) en KNOBLAUCH et al. (1955) met timothee steeg het percentage stengel door een stikstofbemesting. ØDELIEN en HVIDSTEN (1957) daarentegen vonden, dat door een bemesting met NPK-mengmeststof geen verandering optrad in dit percentage. Bij 'Rhodesgras' vonden DOVRAT et al. (1959) ook geen verandering in het percentage stengel tengevolge van een stikstofbemesting. PRINE en BURTON (1956) bestudeerden bij een maaifrequentieproef de invloed van het ouder worden en van de stikstofbemesting op de verhouding stengel/blad bij 'Bermudagrass'. Bij een korte groei-periode had de stikstofbemesting geen invloed, bij een lange groeiperiode daarentegen steeg het percentage stengel. Naarmate het gras later geoogst werd, werd het percentage stengel hoger onafhankelijk van de stikstofbemesting.

5.5.2 PROEFNEMINGEN

Van de proefvelden IB 556 en 550 (april- zowel als junibemesting) werd bij ks de grassencomponent gesplitst in blad en stengel. Onder blad wordt hier verstaan de bladschijf en onder stengel de rest nl. bladschede plus stengel. Bij de jongste sneden bestond het stengelaandeel hoofdzakelijk uit bladscheden. Van proef IB 651 werd de paardebloemcomponent gesplitst in blad, stengel en bloem.

5.5.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

5.5.3.1 De verhouding stengel/blad

De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in de figuren 46, 47 en 48. Het percentage stengel neemt bij de grassen gedurende de periode april/mei veel sterker toe dan gedurende de periode juni/juli. In eerstgenoemde periode overheerst de generatieve ontwikkeling, in de laatstgenoemde de vegetatieve ontwikkeling. Deze resultaten zijn in overeenstemming met die van FRANKENA (1935).

Verder blijkt uit deze figuren, dat in het voorjaar de stikstofbemesting nauwelijks enige invloed heeft op het percentage stengel. In de zomer daarentegen ligt het percentage stengel bij de objecten 0 en 40 kg N per ha duidelijk lager dan bij de hogere stikstofgift.

In tabel 10 is de morfologische samenstelling van de paardebloemcomponent (IB 651) weergegeven. Hieruit blijkt, dat het percentage blad in het algemeen stijgt naarmate de stikstofbemesting hoger wordt. In tegenstelling tot de hierboven besproken morfologische samenstelling van de grassencomponent, vertoont het percentage blad bij de paardebloemfractie geen continue daling. Tussen 25 april en 4 mei daalt dit percentage, om tussen 4 en 15 mei weer te stijgen.

Het percentage stengel daalt sterk onder invloed van een stijgende stikstofbemesting. Bij het ouder worden neemt het stengelpercentage zeer sterk toe.

FIG. 46. Toeneming van het percentage stengel (berekend op het droge gewicht) bij grassen gedurende de groeiperiode, bij verschillende stikstofgiftten. IB 550, stikstof toegediend als ks in april.

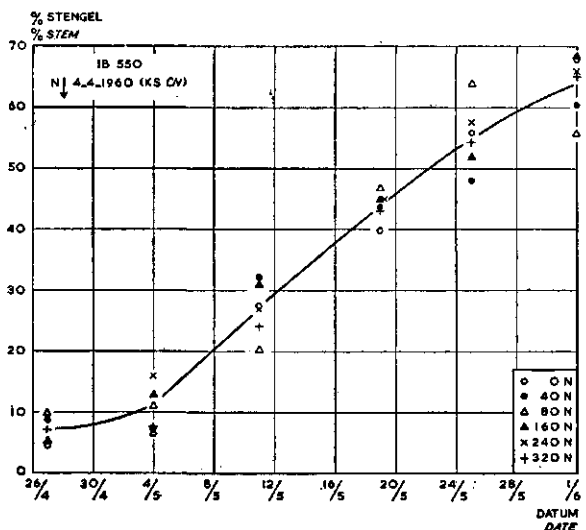


FIG. 46. Increase of percentage stem (on dry weight basis) in grass during the growth period, at different rates of nitrogen application. IB 550, nitrogen applied as cn in April.

FIG. 47. Als figuur 46, maar stikstof toegediend als ks in juni.

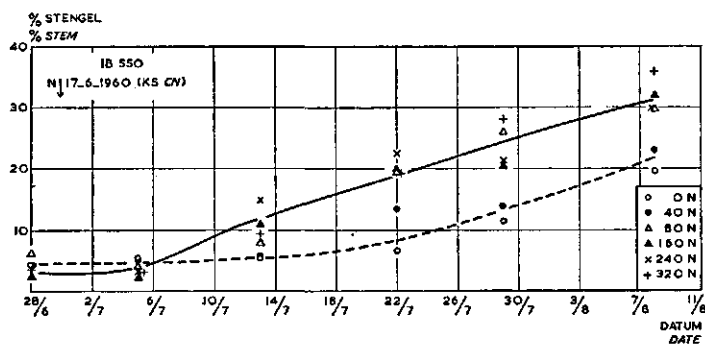


FIG. 47. As figure 46, but nitrogen applied as cn in June.

FIG. 48. Als figuur 46, maar voor IB 556. (20 mei = 21 mei)

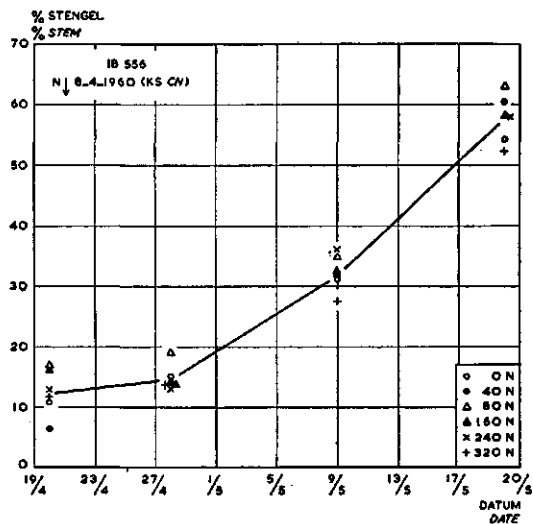


FIG. 48. As figure 46, but for IB 556. (20 May = 21 May)

TABEL 10. Invloed van stikstofgift en oogstdatum op de morfologische samenstelling (procenten van de droge stof) van paardebloem. IB 651, 1961, stikstof toegediend 10 april.

Plantendeel <i>Plant part</i>	kg N/ha als ks <i>kg N/ha as cn</i>	Oogstdatum <i>Cutting date</i>		
		25/4	4/5	15/5
Blad <i>Leaf</i>	0	40,9	31,6	34,8
	100	48,5	39,2	45,9
	200	41,8	39,3	47,6
	300	52,4	47,8	55,1
Stengel <i>Stem</i>	0	18,2	32,6	39,6
	100	16,5	30,8	35,0
	200	19,4	28,0	31,5
	300	14,3	21,9	24,5
Bloem <i>Flower</i>	0	40,9	35,8	25,6
	100	35,0	30,0	19,1
	200	38,8	32,7	20,9
	300	33,3	30,3	20,4

TABLE 10. Effect of rate of nitrogen application and of cutting date on the morphological composition (percentage on dry weight basis) of dandelion. IB 651, 1961, nitrogen applied 10 April.

Deze toeneming is echter in de periode tussen 25 april en 4 mei twee tot drie maal zo groot als in de periode tussen 4 en 15 mei.

Het percentage bloem daalt zowel bij stijgende stikstofgiften als bij langere groeiduur. De daling tengevolge van de stikstofbemesting houdt verband met de gelijktijdige daling in het stengelpercentage. De daling tengevolge van de langere groeiduur kan verklaard worden door zaadverlies. De grootste daling treedt op in de periode tussen 4 en 15 mei.

5.5.3.2 De nitrochoren van stengel en blad

Bij de grassen van IB 550 en 556 werd het verband tussen nitraat en totaalstikstof zowel bij blad als bij stengel onderzocht om de invloed van de verhouding stengel/blad op de mate van veroudering te kunnen bestuderen.

De resultaten zijn weergegeven in de figuren 49, 50 en 51. De bovenste grafiek in elke figuur heeft betrekking op de grassen-nitrochoren, de onderste grafiek op de bijbehorende blad- en stengel-nitrochoren. De grassen-nitrochoren zijn zonder de afzonderlijke waarnemingen weergegeven. Hiervoor kan verwezen worden naar de bovenste grafieken in de figuren 27, 28 en 40. Bij IB 550 werd na de aprilbemesting blad en stengel van de eerste oogstdatum (27 april) niet onderzocht. Na de juni-bemesting werd van de eerste twee oogstdata (28 juni en 5 juli) niet voldoende stengelmateriaal verkregen voor analyse.

FIG. 49. De ligging van de nitrochoren van grassen (gehele plant, zie figuur 27), mede als resultaat van de ligging van de nitrochoren van de morfologische componenten: blad en stengel. IB 550, stikstof toegediend als ks in april, zes oogsttijden.

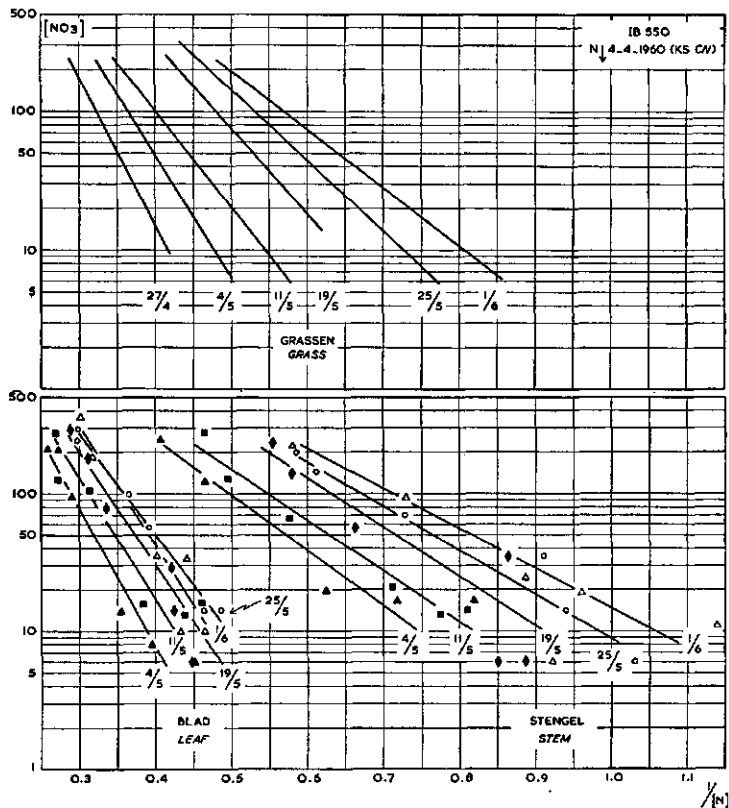


FIG. 49. The position of the grass nitrochore (whole plant, see figure 27) in relation to the position of the nitrochore of the morphological components: leaf and stem. IB 550, nitrogen applied as cn in April, six dates of cutting.

Uit de figuren blijkt, dat het rechtlijnig verband tussen log nitraat en de reciproke waarde van het totaal-stikstofgehalte niet alleen voor de grassencomponent, maar ook voor de afzonderlijke morfologische bestanddelen hiervan geldt. Zowel bij blad als bij stengel verschuiven de nitrochoren bij het toenemen van de ouderdom en van de opbrengst naar hogere $1/[N]$ -waarden.

Bij de jongste sneden bestaat de stengelfractie nog in hoofdzaak uit bladscheden. Uit het onderzoek van GIBBS (1937) en HOSTERMAN en HALL (1938) is bekend, dat de bladschede reeds een aanzienlijk lager gehalte aan totaal-stikstof heeft dan het blad. Het gehalte is echter hoger dan in de stengel.

FIG. 50. Als figuur 49, maar stikstof toegediend als ks in juni. Vijf oogsttijden. Op 28/6 en 5/7 was onvoldoende stengelmateriaal aanwezig. Zie verder figuur 28.

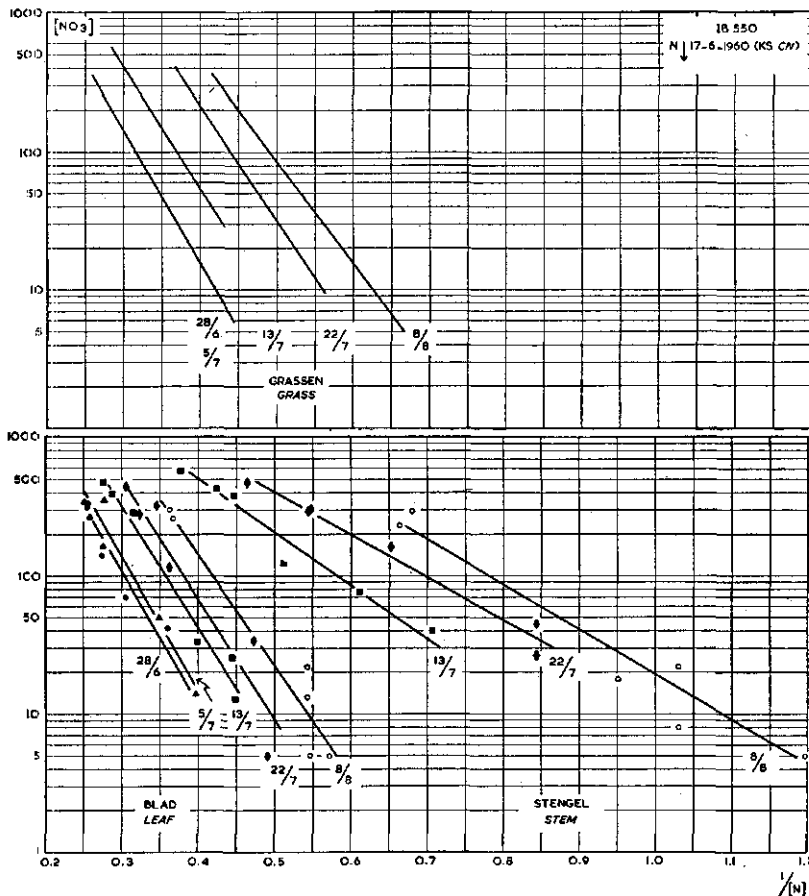


FIG. 50. As figure 49, but nitrogen applied as cn in June. Five dates of cutting. On 28/6 en 5/7 the amount of stem material was insufficient. See further figure 28.

In de literatuur konden geen gegevens gevonden worden over verschillen in nitraatgehalte tussen blad en stengel bij grassen. Uit onze proeven blijkt, dat bij de vroege sneden de stengel, in hoofdzaak bladschede, meer nitraat accumuleert dan het blad. Bij de late sneden bevat het blad meer nitraat dan de stengel, die in dit geval hoofdzakelijk uit bloeistengels, bloemen en zaden bestaat. Nu accumuleren bloemen (zie figuur 55, paardebloem), maar vooral zaden weinig nitraat, zoals blijkt uit onderzoek van BRADLEY et al. (1940), WHITEHEAD en MOXON (1952), en HANWAY en ENGLEHORN (1958) bij graangewassen.

Bij IB 550 ligt de blad-nitrochoor van 1 juni (figuur 49) eerder bij lagere dan

FIG. 51. Als figuur 49, maar voor IB 556. Zie verder figuur 40.

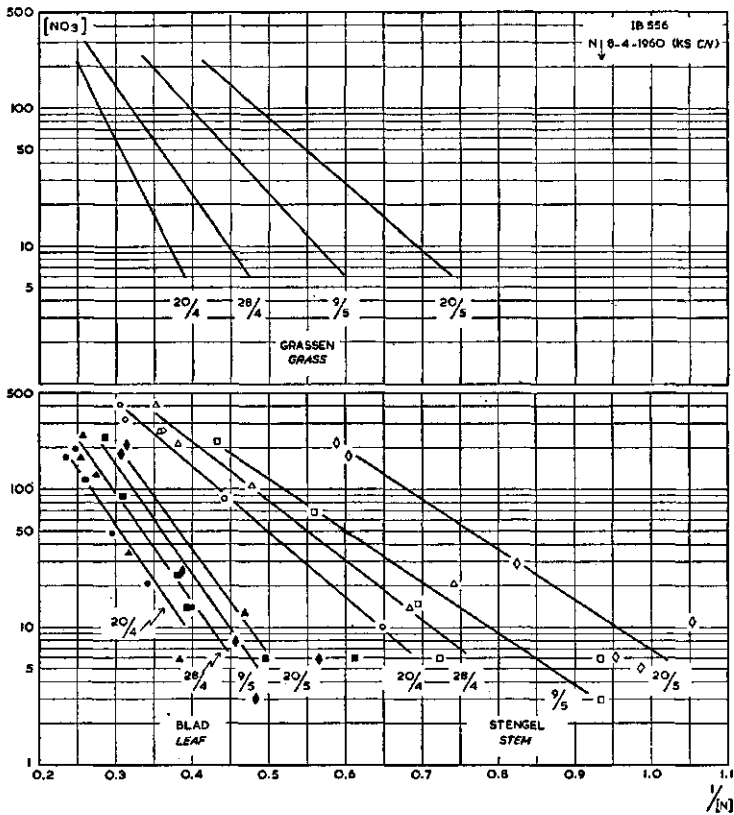


FIG. 51. As figure 49, but for IB 556. See further figure 40.

bij hogere $1/[N]$ -waarden dan de blad-nitrochoor van 25 mei. Dit is in overeenstemming met het feit, dat gedurende deze periode de bladopbrengst niet gestegen, maar gedaald is door verlies van oud blad. De opbrengsten aan blad zijn vermeld in tabel 11. Bij proeven met timothee vond ØDELIEN (1951) bij een lange groeiperiode ook een daling van de bladopbrengst, waarschijnlijk tengevolge van bladafval. Het afwijkend gedrag bij object 80 N is alleen te verklaren door een fout, die waarschijnlijk gemaakt is bij de bepaling van blad- en stengelpercentage (zie ook figuur 46).

Verder blijkt uit de figuren 49, 50 en 51 duidelijk, dat de samengestelde veroudering, d.w.z. de veroudering van de totale plant, door het sterker toenemen van de stengelfractie versneld wordt. Dit is in figuur 52 overzichtelijk-

TABEL 11. Invloed van stikstofgift en oogstdatum op de opbrengst (100 kg dr.st. per ha) van de bladcomponent van grassen. IB 550, 1960, stikstof toegediend 4 april.

kg N/ha als ks kg N/ha as cn	Oogstdatum/Cutting date					
	27/4	4/5	11/5	19/5	25/5	1/6
0	2,3	3,8	7,6	10,4	11,4	10,0
40	4,5	7,0	10,9	12,7	17,7	16,3
80	6,4	9,9	14,3	18,2	17,6	21,4
160	6,7	11,8	18,1	21,7	24,1	19,1
240	6,8	13,1	21,0	24,1	22,9	20,7
320	7,0	12,6	21,4	24,4	23,8	21,5

TABLE 11. Effect of rate of nitrogen application and cutting date on the yield (100 kg dry matter per ha) of the leaf component of grass. IB 550, 1960, nitrogen applied 4 April.

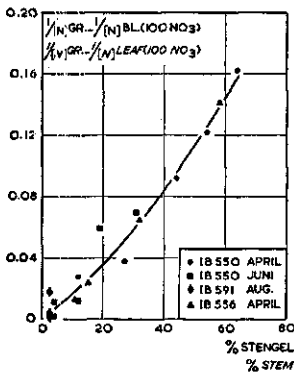


FIG. 52. Invloed van de morfologische samenstelling (percentage stengel) op de veroudering van grassen, nl. op het verschil tussen de $1/[N]$ -waarden van de gehele plant en van het blad, bij een nitraatgehalte van 100 mmol. Verschillende proefvelden.

FIG. 52. The effect of the morphological composition (percentage stem) on the ageing of grass, viz. on the difference between the $1/[N]$ values of the whole plant and of the leaf at a nitrate content of 100 mmol. Different experiments.

heidshalve weergegeven door het verschil in $1/[N]$ -waarde tussen grassen en blad bij een nitraataccumulatie-niveau van 100 mmol per kg droge stof uit te zetten tegen het percentage stengel.

In de literatuur konden geen gegevens gevonden worden over de veroudering van de afzonderlijke morfologische bestanddelen van grassen bij voldoende stikstofvoorziening. Bij bewerking van resultaten van het onderzoek van FAGAN et al. (1927), FAGAN (1929), HOSTERMAN en HALL (1938), WAITE en SASTRY (1949), MACKENZIE en WYLAM (1957), ØDELIEN en HVIDSTEN (1957), CRAGMILES et al. (1958) met grassen bij een laag stikstofniveau, bleek $1/[N]$ -grassen min $1/[N]$ -blad eveneens groter te worden naarmate het percentage stengel toenam. Enige voorbeelden zijn vermeld in tabel 12.

In figuur 52 zijn tevens gegevens vermeld van proef IB 591. Deze proef is een vervolg op het onderzoek van IB 550. Aangezien echter door omstandigheden IB 591 niet op hetzelfde perceel als IB 550 aangelegd kon worden, werd hiervoor een nabij IB 550 gelegen perceel met identieke grondsoort en gelijk bestand gekozen. De stikstofbemesting (0 - 40 - 80 - 160 - 240 - 320 kg N per ha als kalksalpeter) werd op 10 september toegediend. Het gras werd op 26 september, 5 en 10 oktober geoogst.

TABEL 12. Invloed van de morfologische samenstelling (stengel, percentage van de droge stof) op de mate van veroudering ($1/[N]$ grassen minus $1/[N]$ blad) van de gehele plant. Bewerking van literatuurgegevens.

Auteurs(s) / Author(s)	Gewas/Crop	% Stengel % Stem	$1/[N]$ grassen - $1/[N]$ blad $1/[N]$ grass - $1/[N]$ leaf
FAGAN et al. (1927)	Ital. raaigras	16	0,04
	Ital. rye-grass	81	0,34
FAGAN (1929)	Ital. raaigras	20	0,03
	Ital. rye-grass	30	0,05
HOSTERMANN en/and HALL (1938)	timothee	62	0,29
	timothy	80	0,49
WAITE en/and SASTRY (1949)	timothee	28	0,07
	timothy	44	0,11
		72	0,48
MACKENZIE en/and WYLAM	Eng. raaigras	16	0,02
(1957)	per. rye-grass	48	0,16
ØDELIEN en/and HVIDSTEN	timothee	65	0,30
(1957)	timothy	81	0,69
CRAIGMILES et al. (1958)	Sudangras	21	0,05
	Sudan grass	35	0,16
IB 550 (deze publikatie)	grassen, blijv. grasland	7	0,00
IB 550 (this publication)	grass, perm. grassland	40	0,09
		68	0,38
IB 556 (deze publikatie)	grassen, blijv. grasland	11	0,00
IB 556 (this publication)	grass, perm. grassland	31	0,05
		54	0,31

TABLE 12. Effect of the morphological composition (stem, percentage on dry weight basis) on the rate of ageing ($1/[N]$ grass minus $1/[N]$ leaf) of the whole plant. Compiled from the literature.

In figuur 53 zijn de nitrochoren van de grassen en van het blad weergegeven. De hoeveelheid stengelmateriaal was helaas onvoldoende voor analyse. De blad-

FIG. 53. Nitrochoren van de gehele plant en van het blad bij grassen. IB 591, stikstof toegediend als ks in september, drie oogsttijden. Zie ook tabel 13 en figuur 54.

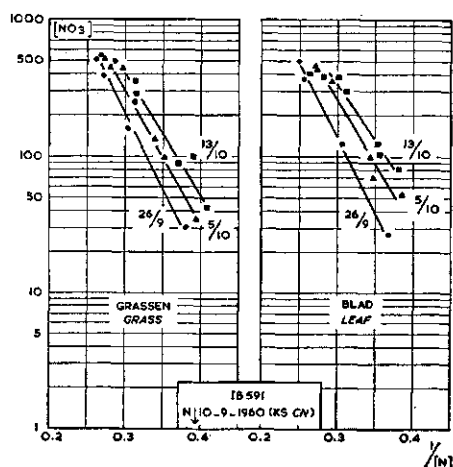


FIG. 53. Nitrochore of the whole plant and of the leaf of grass. IB 591, nitrogen applied as ks in September, three dates of cutting. See also table 13 and figure 54.

nitrochoren liggen bij iets lagere $1/[N]$ -waarden dan de grassen-nitrochoren, al zijn de verschillen gering. In tabel 13 zijn voor de verschillende oogstdata en

TABEL 13. Morfologische samenstelling van grassen (stengel, percentage van de droge stof) onder invloed van stikstofgift en oogstdatum. IB 591, 1960, stikstof toegediend 10 september.

kg N/ha als ks kg N/ha as cn	Oogstdatum/Cutting date		
	26/9	5/10	13/10
0	1,9	0,9	4,3
40	3,2	3,3	5,7
80	3,3	4,0	6,6
160	5,2	8,7	7,1
240	5,9	7,4	6,7
320	6,1	6,2	7,0

TABLE 13. Morphological composition of grass (stem, percentage on dry weight basis), as affected by rate of nitrogen application and cutting date. IB 591, 1960, nitrogen applied 10 Sept.

stikstofgiften de stengelpercentages vermeld. Uit deze tabel blijkt, dat het percentage stengel zeer laag ligt en bij het ouder worden ook nauwelijks toeneemt. Het geringe verschil tussen grassen- en blad-nitrochoren is hiermee in overeenstemming. De opbrengsten stijgen bij het ouder worden maar betrekkelijk weinig meer, zoals blijkt uit figuur 54. De grassen hebben geen gelegenheid gehad zich te differentiëren in blad en stengel. Verder blijkt uit figuur 54, dat bij een

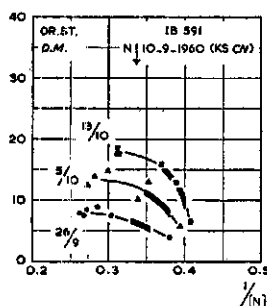


FIG. 54. Grasopbrengsten. IB 591. Zie verder figuur 53. De $1/[N]$ -trajecten bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol zijn aangegeven door een vet gedeelte in de curve.

FIG. 54. Herbage yields. IB 591. See further figure 53. The $1/[N]$ ranges at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol have been represented by a thick part of the curve.

nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol per kg droge stof de optimale opbrengst nog niet bereikt is. In tegenstelling tot de resultaten van de eerder besproken proeven wordt dit accumulatie niveau al bij lage stikstofgiften (40 tot 80 kg N per ha) bereikt.

De interne nitraatverwerking is wellicht geremd door een tekort aan licht. Onder deze omstandigheden wordt blijkbaar een hoger niveau van nitraataccumulatie vereist voor het bereiken van een maximale opbrengst. Behalve IB 380 (1959, zeer zonnig najaar) werd geen van onze proeven echter zo laat in het seizoen bemest en geoogst.

De nitrochoren van paardebloem en van paardebloemblad, -stengel en -bloem (IB 651) zijn weergegeven in figuur 55. De bovenste grafiek in deze figuur heeft

FIG. 55. De ligging van de nitrochoren van paardebloem (gehele plant, bovenste grafiek; zie ook figuur 42), mede als resultaat van de ligging van de nitrochoren van de morfologische componenten (blad, stengel, bloem — onderste grafiek). IB 651, stikstof toegediend als ks in april, drie oogsttijden. De bloem-nitrochoren zijn weergegeven door streeplijnen (de bijbehorende punten zijn open). De volgorde van de bloem-nitrochoren is afwijkend.

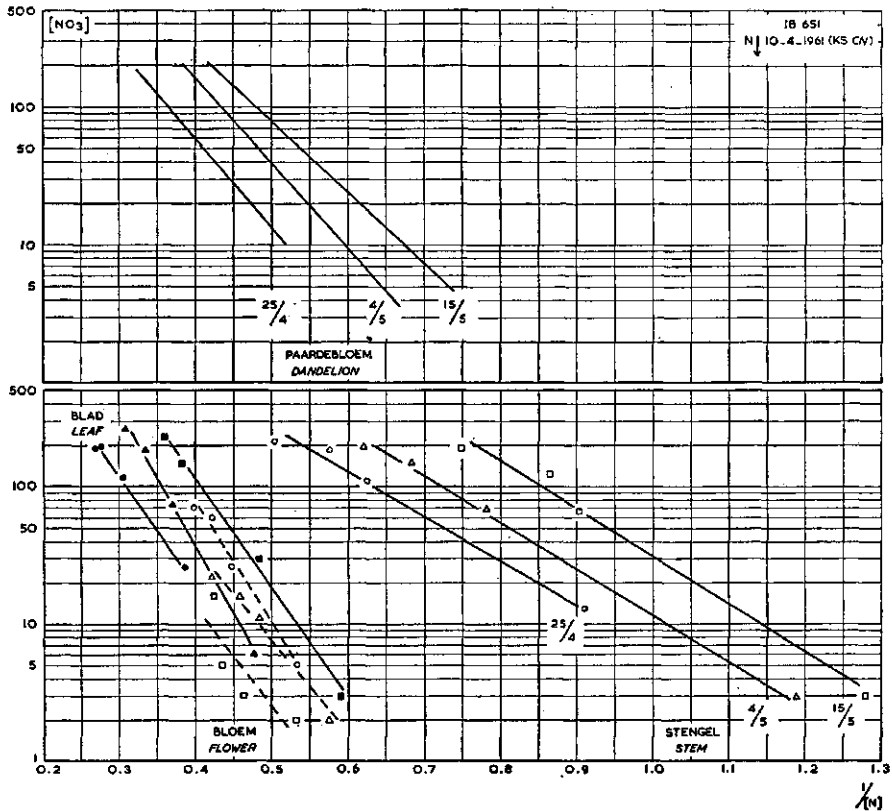


FIG. 55. The position of the nitrochores of dandelion (whole plant, upper graph; see also figure 42) in relation to the position of the nitrochores of the morphological components (leaf, stem, flower — lower graph). IB 651, nitrogen applied as ks in April, three dates of cutting. The flower nitrochores are represented by dashed lines (and open plots). The sequence of the flower nitrochores deviates from the normal pattern.

betrekking op de gehele paardebloem, de onderste grafiek op blad, stengel en bloem. De bloem-nitrochoren zijn aangegeven door open punten en streeplijnen. Bij de paardebloem-nitrochoren in de bovenste grafiek zijn de afzonderlijke waarnemingen niet aangegeven. Hiervoor wordt verwezen naar de onderste grafiek in figuur 42.

Uit figuur 55 blijkt, dat de stengel-nitrochoren bij hogere $1/[N]$ -waarden liggen dan de blad-nitrochoren (zie ook figuur 41). Naarmate het stengelpercentage

bij het ouder worden toeneemt (zie tabel 10) zullen de paardebloem-nitrochoren sneller naar hogere $1/[N]$ -waarden verschuiven. De samengestelde veroudering wordt dus voor een groot deel bepaald door de veranderingen, die bij het ouder worden optreden in de verhouding stengel/blad. Verder blijkt uit de figuur, dat het rechtlijnig verband tussen $\log [NO_3]$ en $1/[N]$, zoals voorgesteld door de nitrochoren, niet alleen geldt voor de paardebloem en voor paardebloemblad en -stengel, maar ook voor de bloemen. De bloem-nitrochoren echter bereiken, vooral op 4 en 15 mei, een veel lager niveau van nitraataccumulatie dan de blad- en stengel-nitrochoren. Het meest opvallende is evenwel, dat de bloem-nitrochoren bij het ouder worden niet naar hogere, maar naar lagere $1/[N]$ -waarden verschuiven. De oorzaak van dit afwijkend gedrag is misschien, dat de bloem door het zich ontwikkelend endosperm eiwitrijker wordt, waardoor de nitrochoor dus naar lagere $1/[N]$ -waarden verschuift.

6 DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP HET RUWE-CELSTOFGEHALTE BIJ GELIJK OPBRENGSTNIVEAU

Oud gras heeft een hoger ruwe-celstofgehalte dan jong gras. In de vorige hoofdstukken is vastgesteld, dat de veroudering van het gras samengaat met een stijging van de $1/[N]$ -waarden (dus een daling van het totaal-N gehalte) en met een stijging van het ruwe-celstofgehalte. Verder werd een aanwijzing verkregen, dat het ruwe-celstofgehalte beïnvloed wordt door de hoeveelheid geproduceerde droge stof.

Aangezien voor de bepaling van de voederwaarde gebruik gemaakt wordt van het ruwe-celstofgehalte, is het gewenst te onderzoeken welke factoren, behalve veroudering, van invloed zijn op dit gehalte.

Achtereenvolgens zal de invloed van de volgende factoren besproken worden:

- 1) de stikstofbemesting,
- 2) de fosfaat- en kalibemesting,
- 3) de watervoorziening,
- 4) de botanische samenstelling,
- 5) de morfologische samenstelling.

6.1 DE STIKSTOFBEMESTING

Bij de bespreking van de ruwe-celstofspectra in 4.2.1.2 is er al op gewezen, dat in het algemeen het ruwe-celstofgehalte bij jong geoogst gras tengevolge van een stikstofbemesting daalt, terwijl dit gehalte bij oud geoogst gras stijgt. Bij de oudste sneden van de proeven IB 306, 307 en 308 (zie figuur 16) steeg tengevolge van een stikstofbemesting wel het ruwe-celstofgehalte aanzienlijk, maar bleef het totaal-stikstofgehalte gelijk. Het effect van de stikstofbemesting kwam in deze gevallen verder alleen nog maar tot uiting in een verhoogde droge-stofproductie. Dit is een aanwijzing, dat de opbrengstvermeerdering verantwoordelijk is voor de stijging van het ruwe-celstofgehalte.

6.1.1 LITERATUUR

Dit effect van de hoeveelheid geproduceerde droge stof blijkt ook uit de volgende gegevens.

FAGAN en TREVOR JONES (1924) vermelden, dat bij hun proeven met verschillende grassen, waarbij dezelfde veldjes maandelijks geoogst werden, het ruwe-celstofgehalte in het algemeen positief en het ruw-eiwitgehalte negatief gecorreleerd was met de hoogte van de opbrengst. Ook volgens ARCHIBALD en NELSON (1929) lopen de fluctuaties in het ruwe-celstofgehalte parallel met de

fluctuaties in droge-stofproductie. WOODMAN et al. (1931) vonden, dat het ruwe-celstofgehalte van met stikstof bemest gras hoger lag dan van niet met stikstof bemest gras. Door deze onderzoekers wordt het volgende opgemerkt: 'the higher fibre content of the hay on plot 3 is an indication of the stimulation of the vegetative activity with consequent higher yield of herbage, brought about by the application of sulphate of ammonia'. Hier wordt dus duidelijk de vermeerdering van de opbrengst als de ruwe-celstofbepalende factor beschouwd.

Het effect van een stikstofbemesting kan, zoals uit onze ruwe-celstofspectra blijkt (figuur 16), variëren van negatief naar positief, afhankelijk van de ouderdom waarop het gras gemaaid wordt. Dit is de oorzaak van tegenstrijdige resultaten, welke in de literatuur worden aangetroffen.

Volgens FAGAN en EVANS (1926), GRUNDER (1933), BURTON en DeVANE (1952), ØDELIEN en HVIDSTEN (1957) en WOELFEL en POULTON (1960) wordt het ruwe-celstofgehalte verhoogd door een stikstofbemesting, terwijl volgens VINALL en WILKENS (1936), BOSCH (1946), KARNS (1955), RAMAGE et al. (1958), AUSTENSON en LAW (1958), BARTH et al. (1959), BRATZLER et al. (1959), MARKLEY et al. (1959), en CHALUPA et al. (1961) het ruwe-celstofgehalte verlaagd wordt door een stikstofbemesting.

Uit onderzoekingen van JORDAN (1881) bleek door een bemesting (o.a. met stikstof) het ruwe-celstofgehalte bij het schieten met 0,3 en bij het begin van de bloei met 1,6 procenten verhoogd te worden. FAGAN, MILTON en PROVAN (1927) vonden in hun proef met wekelijkse oogsten van Italiaans raaigras, dat een stikstofbemesting het ruwe-celstofgehalte bij de jonge groeistadia — bijvoorbeeld bij 3-weekse groei — verlaagde van 20,1 naar 18,3 procent. Bij 10-weekse groei deed de stikstofbemesting het ruwe-celstofgehalte daarentegen stijgen van 25,4 naar 27,4 procent. SALISBURY en MORRISON (1938) vonden bij een maaitijdenproef, dat bij jong geoogste timothee het ruwe-celstofgehalte met 0,6 procenten verhoogd werd door een stikstofbemesting en bij oud geoogst gras met 4,8 procenten. De verschillen in opbrengst tussen het wel en niet bemeste gras waren in dezelfde periode meer dan verdubbeld. Uit een aantal interprovinciale maaitijdenproeven (FRANKENA, 1941) bleek, dat door een stikstofbemesting van 75 kg N per ha het ruwe-celstofgehalte bij de eerste oogstdatum gemiddeld met 0,4 procenten en bij de laatste oogstdatum gemiddeld met 1,3 procenten was toegenomen. Bij een onderzoek van RAVEN en ROBINSON (1957) komt dit eveneens naar voren; bij jong gras werd een stijging van 2,4 procenten en bij oud gras van 4,6 procenten verkregen. FISHER en CALDWELL (1959) bestudeerden het effect van zware stikstofbemesting op de kwaliteit van 'Bermudagrass'. Zij vonden, dat het ruwe-celstofgehalte van het gras door de stikstofbemesting verhoogd werd zolang ook de droge-stofopbrengst door de stikstofbemesting toenam. Bij een maaitijden-stikstofhoeveelhedenproef met 'Sudangrass' vermelden ACHACOSO et al. (1960), dat bij de vroegste snede het ruwe-celstofgehalte tengevolge van stikstofgiften van 70 en 270 kg N per ha daalde met 3,2 resp. 9,8 procenten. Bij de oudste sneden was deze daling veel geringer en bedroeg nog maar 0,9 resp. 3,1 procenten. KNOX et al. (1958) bestudeerden in een proef met ver-

schillende maaifrequenties de invloed van de stikstofbemesting op het ligninegehalte van 'Bermudagrass'. Bij maaiintervallen van 2, 3, 4, 6 en 8 weken steeg door een bemesting van 670 kg N per ha het ligninegehalte met resp. -1,5, -1,3, +0,6, +1,2 en +1,4 procenten en door een bemesting van 1000 kg N per ha met resp. -1,8, -1,5, +0,4, +1,5 en +1,2 procenten. Bij jong gras werd door de stikstofbemesting het ligninegehalte dus verlaagd, bij oud gras daarentegen verhoogd.

Bovengenoemde gegevens zijn in zoverre met onze resultaten in overeenstemming, dat de verhoging van het ruwe-celstofgehalte door een stikstofbemesting bij jong geoogst gras aanzienlijk geringer is dan bij oud geoogst gras. De benaming 'jong geoogst gras' heeft in dit verband niet altijd betrekking op jong gras. In de meeste gevallen was zelfs reeds een betrekkelijke hoge drogestofproduktie bereikt. 'Jong geoogst' heeft slechts betrekking op de eerste oogst (jongste) na de bemesting. Wanneer deze eerste oogst zolang wordt uitgesteld, dat al een hoge opbrengst wordt verkregen, zal het effect van de stikstofbemesting zeer waarschijnlijk niet negatief zijn (zie de inversie van het stikstofeffect in figuur 16). Dit is de oorzaak, dat bij de meeste van de hierboven vermelde onderzoeken bij jong geoogst gras geen daling van het ruwe-celstofgehalte is opgetreden tengevolge van een stikstofbemesting.

6.1.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Het vergelijken van wel en niet met stikstof bemest gras bij eenzelfde oogstdatum kan onder bepaalde omstandigheden betrekkelijk weinig zin hebben, aangezien dan totaal verschillende drogestofproducties met elkaar vergeleken worden. Bij grasland wordt immers het oogsten aangepast aan de gebruikswijze, hetzij weiden, hetzij maaien voor kuilvoer en hooi. Dit oogsten vindt in het algemeen plaats, wanneer een bepaalde hoeveelheid droge stof is geproduceerd. Deze hoeveelheid hangt voornamelijk samen met de bestemming (weiden, kuilvoer, hooi). Bemest en niet bemest gras kunnen dan dus beter vergeleken worden bij een gelijke produktie aan droge stof. Immers groei en drogestofproduktie zijn van grote invloed op de samenstelling van gras.

Met betrekking tot ruwe celstof bleek dit uit een onderzoek van Bosch (1946) naar de werking van in het najaar toegediende stikstof. Bij de kortste groeiperiode ($\pm$ 10 september tot 10 oktober), lagen de ruwe-celstofgehalten in het gras gemiddeld ongeveer even hoog als bij de langste groeiperiode ($\pm$ 10 september tot 30 oktober). De opbrengstverhoging, die bij deze proeven verkregen werd door het gras langer te laten groeien, was nl. zeer klein en bedroeg op zand, klei en klei-veen gemiddeld resp. 400, 520 en 400 kg droge stof per ha. Niet de ouderdom in dagen, maar de ouderdom in drogestofproduktie is bepalend voor het ruwe-celstofgehalte.

De resultaten van IB 591 stemmen geheel overeen met bovengenoemde. Bij een laag niveau van stikstofbemesting (gemiddelde van 0, 40 en 80 kg N per ha)

bedroeg het ruwe-celstofgehalte op 26 september, 5 en 13 oktober resp. 22,6, 21,7 en 22,9 procent, bij een hoog niveau van stikstofbemesting (gemiddelde van 160, 240 en 320 kg N per ha) resp. 20,7, 21,4 en 22,9 procent. Het ruwe-celstofgehalte is bij het ouder worden zeer weinig toegenomen. Dit is eveneens het geval met de opbrengst (figuur 54).

FIG. 56. Verband tussen opbrengst en ruwe-celstofgehalte bij gras. Drie bemestingstijden en drie stikstofgiften. Zeven proefvelden (IB 44-50). Voor legendum zie figuur 7.

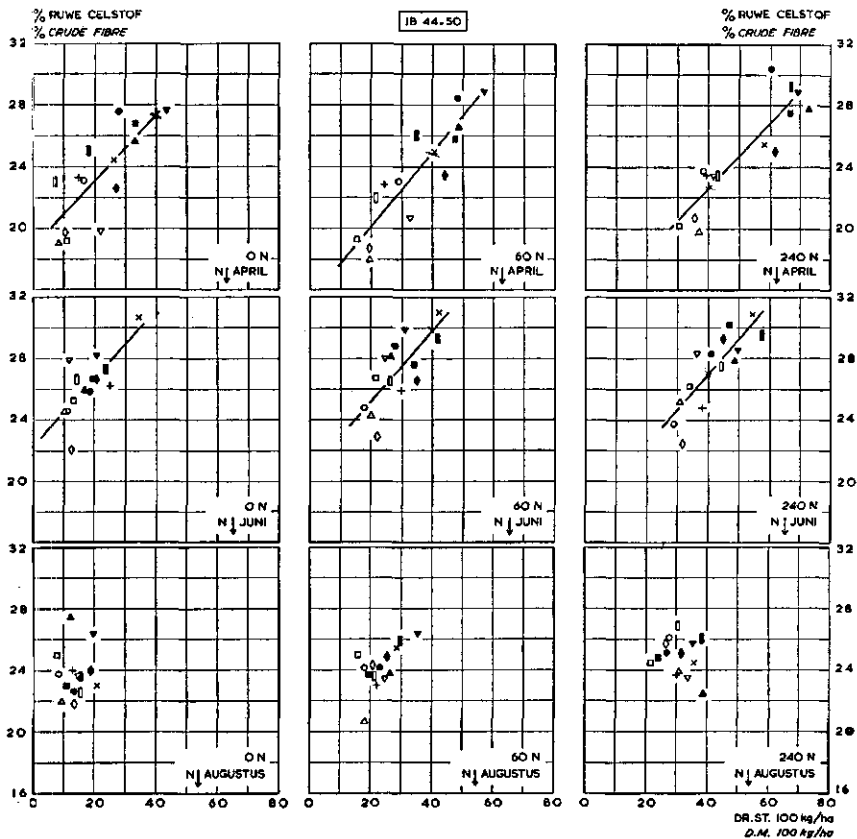


FIG. 56. Relation between yield and crude-fibre content of herbage. Three dates and three rates of nitrogen application. Seven experiments (IB 44-50). For legends see figure 7.

In het volgende zal de invloed van de stikstofbemesting op het gehalte aan ruwe celstof beschouwd worden in verband met de opbrengst.

In figuur 56 zijn van de proeven IB 44 tot en met IB 50 (1957) voor de giften 0, 60 en 240 kg N per ha de ruwe-celstofgehalten uitgezet tegen de opbrengsten. Bij deze proefvelden werd het gras op twee verschillende data geoogst. De open punten en de plusjes hebben betrekking op het jonge gras, de dichte punten en de kruisjes op het oude gras. In de eerste plaats blijkt uit de figuur, dat

het oude gras een hoger-ruwe-celstofgehalte heeft dan het jonge gras. Dit geldt althans voor de bemestingstijden april en juni, wanneer de verschillen in opbrengst tussen de vroege en de late snede groot zijn. De opbrengstverschillen tussen de vroege en de late snede zijn na de aprilbemesting groter dan na de juni-bemesting. De verschillen in ruwe-celstofgehalte tussen de vroege en de late snede zijn na de aprilbemesting dan ook groter dan na de juni-bemesting. Bij de augustusbemesting liggen de punten onregelmatig door elkaar. De opbrengstverschillen tussen beide sneden zijn dan betrekkelijk klein. In overeenstemming hiermee zijn ook de verschillen in ruwe-celstofgehalte tussen beide sneden klein. Hieruit kan dus ook weer geconcludeerd worden, dat de hoogte van de opbrengst van grote invloed is op het ruwe-celstofgehalte.

De in de figuur getrokken rechte lijnen geven het verband weer tussen het ruwe-celstofgehalte en de opbrengst voor de groep van zeven proefvelden. Bij nadere beschouwing van de gegevens van de april- en juni-bemesting in figuur 56 blijkt, dat het ruwe-celstofgehalte door een stikstofbemesting verhoogd wordt, althans wanneer de vergelijking gemaakt wordt bij gelijke oogstdata. In tabel 14 zijn de gemiddelde ruwe-celstofgehalten van de proeven IB 44 tot en met IB 50 vermeld. De stijging van het ruwe-celstofgehalte door de stikstofbemesting

TABEL 14. Invloed van stikstofgift, bemestingstijd en oogsttijd op het ruwe-celstofgehalte van gras. Gemiddelde van zeven proefvelden, IB 44 - 50, 1957.

	Oogsttijd/Cutting date					
	Vroeg/Early			Laat/Late		
	kg N/ha als kas kg N/ha as anl			kg N/ha als kas kg N/ha as anl		
	0	60	240	0	60	240
Aprilbemesting <i>April application</i>	21,0	20,7	22,2	25,7	26,4	27,8
Juni-bemesting <i>June application</i>	25,3	25,6	25,5	27,3	28,8	29,3

TABLE 14. Effect of rate of nitrogen application, date of nitrogen application and cutting date on the crude-fibre content of herbage. Average of seven experiments, IB 44 - 50, 1957.

is bij de vroege snede aanzienlijk kleiner dan bij de late snede. Dit stemt overeen met het feit, dat ook de opbrengststijging door de stikstofbemesting bij de vroege snede kleiner is dan bij de late snede (zie figuren 7, 8 en 9).

Op grasland is, zoals al gezegd, het tijdstip van oogsten afhankelijk van de produktie. Dit houdt dus in, dat de invloed van de stikstofbemesting op de kwaliteit van het produkt bestudeerd moet worden bij een bepaalde produktie. In figuur 56 is dit mogelijk voor de stikstofinvloed op het ruwe-celstofgehalte. Uit de figuur blijkt, dat bij gelijke produktie het ruwe-celstofgehalte van het gras lager ligt naarmate de stikstofbemesting wordt opgevoerd van 0 tot 240 kg N per ha. Door 60 resp. 240 kg N per ha wordt na de aprilbemesting het

ruwe-celstofgehalte gemiddeld met 3,5 resp. 4,5 procenten verlaagd en na de junibemesting met 1,5 resp. 4,5 procenten. Verder blijkt, dat het ruwe-celstofgehalte van het gras na de junibemesting aanzienlijk hoger ligt dan na de aprilbemesting. Bij een opbrengstniveau van 3000 kg droge stof per ha bedraagt dit verschil voor 0, 60 en 240 kg N per ha resp. 4,0, 5,7 en 4,7 procenten. Dit is opmerkelijk, aangezien het gras in de periode juni/juli minder de neiging heeft om in een generatief stadium over te gaan dan in de periode april/mei. In het voorjaar zal dus het percentage stengel groter geweest zijn dan in de voorzomer (zie ook de figuren 46 en 47). Daar het ruwe-celstofgehalte van de stengel hoger is dan van het blad, zou verwacht worden, dat het ruwe-celstofgehalte van het gras na de junibemesting lager zou liggen dan na de aprilbemesting, en dat het bij toenemende opbrengst minder zou toenemen.

Indien het totaal-stikstofgehalte in het gras na de junibemesting lager zou liggen dan na de aprilbemesting, zou dit een verklaring mogelijk maken. In figuur 57

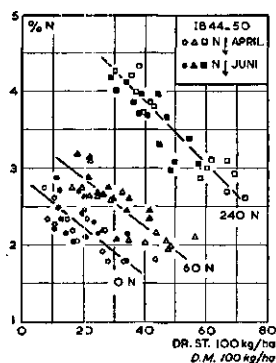


FIG. 57. Verband tussen opbrengst en totaal-stikstofgehalte bij gras. Drie stikstofgiften en twee bemestingstijden. Zeven proefvelden, zie figuur 56.

FIG. 57. Relation between yield and total-nitrogen content of herbage. Two dates and three rates of nitrogen application. Seven experiments, see figure 56.

zijn hiertoe van de proeven IB 44 tot en met IB 50 voor de giften 0, 60 en 240 kg N per ha de totaal-stikstofgehalten uitgezet tegen de opbrengsten. De open punten hebben betrekking op de aprilbemesting, de dichte punten op de junibemesting. Uit deze figuur blijkt, zoals te verwachten, dat het totaal-stikstofgehalte in het gras sterk stijgt, wanneer de stikstofbemesting zwaarder wordt. Deze stijging is sterker bij vergelijking bij gelijke opbrengst dan bij vergelijking bij dezelfde oogstdatum. Het totaal-stikstofgehalte in het gras na de junibemesting is praktisch gelijk aan dat in het gras na de aprilbemesting, althans bij vergelijking bij gelijke opbrengst. Er is dus vooralsnog geen verklaring te geven voor het hogere ruwe-celstofgehalte in het gras na de junibemesting.

In tabel 15 zijn de afgeleide resultaten van de proeven IB 106, 306, 307, 308 en 380 vermeld. Deze resultaten zijn verkregen door bij een bepaalde stikstofgift de gehalten aan ruwe celstof en totaal-stikstof uit te zetten tegen de opbrengst. Hierna werden deze gehalten bij de opbrengsten 2000, 3000 en 4000 kg droge stof per ha afgelezen. Uit de tabel blijkt, dat in alle gevallen door een verhoging van de stikstofbemesting het ruwe-celstofgehalte verlaagd en het totaal-stikstofgehalte verhoogd is. Ook bij de proeven IB 306, 307 en 308 blijken de ruwe-

TABLE 15. Invloed van stikstofgift, toedieningsstijf en hoogte van droge-stofopbrengst op de gehalten aan ruwe celstof en totaal-stikstof, vergeleken bij gelijke opbrengstniveaus.

Proef IB no.	N-bemesting in	Dr.st. 100 kg/ha	% Ruwe-celstof % Crude fibre					% Totaal-stikstof % Total nitrogen				
			kg N/ha					kg N/ha				
			0	40/50*	80	120	240/250*	0	40/50*	80	120	240/250*
306 (1958)	april/April	20	22,6	21,8	20,4	20,4	20,6	2,14	2,74	—	—	—
	juni/June	20	24,3	23,0	21,1	21,1	22,8	2,50	2,78	—	—	—
307 (1958)	april/April	20	23,7	22,4	20,4	20,4	25,1	2,05	2,67	—	—	—
	juni/June	20	24,4	24,2	22,8	22,8	18,1	1,62	2,41	—	—	—
308 (1958)	april/April	20	22,8	19,9	18,8	18,8	16,3	2,34	2,58	—	—	—
	juni/June	20	24,3	24,0	22,3	22,3	21,0	2,59	2,86	—	—	—
106 (1958)	april/April	20	23,7	21,7	—	—	20,6	2,44	3,43	—	—	—
	30	26,4	24,3	—	—	—	22,8	2,02	2,98	—	—	—
	40	—**	26,6	—	—	—	25,1	—	2,58	—	—	—
106 (1959)	april/April	20	19,6	19,4	—	—	18,1	2,68	3,47	—	—	—
	30	23,0	22,7	—	—	—	21,3	2,45	2,97	—	—	—
	40	25,0	25,3	—	—	—	24,0	2,10	2,55	—	—	—
106 (1960)	april/April	20	19,1	17,6	—	—	16,3	2,50	3,34	—	—	—
	30	24,0	20,1	—	—	—	18,1	2,14	2,79	—	—	—
	40	28,0	23,4	—	—	—	21,0	1,94	2,47	—	—	—
380 (1959)	maart/March	20	21,2	—	18,0	—	16,9	2,29	—	3,54	—	—
	30	—	—	20,4	—	—	19,0	—	3,05	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	21,2	—	—	—	—	—
	april/April	20	21,8	19,4	19,4	—	18,6	2,10	—	3,47	—	—
	30	—	—	21,5	—	—	20,8	—	—	—	—	—
	40	—	—	23,4	—	—	22,8	—	—	1,96	—	—
	mei/May	20	—	23,8	23,8	—	21,6	—	—	2,57	—	—
	30	—	—	—	—	—	23,6	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	juni/June	20	22,3	—	22,8	—	21,1	2,72	—	3,30	—	—
	30	—	—	—	—	—	22,9	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	23,9	—	—	—	—	—
	juli/July	20	22,5	—	20,8	—	19,6	2,90	—	3,42	—	—
	30	—	—	23,4	—	—	21,4	—	—	2,93	—	—
	40	—	—	—	—	—	23,9	—	—	—	—	—
	aug./Aug.	20	—	—	20,2	—	18,8	—	—	2,95	—	—
	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Zie Tabel 1 / See Table 1 ** Aangegeven opbrengst niet bereikt / Yields did not reach the indicated level

TABLE 15. Effect of amount of nitrogen applied, time of application and yield of dry matter on crude-fibre and total-nitrogen contents.

celstofgehalten na de junibemesting hoger te liggen dan na de aprilbemesting, terwijl de totaal-stikstofgehalten, althans bij de giften 40 en 120 kg N per ha, vrijwel gelijk zijn. De resultaten van IB 106 vertonen in grote lijnen hetzelfde beeld. Om een overzichtelijker beeld te krijgen werden de gegevens van proef IB 380 per maand samengevat. Door de uitzonderlijke weersomstandigheden in 1959 was het niet mogelijk in alle gevallen de gestelde opbrengsten te bereiken, vooral niet bij het object 0 kg N per ha. Het ruwe-celstofgehalte daalt, en het totaal-stikstofgehalte stijgt evenals bij de andere proeven bij verhoging van de stikstofbemesting. Bij beschouwing van de gegevens van het object 240 kg N per ha blijkt bij de maartbemesting het laagste ruwe-celstofgehalte gevonden te worden. Bij de latere bemestingstijden ligt dit gehalte aanzienlijk hoger. Het totaal-stikstofgehalte ligt dan echter lager dan bij de maartbemesting, in tegenstelling tot de resultaten van IB 44 tot en met IB 50 en IB 306, 307 en 308 waar, bij praktisch gelijke totaal-stikstofgehalten, de ruwe-celstofgehalten van het gras na de junibemesting hoger liggen dan na de aprilbemesting.

Uit de resultaten van een proef over de tijd van toediening van de stikstof (FRANKENA, 1935), blijkt eveneens het ruwe-celstofgehalte in de loop van de zomer toe te nemen. Deze proef was zodanig opgezet, dat getracht werd steeds bij 2000 kg luchtdroge stof per ha te oogsten. Dit is echter niet in alle gevallen gelukt. Bij beschouwing van de gegevens van Pr 133 voor het object 3 maal 30 kg N per ha op 6 mei en 5 juli blijkt, bij praktisch gelijke opbrengst (1800 en 2100 kg luchtdroge stof per ha) en gelijk ruw-eiwitgehalte (17,1 en 16,8 procent), het ruwe-celstofgehalte op 5 juli 5 procenten hoger te liggen dan op 6 mei. Ook uit de cijfers van PO 73 in 1935 (FRANKENA, 1941) kan afgeleid worden, dat het gras na de junibemesting een hoger ruwe-celstofgehalte heeft dan na de aprilbemesting. Dit verschil bedroeg bij een opbrengstniveau van 3000 kg droge stof (60 kg N per ha) ongeveer 5 procenten. In de jaren 1936 en 1937 was dit verschil veel geringer (1 à 1,5 procenten). Maar deze twee laatste proefjaren zijn waarschijnlijk niet goed vergelijkbaar met het eerste proefjaar, omdat de verschillen in behandeling enige jaren achtereen zijn voortgezet.

Ook konden andere gegevens uit de literatuur op dezelfde wijze bewerkt worden. Zo blijkt in de proef van FAGAN, MILTON en PROVAN (1927) met Italiaans raaigras, bij een produktie van 2000 kg droge stof per ha het ruwe-celstofgehalte bij 0 en 50 kg N per ha resp. 25,0 en 22,8 procent te bedragen. Gemiddeld over twaalf proefvelden op blijvend grasland (FRANKENA, 1941) blijkt, dat bij een produktie van 3000 kg droge stof per ha, het ruwe-celstofgehalte bij een bemesting van 0, 25 en 75 kg N per ha resp. 28,9, 25,5 en 24,4 procent bedraagt. Op een in hoofdzaak uit kropaar bestaande weide (PARISH et al., 1953) blijkt bij een produktie van 3000 kg droge stof per ha een daling van het ruwe-celstofgehalte van 28,2 naar 26,3 procent op te treden, tengevolge van een bemesting van 90 kg N per ha. Deze uitkomsten komen zeer goed overeen met de resultaten van het eigen onderzoek.

Bij onze hierboven besproken proeven kon de invloed van de stikstofbemesting op het ruwe-celstofgehalte alleen bestudeerd worden bij het totale oogstprodukt.

Eventuele verschuivingen in de botanische samenstelling tengevolge van de stikstofbemesting kunnen dus van invloed zijn geweest op deze resultaten. De grootte van deze invloed is echter niet bekend. Het ruwe-celstofgehalte van klavers en kruiden ligt in het algemeen lager dan dat van grassen (zie later 6.4.1). Door een stikstofbemesting neemt het percentage klavers en kruiden in het oogstproduct af. Hierdoor zou men dus eerder een stijging dan een daling van het ruwe-celstofgehalte verwachten.

Bij proef IB 550 werden alleen de grassen onderzocht. In figuur 58 zijn voor de april- en junibemesting de ruwe-celstofgehalten bij 0, 80 en 240 kg N per ha

FIG. 58. Verband tussen opbrengst en ruwe-celstofgehalte bij grassen. Drie stikstofgiften en twee tijden van toediening. IB 550.

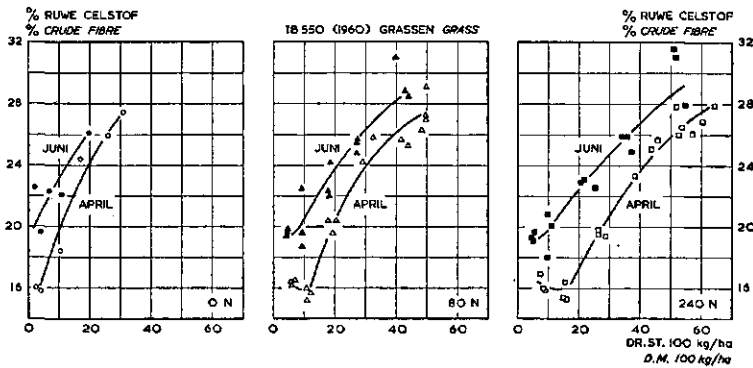


FIG. 58. Relation between yield and crude-fibre content of grass. Two dates and three rates of nitrogen application. IB 550.

uitgezet tegen de droge-stofopbrengsten bij de desbetreffende stikstofgiften. De resultaten van de objecten ks, kas en za zijn in deze figuur niet gedifferentieerd. Uit de figuur blijkt ten eerste, dat ook bij de grassen het ruwe-celstofgehalte daalt tengevolge van een stikstofbemesting, en ten tweede, dat het ruwe-celstofgehalte na de junibemesting hoger ligt dan na de aprilbemesting. Uit het in figuur 59 weergegeven verband tussen totaal-stikstofgehalte en opbrengst blijkt, dat dit na de april- en junibemestingen in wezen gelijk is.

Bij deze proef zijn de percentages blad en stengel van de grassencomponent bepaald. Tevens zijn blad en stengel afzonderlijk geanalyseerd o.a. op ruwe celstof. Uit de gegevens in de figuren 46 en 47 blijkt, dat na de junibemesting het stengelaandeel aanzienlijk geringer is dan na de aprilbemesting. Verder kan uit figuur 46 afgeleid worden, dat na de aprilbemesting bij gelijktijdig oogsten het percentage stengel bij de verschillende stikstofhoeveelheden praktisch gelijk is. Hieruit zou afgeleid kunnen worden, dat de grassen geen morfologische veranderingen hebben ondergaan tengevolge van de stikstofbemesting. Ook hier speelt echter de hoogte van de opbrengst weer een grote rol. Dit is nader ge-

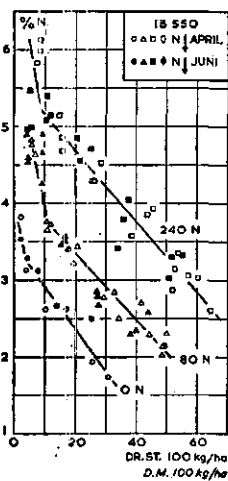


FIG. 59. Verband tussen opbrengst en totaal-stikstofgehalte bij grassen. IB 550.

FIG. 59. Relation between yield and total-nitrogen content of grass. IB 550.

illustreerd in figuur 60, waarin voor de giften 0, 80 en 240 kg N per ha (in de vorm van ks) het percentage stengel uitgezet is tegen de droge-stofopbrengst aan grassen. Uit de figuur blijkt, dat er bij vergelijking bij gelijke opbrengsten wel van een duidelijke stikstofinvloed sprake is. Wanneer de stikstofbemesting wordt opgevoerd, wordt een bladrijker gewas verkregen. Het duidelijkst komt dit tot uiting bij de aprilbemesting. Bij een produktie van 2000 kg droge stof per ha doet de verhoging van de stikstofbemesting van 0 N tot 240 kg N per ha het stengelpercentage bij de aprilbemesting dalen van ongeveer 45 naar

FIG. 60. Verband tussen opbrengst en morfologische samenstelling (percentage stengel) bij grassen. Drie stikstofgiften en twee toedieningstijden. IB 550.

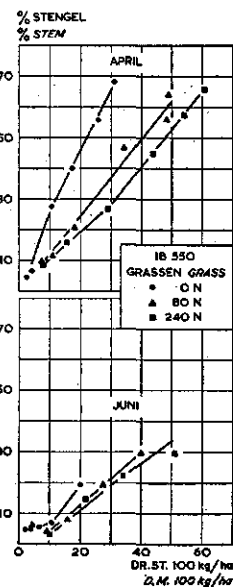


FIG. 60. Relation between yield and morphological composition (percentage stem) of grass. Two dates and three rates of nitrogen application. IB 550.

ongeveer 20 procent en bij de junibemesting van ongeveer 20 naar ongeveer 10 procent. Uit figuur 58 is af te lezen, dat analoog hieraan, bij een productie van 2000 kg droge stof per ha, een verhoging van de stikstofbemesting van 0 N naar 240 kg N per ha het ruwe-celstofgehalte bij de aprilbemesting met 7 procenten doet dalen (van 24 naar 17 procent) en bij de junibemesting maar met 3,5 procenten (van 26 naar 22,5 procent).

Maar verder blijkt uit figuur 60, dat ook bij gelijke opbrengsten de grassen na de junibemesting een veel lager percentage stengel bevatten dan na de aprilbemesting. Dit is te verwachten aangezien de generatieve ontwikkeling in april/mei veel sterker is dan in juni/juli. Uit dit lagere percentage stengel zou men verwachten, dat de grassen na de junibemesting een lager ruwe-celstofgehalte zouden hebben dan de grassen na de aprilbemesting. Het tegenovergestelde is echter het geval. De ruwe-celstofgehalten van blad en stengel zullen dus na de junibemesting hoger zijn dan na de aprilbemesting.

In figuur 61 zijn van blad en stengel de ruwe-celstofgehalten uitgezet tegen

FIG. 61. Verband tussen opbrengst en ruwe-celstofgehalte bij de morfologische componenten van grassen. Voor legendum zie figuur 60. IB 550.

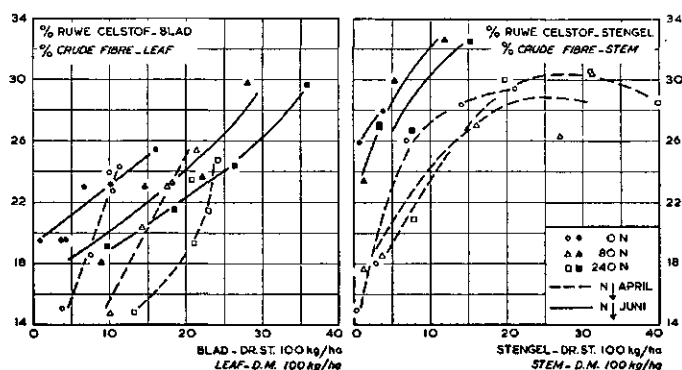


FIG. 61. Relation between yield and crude-fibre content of the morphological components of grass. For legends see figure 60. IB 550.

de droge-stofopbrengsten. De open punten en de streeplijnen hebben betrekking op blad en stengel na de aprilbemesting, de dichte punten en getrokken lijnen op blad en stengel na de junibemesting.

Uit de grafiek voor *blad* in figuur 61 blijkt, dat het verband tussen ruwe celstof en opbrengst bij de aprilbemesting een aanzienlijk steiler verloop heeft dan bij de junibemesting. Voor elk van de drie stikstofobjecten — 0, 80 en 240 kg N per ha — geldt, dat bij lage opbrengsten het ruwe-celstofgehalte in het blad na de junibemesting veel hoger is dan na de aprilbemesting. Naarmate de blad-opbrengst stijgt, worden deze verschillen geringer en tenslotte nul. Door de stikstofbemesting wordt zowel bij de april- als bij de junibemesting het ruwe-celstofgehalte in het blad verlaagd.

De gegevens in de grafiek voor *stengel* in figuur 61 zijn met betrekking tot de junibemesting zeer onvolledig. Van het object 0 kg N per ha was bij de eerste drie oogstdata van de junibemesting niet voldoende materiaal aanwezig voor een ruwe-celstofbepaling; bij de giften 80 en 240 kg N per ha was dit alleen bij de eerste twee oogstdata het geval. Er zijn evenwel voldoende gegevens om te concluderen, dat het ruwe-celstofgehalte van de stengel na de junibemesting eveneens hoger is dan na de aprilbemesting. Het verband tussen ruwe-celstofgehalte en opbrengst bij de aprilbemesting vertoont aanvankelijk een zeer steil verloop. Na het bereiken van een bepaalde opbrengst — bij 0 kg N per ha ongeveer 1000 kg droge stof per ha en bij 80 en 240 kg N per ha ongeveer 2000 kg droge stof per ha — neemt het ruwe-celstofgehalte veel minder sterk toe en vertoont zelfs de neiging te gaan dalen. Een verklaring is hiervoor wellicht, dat het ruwe-celstofgehalte van de stengelfractie verdund wordt door de ontwikkeling van ruwe-celstofarm endosperm in het zaad. Met uitzondering van een bepaald opbrengsttraject bij het object 0 kg N per ha, geeft een verhoging van de stikstofbemesting nauwelijks enige daling van het ruwe-celstofgehalte te zien. Bij een hoog opbrengstniveau ligt het ruwe-celstofgehalte bij 80 kg N per ha zelfs lager dan dat bij 240 kg N per ha.

Wanneer de stikstofbemesting wordt opgevoerd, wordt dus een ruwe-celstof-arme produkt verkregen. Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat niet alleen het percentage stengel daalt, maar dat ook het ruwe-celstofgehalte in het dan grotere bladaandeel daalt.

6.2 DE FOSFAAT- EN KALIBEMESTING

6.2.1 LITERATUUR

Uit een onderzoek van 'T HART (1948) blijkt, dat het ruwe-celstofgehalte door een kalibemesting verhoogd werd. Door deze kalibemesting werd de opbrengst echter eveneens verhoogd en het stikstofgehalte iets verlaagd. NEHRING (1956) vermeldt resultaten van een proef, waarbij tengevolge van een kalibemesting het ruwe-celstofgehalte steeg van 31,4 naar 34,4 procent. De opbrengst werd in dit geval meer dan verdubbeld, terwijl het totaal-stikstofgehalte daalde van 2,4 naar 1,7 procent. Op een graslandverbeteringsproefveld onderzochten 'T HART en VAN DER WOERDT het effect van verschillende hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali. Uit hun cijfers blijkt, dat de grootste opbrengststijging en de grootste stijging van het ruwe-celstofgehalte verkregen werden met de fosfaatbemesting. De kalibemesting vertoonde slechts een gering effect op de opbrengst en beïnvloedde het gehalte aan ruwe celstof dan ook nauwelijks. Ook door de stikstofbemesting werd een duidelijke opbrengstvermeerdering verkregen, al was deze kleiner dan die, verkregen door de fosfaatbemesting. In overeenstemming hiermee blijkt dan ook de stikstofbemesting een kleinere stijging van het ruwe-celstofgehalte veroorzaakt te hebben dan de fosfaatbemesting. Het totaal-stikstof-

gehalte is door de bemestingen, ook de stikstofbemesting, nauwelijks beïnvloed.

Bij een onderzoek naar de werking van fosfaatmeststoffen (VAN BURG, niet gepubliceerd) werd ook geconstateerd, dat het ruwe-celstofgehalte steeg door een fosfaatbemesting. Door deze fosfaatbemesting was eveneens de opbrengst sterk verhoogd (zie tabel 16).

TABEL 16. Invloed van de fosfaatvoorziening op het ruwe-celstofgehalte en de droge-stofopbrengst van gras. IB 134, 1958. (naar VAN BURG, niet gepubliceerd).

kg P_2O_5 /ha	Droge stof 100 kg/ha Dry matter 100 kg/ha	% Ruwe celstof % Crude fibre
0	40,6	25,5
30	51,0	27,3
60	55,0	28,4
90	56,3	27,8

TABLE 16. Effect of phosphate supply on crude-fibre content and yield of dry matter of herbage. IB 134, 1958. (according to VAN BURG, unpublished results).

Bij al deze proeven werden de verschillende objecten steeds op dezelfde datum geoogst, zodat dus slechts een momentopname getroffen is. Indien door de aangebrachte factor, hetzij stikstof, fosfaat of kali, een opbrengststijging verkregen wordt, zal deze opbrengststijging een stijging van het ruwe-celstofgehalte tot gevolg hebben. Bij bovenvermeld onderzoek van 't HART en VAN DER WOERDT komt dit bijvoorbeeld duidelijk naar voren. Ook blijkt het ruwe-celstofgehalte niet te stijgen, wanneer de aangebrachte factor, in dit geval de kalibemesting, geen opbrengstvermeerdering geeft.

6.2.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

De al eerder, in 5.2.2.1 besproken proef IB 599 biedt de mogelijkheid de invloed van de fosfaat- en kalibemesting op het ruwe-celstofgehalte gedurende de groei-periode te bestuderen. In figuur 62 zijn daartoe voor elk der stikstofgiften de

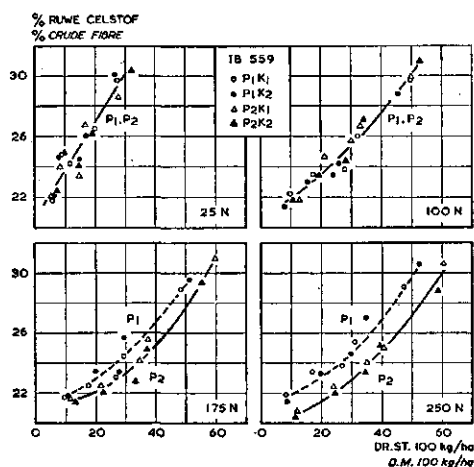


FIG. 62. Verband tussen opbrengst en ruwe-celstofgehalte bij gevarieerde P- en K-voorziening met vier N-giften. Gras (meer dan 95 procent grassen). IB 559.

FIG. 62. Relation between yield and crude-fibre content at varying P- and K-supply with four rates of N-application. Herbage (over 95 percent grasses). IB 559.

ruwe-celstofgehalten bij P_1K_1 , P_1K_2 , P_2K_1 en P_2K_2 uitgezet tegen de desbetreffende opbrengsten.

Uit deze figuur blijkt ten eerste, dat bij alle 4 stikstofniveaus tussen de objecten met laag en hoog kali (K_1 resp. K_2) geen verschillen in ruwe-celstofgehalte waar te nemen zijn. Dit is in overeenstemming met het feit, dat bij deze proef de opbrengst niet op een kalibemesting heeft gereageerd (zie ook 5.2.2.1). Verder blijkt, dat bij de giften 25 en 100 kg N per ha ook tussen de objecten met laag en hoog fosfaat (P_1 resp. P_2) geen verschillen in ruwe-celstofgehalte bestaan. Bij de giften 175 en 250 kg N per ha daarentegen blijkt het ruwe-celstofgehalte bij het object hoog fosfaat lager te zijn dan bij het object laag fosfaat.

In figuur 63 zijn de totaal-stikstofgehalten van de verschillende objecten uit-

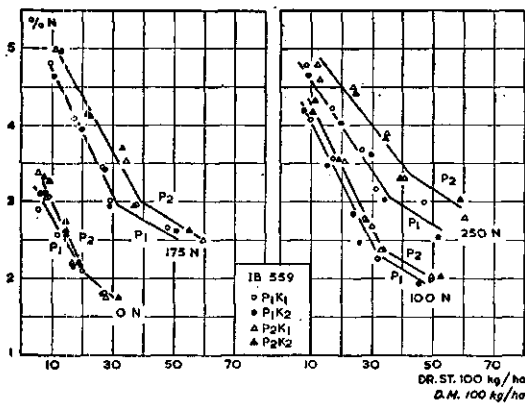


FIG. 63. Verband tussen opbrengst en totaal-stikstofgehalte bij gevarieerde P- en K-voorziening met vier N-giften. IB 559, zie figuur 62.

FIG. 63. Relation between yield and total-nitrogen content at varying P- and K-supply with four rates of N-application. IB 559, see figure 62.

gezet tegen de opbrengsten. Hieruit blijkt, dat bij de giften 25 en 100 kg N per ha maar kleine verschillen in het totaal-stikstofgehalte bestaan tussen de laag- en hoog-fosfaatobjecten. Bij de giften 175 en 250 kg N per ha daarentegen zijn deze verschillen veel groter. Evenals het verloop der nitrochoren in figuur 33 wijst dit dus op een verjonging van het zwaar met fosfaat bemeste gras, waardoor het gehalte aan totaal-stikstof gestegen is en dat aan ruwe celstof gedaald.

De kalibemesting heeft noch de opbrengst noch de gehalten aan totaal-stikstof en ruwe celstof beïnvloed.

6.3 DE WATERVOORZIENING

In 5.3.1 is reeds vermeld, dat bij proef IB 380 objecten met 240 kg N per ha, groeiduur 31 dagen, met en zonder besproeiing opgenomen waren. De stikstofbemesting werd op 17 verschillende data gedurende het seizoen gegeven. Doordat het jaar 1959 uitzonderlijk droog was, werden door besproeiing grote opbrengst-

vermeerderingen verkregen. Voor elke toedieningstijd werd een berekening gemaakt van de opbrengstverhoging aan droge stof en van de verhoging van de gehalten aan ruwe celstof en totaal-stikstof, die door de besproeiing verkregen werden. De resultaten, ingedeeld in klassen opbrengstverhoging, zijn samengevat in tabel 17.

TABEL 17. Invloed van de watervoorziening op de veranderingen in opbrengst, ruwe-celstofgehalte en totaal-stikstofgehalte bij gras. Ten behoeve van de compilatie der gegevens zijn de opbrengstverhogingen in klassen ingedeeld. IB 380, 1959.

Opbrengstverhoging t.g.v. besproeiing in 100 kg droge stof per ha <i>Yield increase by irrigation in 100 kg dry matter per ha</i>			Verhoging van de percentages ruwe celstof en totaal-stikstof t.g.v. besproeiing <i>Increase in the percentages crude fibre and total nitrogen by irrigation</i>	
Klasse <i>Class</i>	Gemiddeld <i>Average</i>	Aantal gevallen <i>Number of cases</i>	Ruwe celstof <i>Crude fibre</i>	Totaal-stikstof <i>Total nitrogen</i>
< 0	- 1,1	4	- 0,3	+ 0,02
0 - 10	+ 3,7	2	+ 1,1	+ 0,42
10 - 20	+ 15,5	6	+ 2,4	+ 0,05
20 - 30	+ 25,4	4	+ 3,9	+ 0,07

TABLE 17. Effect of water supply on the changes in yield, crude-fibre content and total-nitrogen content of herbage. The yield increases have been divided into classes. IB 380, 1959.

Uit deze tabel blijkt, dat door de besproeiing het ruwe-celstofgehalte sterker stijgt, wanneer ook de opbrengstvermeerdering door deze besproeiing groter is. De veranderingen in het totaal-stikstofgehalte zijn klein, behalve bij de klasse 0-10. Deze bestaat echter uit slechts twee waarnemingen.

Deze resultaten zijn in overeenstemming met die van MAKINK (1949). Wanneer bij enkel sproeien de opbrengstverhoging aan droge stof beneden die bij dubbel sproeien bleef, was volgens MAKINK ook de verhoging van het ruwe-celstofgehalte bij enkel sproeien geringer dan die bij dubbel sproeien. Wanneer echter de opbrengstverhoging bij enkel sproeien die bij dubbel sproeien overtrof, dan was ook de verhoging van het ruwe-celstofgehalte bij enkel sproeien het grootst.

Uit het onderzoek van het Rijkslandbouwconsulentschap te Sneek (VAN DER MOLEN, 1950) is eveneens gebleken, dat het ruwe-celstofgehalte van de besproeide objecten hoger lag dan dat van de onbesproeide objecten, terwijl door de besproeiing een opbrengstverhoging verkregen werd. Bij deze vergelijkingen werd het besproeide en het niet-besproeide gras op dezelfde data gemaaid.

In 6.1.2 is al gesteld, dat een opbrengststijging tengevolge van een stikstofbemesting verantwoordelijk gesteld moet worden voor de stijging van het ruwe-celstofgehalte. Het is bij besproeiing dus eveneens mogelijk, dat de verhoging van het ruwe-celstofgehalte via de opbrengstverhoging, dus indirect, wordt werkstelligd.

6.3.1 PROEFNEMINGEN

In het voorjaar van 1960 werd een proef (IB 560) aangelegd om het effect van de watervoorziening op het ruwe-celstofgehalte te bestuderen. In deze proef waren de volgende objecten opgenomen: 2 stikstoftrappen (40 en 240 kg N per ha in de vorm van kalksalpeter) bij twee intensiteiten van besproeiing. Bij de lichte besproeiing werd 13 mm water toegediend (op 6 april); bij de zware besproeiing werd in totaal 108 mm water toegediend verdeeld over 6 en 7 april en 4 en 7 mei. De stikstofbemesting werd op 8 april gegeven. Het gras werd op 10 verschillende data geoogst (23 en 28 april, 4, 7, 11, 18, 23 en 28 mei, 2 en 6 juli).

6.3.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

In figuur 64 is voor beide stikstofgiftten het ruwe-celstofgehalte van het besproeide gras uitgezet tegen het ruwe-celstofgehalte van het niet-besproeide gras. Ondanks de twee sterk afwijkende punten kan uit deze figuur afgelezen worden, dat het ruwe-celstofgehalte van het besproeide gras hoger is dan dat van het niet-be-

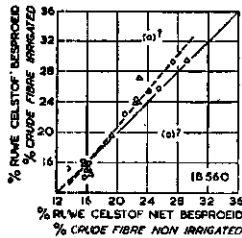


FIG. 64. Invloed van watervoorziening op het ruwe-celstofgehalte van gras. Twee intensiteiten van besproeiing: $\circ$ = 13 mm op 6 april; $\triangle$ = totaal 108 mm op 6 en 7 april en 4 en 7 mei. IB 560.

FIG. 64. The effect of water supply on the crude-fibre content of herbage. Two rates of irrigation: $\circ$ = 13 mm on 6 April; $\triangle$ = total amount 108 mm on 6 and 7 April and 4 and 7 May. IB 560.

sproeide gras. (De punten liggen boven de in de figuur getrokken 45-gradenlijn). Dit geldt niet voor de lage ruwe-celstofgehalten, welke betrekking hebben op de jongste oogsten, toen ook in opbrengst nog geen verschillen aanwezig waren tussen de besproeide en niet-besproeide objecten. Deze resultaten zijn in het algemeen in overeenstemming met bovenvermelde onderzoeken van MAKINK (1949) en VAN DER MOLEN (1950).

Aangezien in bovenvermelde proef 10 oogstdata waren opgenomen, konden de ruwe-celstofgehalten uitgezet worden tegen de opbrengst, om na te gaan in hoeverre de opbrengst bepalend is voor het ruwe-celstofgehalte. Dit is in figuur 65 weergegeven. De open punten hebben betrekking op het niet-besproeide gras, de dichte punten op het besproeide gras. Uit de figuur blijkt, dat per stikstofgift slechts één lijn door de open en dichte punten getrokken kan worden. Dit betekent, dat de ruwe-celstofgehalten van het niet-besproeide en van het besproeide gras gelijk zijn, wanneer deze objecten maar vergeleken worden bij gelijke opbrengsten.

De opbrengststijging tengevolge van de besproeiing, en niet de besproeiing als zodanig, is dus bepalend voor de stijging van het ruwe-celstofgehalte.

In figuur 66 zijn nog enkele voorbeelden gegeven, verkregen bij het object 240 kg N per ha op proef IB 380. Het niet-besproeide gras werd op 3 verschillende data (17, 31 en 45 dagen na de bemesting) geoogst, het besproeide gras op 1 datum (31 dagen na de bemesting). In de figuur zijn de gegevens van 4 tijden van stikstoftoediening (31 maart, 9 juni, 7 en 21 juli) opgenomen. De open en dichte punten hebben resp. betrekking op niet-besproeid en besproeid

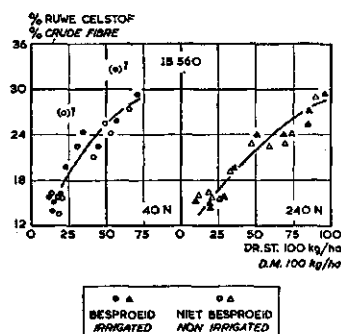
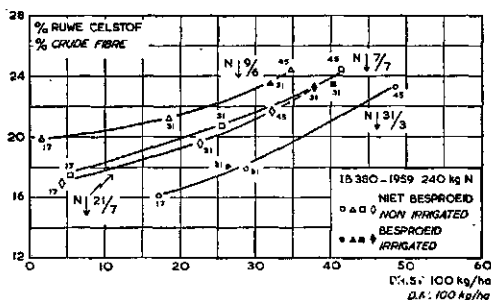


FIG. 65. Verband tussen opbrengst en ruwe-celstofgehalte bij gras, met twee intensiteiten van besproeiing. Twee stikstofgiften. IB 560, zie figuur 64.

FIG. 66. Verband tussen opbrengst en ruwe-celstofgehalte bij gras van besproeide en niet-besproeide objecten bij verschillende data van stikstoftoediening en bij verschillende groei-duur (in dagen aangegeven bij de punten). IB 380.

FIG. 66. Relation between yield and crude-fibre content of herbage of irrigation and non-irrigation treatments at different dates of nitrogen application and at different growth periods (in days as indicated near the plots). IB 380.



gras. Bij de toedieningstijd 31 maart heeft de besproeiing nog geen effect op de opbrengst. De ruwe-celstofgehalten van het besproeide en het niet-besproeide gras zijn gelijk. Bij de toedieningstijden 9 juni en 7 juli heeft de besproeiing echter een zeer groot effect op de opbrengst. Met besproeiing worden na 31 dagen maar iets lagere opbrengsten bereikt dan zonder besproeiing na 45 dagen. Uit de figuur blijkt, dat het ruwe-celstofgehalte van het 31 dagen oude, besproeide gras aanmerkelijk hoger ligt dan dat van het 31 dagen oude, niet-besproeide gras en bijna even hoog als dat van het 45 dagen oude, niet-besproeide gras. Bij toedieningstijd 21 juli wordt met besproeiing na 31 dagen zelfs een hogere opbrengst bereikt dan zonder besproeiing na 45 dagen. Het ruwe-celstof-

gehalte van het 31 dagen oude, besproeide gras ligt dan ook hoger dan dat van het 45 dagen oude, niet-besproeide gras (streeplijn in de figuur). Deze resultaten wijzen er dus ook duidelijk op, dat de opbrengstverhoging tengevolge van de besproeiing en niet de besproeiing als zodanig, verantwoordelijk is voor de stijging van het ruwe-celstofgehalte.

6.4 DE BOTANISCHE SAMENSTELLING

Door een bemesting wordt de chemische samenstelling van het oogstprodukt niet alleen direct beïnvloed, maar ook indirect, nl. door een verschuiving in de botanische samenstelling van het oogstprodukt. Het is bekend, dat door een stikstofbemesting het percentage klavers en kruiden wordt teruggedrongen (zie bijv. figuur 37). Indien het ruwe-celstofgehalte van deze componenten sterk afwijkt van dat der grassen, zal dit van invloed zijn op het ruwe-celstofgehalte van het totale oogstprodukt.

6.4.1 LITERATUUR

Uit het onderzoek van WILSON (1886), WILLIAMS en EVANS (1932), VINALL en WILKINS (1936), ZÜRN (1951), BRÜNNER (1953), HOMB (1953), WÖHLBIER en KIRCHGESSNER (1957), AUSTENSON en LAW (1958), VAN DER KLEY (1958) en KIVIMÄE (1959) is gebleken, dat klavers in het algemeen een aanzienlijk lager gehalte aan ruwe celstof en een aanzienlijk hoger gehalte aan ruw eiwit hebben dan grassen, althans bij oogsten op dezelfde datum (zie tabel 18). Volgens THOMAS en medewerkers (1950, 1956, 1956a) daalt het gehalte aan ruwe celstof in het oogstprodukt, wanneer het percentage kruiden — in hun geval cichorei, weegbree, esparcette en duizendblad — toeneemt. Dit wijst er op, dat deze kruiden een lager gehalte aan ruwe celstof hadden dan de grassen. Bij 100, 50, 10 en 0 procent kruiden bedroeg het ruwe-celstofgehalte resp. 15,2, 18,6, 19,5 en 21,3 procent. Het ruw-eiwitgehalte varieerde zeer weinig, nl. tussen 16,8 en 17,2 procent. BRÜNNER (1956) vermeldt eveneens, dat het gehalte aan ruwe celstof in het oogstprodukt zeer sterk afneemt naarmate het percentage grassen daalt. Bij een daling van het grassenaandeel van 93 naar 42 procent (hetgeen gepaard ging met een stijging van de percentages klavers en kruiden van 3 naar 15 resp. van 4 naar 43 procent), daalde het ruwe-celstofgehalte van 30,1 naar 24,2 procent. KLAPP (1951) geeft voor grassen, klavers en kruiden een gehalte aan ruwe celstof op van resp. 30,8, 22,3 en 19,7 procent bij een ruw-eiwitgehalte van 10,3, 18,5 en 13,7 procent. Ook uit het onderzoek van WÖHLBIER en KIRCHGESSNER (1957) blijkt, dat kruiden een lager ruwe-celstofgehalte hebben dan grassen. Zij vonden voor de grassen gemiddeld een gehalte van 36,4 procent ruwe celstof bij een ruw-eiwitgehalte van 11,7 procent en voor de kruiden 30 procent ruwe celstof bij 15,3 procent ruw eiwit.

TABEL 18. Vergelijking van gehalten aan ruwe celstof en ruw eiwit van klavers met die van gelijktijdig geoogste grassen.

Auteur(s) / Author(s)	Klavers/Clover	RC* CF*	RE* CP*	Grassen/Grass	RC* CF*	RE* CP*
WILSON (1886)	rode klaver vroeg <i>red clover early</i> rode klaver laat <i>red clover late</i>	15,9 24,5	27,8 18,0	12 soorten vroeg <i>12 species early</i> 12 soorten laat <i>12 species late</i>	29,8 35,6	12,5 5,6
WILLIAMS en/and EVANS (1932)	witte klaver <i>white clover</i> witte klaver <i>white clover</i>	17,7 20,9	28,5 24,0	Ital. raaigras <i>Ital. rye-grass</i> Ital. raaigras <i>Ital. rye-grass</i>	25,0 29,8	12,1 11,2
VINALL en/and WILKENS (1936)	witte klaver <i>white clover</i>	15,7	29,6	Veldbeengras <i>Kent. bluegrass</i>	25,5	17,0
BRÜNNER (1953)	5 soorten <i>5 species</i>	25,7	16,5	12 soorten <i>12 species</i>	33,3	6,8
HOMB (1953)	rode klaver <i>red clover</i>	18,3	19,7	timothee <i>timothy</i>	27,1	10,0
WÖHLBIER en/and KIRCHGESSNER (1957)	witte klaver <i>white clover</i>	28,5	17,8	Eng. raaigras <i>per. rye-grass</i> kropaar <i>cocksfoot</i>	40,4 35,2	9,1 16,5
AUSTENSON en/and LAW (1958)	Ladino klaver <i>Ladino clover</i> Ladino klaver <i>Ladino clover</i>	14,0 20,6	25,3 21,2	kropaar <i>orchard grass</i> kropaar <i>orchard grass</i>	24,6 38,9	16,0 7,8
KIVIMÄE (1959)	rode klaver, 25 dagen <i>red clover, 25 days</i> rode klaver, 50 dagen <i>red clover, 50 days</i>	17,3 24,6	20,6 15,4	timothee, 25 dagen <i>timothy, 25 days</i> timothee, 50 dagen <i>timothy, 50 days</i>	26,9 31,0	11,0 6,9
ZÜRN (1959)	diverse soorten <i>several species</i>	22,8	15,5	diverse soorten <i>several species</i>	28,6	9,2

* RG = % ruwe celstof / CF = % crude fibre
RE = % ruw eiwit / CP = % crude protein

TABLE 18. Comparison of crude-fibre and crude-protein contents of clover with those of grass, cut at the same time.

6.4.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

De in 4.2.1.2 besproken ruwe-celstofspectra hadden alle betrekking op het totale oogstprodukt. De door de stikstofbemesting en door de veroudering optredende verschuivingen in de botanische samenstelling kunnen van invloed zijn geweest op het verloop van deze spectrumlijnen. Aangezien de chemische samenstelling van de verschillende componenten niet bepaald werd, is dit dus niet na te gaan. Het latere onderzoek bleef beperkt tot de verschillen in samenstelling tussen grassen en paardebloem.

In figuur 67 zijn enige resultaten weergegeven van de proeven IB 549 en 556.

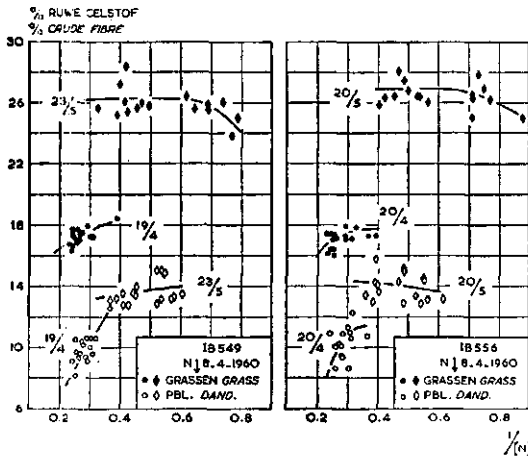


FIG. 67. Verloop van het ruwe-celstofgehalte van grassen en paardebloem onder invloed van dalende $1/[N]$ -waarden (= stijgende stikstofgiften), bij twee oogsttijden. IB 549 en 556.

FIG. 67. The effect of decreasing $1/[N]$ values (= increasing rates of nitrogen application) on the crude-fibre content of grass and dandelion, at two growth stages. IB 549 and 556.

Voor de eerste en laatste oogstdatum zijn de ruwe-celstofgehalten van grassen (gehele plant) en van paardebloem (blad) uitgezet tegen de reciproke stikstofwaarden. De gegevens zijn niet gedifferentieerd naar de soort stikstofmeststof. Het is duidelijk, dat de paardebloemcomponent een veel lager gehalte aan ruwe celstof heeft dan de grassencomponent. Verder blijkt, dat bij beide componenten, althans bij de eerste oogstdatum, een daling van $1/[N]$ tengevolge van de stikstofbemesting samengaat met een daling van het ruwe-celstofgehalte. Bij de laatste oogstdatum stijgt bij de grassen het ruwe-celstofgehalte, wanneer $1/[N]$ tengevolge van de stikstofbemesting daalt. Bij de paardebloemfractie is dit niet het geval. In dit geval is een vergelijking tussen grassen en paardebloem niet geheel juist, aangezien de resultaten van grassen betrekking hebben op de gehele plant (dus blad plus stengel) en die van paardebloem alleen op het blad.

Bij IB 556 werden de grassen van de ks-objecten gesplitst in blad (bladschijf) en stengel (stengel plus bladschede). Beide componenten werden afzonderlijk onderzocht op o.a. ruwe celstof. Bij de oogstdata 20 en 28 april was van beide componenten niet voldoende materiaal aanwezig voor een ruwe-celstofbepaling. In tabel 19 zijn de ruwe-celstof- en totaal-stikstofgehalten van grassen- en paardebloemblad op de twee laatste oogstdata (9 en 20 mei) weergegeven. Uit de tabel

blijkt, dat ook grassenblad een hoger gehalte aan ruwe celstof heeft dan paardebloemblad, terwijl de totaal-stikstofgehalten van het grassenblad over het algemeen ook hoger liggen.

Ook WÖHLBIER en KIRCHGESSNER (1957) vonden bij paardebloem een lager gehalte aan ruwe celstof dan bij grassen, nl. resp. 22,2 en 36,4 procent.

6.5 DE MORFOLOGISCHE SAMENSTELLING

De veroudering van gras en grassen gaat gepaard met een daling van het totaal-stikstofgehalte en een stijging van het ruwe-celstofgehalte. De sterke toeneming van het stengelaandeel bij het ouder worden is niet alleen van invloed op de mate van veroudering van de gehele plant (zie figuur 49, 50 en 51, waar de blad-nitrochoren een kleiner traject van $1/[N]$ -waarden doorlopen dan de overeenkomstige grassen-nitrochoren), maar ook op de veranderingen, die in het gehalte aan ruwe celstof optreden. De stengel heeft in het algemeen een hoger gehalte aan ruwe celstof dan het blad. Alleen al door een vergroting van de verhouding stengel/blad zal zo het ruwe-celstofgehalte van gras en grassen stijgen.

6.5.1 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Aangezien de gegevens niet bijzonder regelmatig zijn, zijn in tabel 20 alleen de gemiddelde ruwe-celstofgehalten vermeld van grassen (blad + stengel) en van blad en stengel afzonderlijk bij de april- en junibemesting van proef IB 550. De aprilgegevens zijn gemiddeld over alle stikstoftrappen, omdat de morfologische samenstelling hier niet afhankelijk bleek van de stikstofgift. De junigegevens zijn daarentegen gemiddeld over de 4 hoogste stikstoftrappen, omdat de percentages stengel bij 80, 160, 240 en 320 kg N per ha duidelijk hoger lagen dan bij 0 en 40 kg N per ha (zie figuur 47).

Uit tabel 20 blijkt, dat het ruwe-celstofgehalte van de stengel hoger is dan van het blad. Verder blijken de ruwe-celstofgehalten van grassen en van blad en stengel te stijgen wanneer later geoogst wordt. Het verschil in ruwe-celstofgehalte tussen grassen en blad is bij laat oogsten in het algemeen groter dan bij vroeg oogsten, hetgeen veroorzaakt wordt door de sterke toeneming van het gehalte aan ruwe celstof in de stengel en ook door de toeneming van het percentage stengel zelf. Iets dergelijks werd ook gevonden bij de veroudering, waar nl. het verschil in $1/[N]$ -waarde tussen grassen en blad groter werd bij voortschrijden van de veroudering en dus bij toeneming van het stengelpercentage (figuur 52).

Ook uit de literatuur (FAGAN et al., 1927; FAGAN, 1929; HOSTERMAN en HALL, 1938; WAITE en SASTRY, 1949; ØDELIEN en HVIDSTEN, 1957) blijkt, dat het verschil tussen de ruwe-celstofgehalten van grassen en blad toeneemt bij het ouder worden. Dit is niet alleen het geval met ruwe celstof, maar ook met lignine (SOSULSKI, 1960).

TABLE 19. Ruwe-celstof- en totaal-stikstofgehalten van het blad van grassen en paardebloem bij opklommende stikstofgiften, bij twee oogsttijden (9 en 20 mei). IB 556, 1960, stikstof toegediend op 8 april.

kg N/ha als ks	% Ruwe celstof/% Crude fibre				% Totaal-stikstof/% Total nitrogen			
	9/5		20/5		9/5		20/5	
	Grassen Grass	Paardebloem Dandelion	Grassen Grass	Paardebloem Dandelion	Grassen Grass	Paardebloem Dandelion	Grassen Grass	Paardebloem Dandelion
0	21,7	12,3	22,7	13,2	2,29	2,53	2,48	2,27
40	21,1	11,7	23,0	14,4	2,83	2,88	2,90	2,53
80	19,7	12,3	23,1	12,9	3,54	3,15	3,07	2,56
160	20,2	11,5	23,5	12,9	3,68	3,09	3,63	2,90
240	19,1	11,6	21,5	13,1	4,54	3,86	4,56	3,68
320	18,6	12,7	22,1	14,3	4,88	4,18	4,45	3,55

TABLE 19. Crude-fibre and total-nitrogen contents of leaf of grass and dandelion with increasing rates of nitrogen application, at two dates of cutting (9 and 20 May). IB 556, 1960, nitrogen applied 8 April.

TABLE 20. Invloed van de morfologische samenstelling op het ruwe-celstofgehalte van grassen bij bemesting in april (gemiddeld over alle stikstofgiften) en in juni (gemiddeld over de vier hoogste stikstofgiften). IB 550, 1960, stikstof toegediend als ks.

Oogstdatum Cutting date	Aprilbemesting April application				Juni bemesting June application			
	% Ruwe celstof % Crude fibre		% Stengel % Stem		% Ruwe celstof % Crude fibre		% Stengel % Stem	
	Grassen Grass	Blad Leaf	Stengel Stem	Oogstdatum Cutting date	Grassen Grass	Blad Leaf	Stengel Stem	
4/5	15,7	15,2	16,8	28/6	19,2	18,0	—	4
11/5	19,8	19,7	19,6	5/7	20,9	19,2	—	3
19/5	25,1	23,5	28,4	13/7	23,8	22,2	25,6	11
25/5	26,2	23,2	29,3	22/7	25,5	24,5	27,8	20
1/6	27,1	24,3	28,9	8/8	30,8	28,9	32,8	32

TABLE 20. Effect of morphological composition on the crude-fibre content of grass with nitrogen application in April (average of all nitrogen levels) and in June (average of four highest nitrogen levels). IB 550, 1960, nitrogen applied as cn.

In figuur 68 zijn de resultaten van het eigen onderzoek (niet gemiddeld) en een aantal resultaten uit de literatuur weergegeven. De verschillen in ruwe-celstofgehalte tussen grassen en blad zijn hier uitgezet tegen het percentage stengel.

Ondanks zekere onregelmatigheden is er een duidelijke tendens waarneembaar, dat 'ruwe celstof (grassen)' min 'ruwe celstof (blad)' groter wordt naarmate het stengelpercentage toeneemt. In een aantal gevallen ligt het ruwe-celstofgehalte van het blad kennelijk hoger dan dat van de stengel (r.c. grassen minus r.c. blad < 0). Zeer duidelijk is dit bijvoorbeeld het geval bij IB 556.

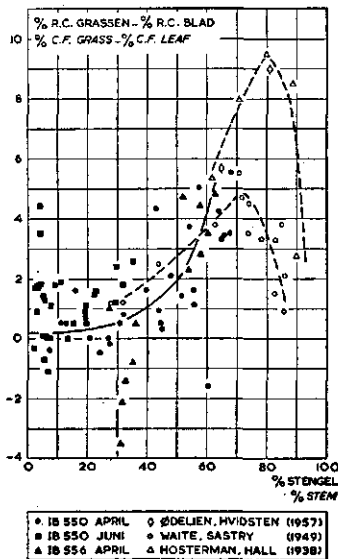


FIG. 68. Invloed van de morfologische samenstelling (percentage stengel) op de veroudering van grassen, nl. op het verschil tussen het ruwe-celstofgehalte van grassen en blad. IB 550, 556 en literatuurbewerking.

FIG. 68. The effect of the morphological composition (percentage stem) on the ageing of grass, viz on the difference between the crude-fibre content of grass and leaf. IB 550, 556 and compilation from the literature.

De resultaten uit de literatuur blijken ook heel goed in de figuur te passen. Alleen uit het onderzoek van HOSTERMAN en HALL (1938) en van WAITE en SASTRY (1949) blijkt, dat bij zeer hoge ouderdom, waarbij het percentage stengel nauwelijks meer veranderde, het verschil in ruwe-celstofgehalte tussen grassen en blad weer kleiner wordt (zie streeplijnen in figuur 68). In deze gevallen benaderden de grassen het stadium van 'hooi op stam', waarbij een groot gedeelte van de droge-stofopbrengst bestond uit zaad (endosperm — laag gehalte aan ruwe celstof). Zodoende daalde het ruwe-celstofgehalte van de plant, ondanks het feit, dat het ruwe-celstofgehalte van blad en stengel (zonder bloeiwijze) bleef stijgen (HOSTERMAN en HALL, 1938). SOTOLA (1937) vond een gelijk verschijnsel bij zijn onderzoek over de invloed van het ouder worden op de chemische samenstelling van granen.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

I INLEIDING

Een groot gedeelte van het rantsoen van ons rundvee is van grasland afkomstig. Daarom is het van belang de factoren te kennen, die van invloed zijn op opbrengst en kwaliteit.

In deze publikatie zijn met name de factoren stikstofvoorziening en groeiduur bestudeerd. Deze beide factoren werken samen bij het streven naar hogere opbrengsten, maar werken tegengesteld bij het streven naar betere kwaliteit. De bespreking is beperkt gebleven tot de gehalten aan totaal-stikstof, nitraat-stikstof, en ruwe celstof in het gewas.

Bij voortschrijdende groei daalt het eiwitgehalte en stijgt het gehalte aan koolhydraten. Het nitraat-stikstofgehalte* blijft gelijk, zolang tenminste voldoende nitraat voor de plant beschikbaar is in de grond (figuur 1).

De veranderingen in de logaritmen van de gehalten aan totaal-stikstof en nitraat in afhankelijkheid van groeiduur en van stikstofvoorziening zijn weergegeven in figuur 2. Wanneer het nitraatgehalte gaat dalen, wordt het begin van nitraat-uitputting zichtbaar. Dit tijdstip hangt af van de beschikbare hoeveelheid nitraat in de grond. Vóór dit tijdstip daalt echter het totaal-stikstofgehalte al met een zekere snelheid, afhankelijk van groei en veroudering (zie object 5 in figuur 2). Na dit tijdstip neemt de hoeveelheid opgenomen stikstof niet meer toe. Gedurende de uitputtingsgroei daalt het nitraatgehalte ($[\text{NO}_3]$) relatief sneller dan het totaal-stikstofgehalte ($[\text{N}]$), aangezien deze snelheid bij nitraat bepaald wordt door de groei én door intern verbruik en bij totaal-stikstof slechts door de groei.

Voor het verband tussen de gehalten aan nitraat en totaal-stikstof werd de volgende vergelijking opgesteld:

$$\log[\text{NO}_3] = -k_3 \log \frac{1}{[\text{N}]} + C_3 \quad (3)$$

Uitputting gaat samen met een daling van $\log [\text{NO}_3]$ bij toenemende $\log 1/[\text{N}]$ -waarden. Bemesting met stikstof heeft het omgekeerde tot gevolg. Veroudering gaat samen met toenemende $\log 1/[\text{N}]$ -waarden (figuur 5). Bij sneden van verschillende ouderdom (t_1 en t_2) zal eenzelfde verband bestaan tussen $\log [\text{NO}_3]$ en $\log 1/[\text{N}]$; bij de oudste snede (t_2) zal de lijn $\log [\text{NO}_3] = -k \log 1/[\text{N}] + C$ echter bij hogere $\log 1/[\text{N}]$ -waarden gelegen zijn.

Om verschillende redenen is bij de interpretatie van de resultaten gebruik gemaakt van een vereenvoudigde vergelijking:

$$\log[\text{NO}_3] = -k_4 \frac{1}{[\text{N}]} + C_4 \quad (4)$$

Deze vergelijking en de lijn, die hieraan voldoet, worden verder aangeduid als

* Verder aangeduid als nitraatgehalte.

de *nitrochoor*. Het blijkt (figuren 3 en 4), dat toepassing van Vergelijking (3) geen voorkeur verdient boven toepassing van Vergelijking (4).

Bij vergelijking van de *nitrochoren* van sneden van verschillende ouderdom, zijn de $1/[N]$ -waarden, afgelezen bij een bepaald $\log [NO_3]$ -niveau, een directe maat voor de veroudering. Verschillen in opbrengst en in stikstofbemesting spelen hier geen rol, aangezien de vergelijking is gemaakt bij eenzelfde graad van nitraatuitputting.

De verschuiving van de *nitrochoren* naar hogere $1/[N]$ -waarden bij het ouder worden betekent, dat in het oudere gras in verhouding minder stikstof geassimileerd wordt dan in het jongere gras. Dit komt, doordat dan meer niet-stikstofhoudende bestanddelen worden geproduceerd, o.a. ruwe celstof.

Veroudering zal dus samengaan met een stijging van de $1/[N]$ -waarde en van het ruwe-celstofgehalte.

2 PROEFNEMINGEN — DOELSTELLINGEN EN METHODEN

De opzet van de in 1957 tot en met 1961 op blijvend grasland uitgevoerde proeven (tabel 1) was zodanig, dat het mogelijk was zowel gras van verschillende ouderdom bij eenzelfde niveau van interne nitraatuitputting te vergelijken, als gras van gelijke ouderdom bij verschillende graden van interne nitraatuitputting.

De invloed van verschillende factoren, zoals de soort stikstofmeststof, de fosfaaten kalibemesting, de watervoorziening, de botanische samenstelling van het bestand en de morfologische samenstelling van grassen en paardebloem op de ligging van de *nitrochoor* en op het gehalte aan ruwe celstof wordt in de volgende hoofdstukken besproken.

3 VROEG EN LAAT GEOOGST GRAS

Bij de proeven IB 44 tot en met IB 50 werd het gras slechts in twee stadia geoogst. In de figuren 7, 8 en 9 zijn de nitraatgehalten logaritmisch en de drogestofopbrengsten lineair uitgezet tegen de reciproke waarden van het totaalstikstofgehalte. De *nitrochoren* van de late snede liggen steeds bij hogere $1/[N]$ -waarden dan die van de vroege snede. De verschillen zijn na de aprilbemesting groter dan na de juni- en veel groter dan na de augustusbemesting. Hetzelfde geldt voor de verschillen in opbrengst tussen beide sneden. *Dit wijst er op, dat de mate van veroudering nauw samenhangt met de mate van toeneming van de drogestofproductie.*

In de opbrengstcurven zijn de $1/[N]$ -trajecten bij een nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol per kg droge stof, zoals afgelezen van de *nitrochoren*, aangegeven door een vet gedeelte van de curve. *Wanneer door een stikstofbemesting lagere $1/[N]$ -waarden worden bereikt dan die behoren bij het nitraataccumulatie-niveau van 50-100 mmol, worden in de meeste gevallen nog maar kleine op-*

brengruwermerderingen verkregen (figuren 7, 8 en 9). Bewerking van literatuurgegevens geeft analoge resultaten (figuren 10 en 11).

Evenals de opbrengsten zijn de ruwe-celstofgehalten na de april- en junibemesting bij de late snede hoger dan bij de vroege snede (figuur 12). Na de augustusbemesting treedt dit verschijnsel echter niet duidelijk op. *Dit is een indicatie, dat ook de stijging van het ruwe-celstofgehalte bij het ouder worden afhangt van de toeneming van de droge-stofproduktie.*

4 OPEENVOLGENDE STADIA VAN VEROUDERING

Door het toepassen van een groter aantal oogsttijden zijn de veroudering en het verloop van de kwaliteitsfactoren beter te vervolgen.

Bij proef IB 307 (figuren 13, 14 en 15) bereiken alleen de nitrochoren van de vroegste oogst na de juni- en augustusbemesting een nitraataccumulatieniveau van 100 mmol. Bij het ouder worden en het toenemen van de opbrengst daalt, ook bij de hoogste stikstofgift (120 kg N per ha), het nitraatgehalte. In de grond was dus niet voldoende nitraat aanwezig om een nitraatniveau van 100 mmol te kunnen handhaven. *De maximale opbrengst wordt met deze stikstofgift dan ook niet bereikt.* Evenals bij de proeven in 1957, doorlopen de nitrochoren na de augustusbemesting een kleiner traject van $1/[N]$ -waarden dan na de april- en junibemesting. *Dit hangt weer samen met de minder snelle groei na de augustusbemesting.*

In de meeste gevallen daalt het ruwe-celstofgehalte bij de jongste snede, wanneer $1/[N]$ daalt tengevolge van de stikstofbemesting (figuur 16). De opbrengsten zijn dan nog weinig beïnvloed door de bemesting. Bij het ouder worden gaat de daling van het ruwe-celstofgehalte geleidelijk over in een duidelijke stijging. Bij enige van de oudste sneden heeft de stikstofbemesting geen effect meer op de $1/[N]$ -waarde, terwijl de opbrengst duidelijk stijgt. De ruwe-celstoflijnen lopen dan evenwijdig aan de y-as. *Ook dit is dus een aanwijzing, dat een hogere opbrengst een hoger ruwe-celstofgehalte met zich meebrengt.*

Bij IB 106 (figuren 18, 19 en 20) handhaven de nitrochoren gedurende de gehele groeiperiode een hoog nitraataccumulatieniveau. De hoogste stikstofgift was hier dan ook twee maal zo groot als bij IB 307. Ook hier is de mate van veroudering afhankelijk van de mate van toeneming van de droge-stofopbrengst. In het algemeen wordt de maximale opbrengst bereikt bij een nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol.

Het aannemen van een rechtlijnig verband tussen $\log [NO_3]$ en $1/[N]$, zoals voorgesteld door de nitrochoor, blijkt in overeenstemming te zijn met de resultaten en geldt voor sneden van verschillende ouderdom.

Het ruwe-celstofgehalte stijgt bij dalende $1/[N]$ -waarden, zolang tenminste ook de opbrengst stijgt (figuur 20). Neemt echter bij verdere daling van $1/[N]$ de opbrengst niet meer toe, dan stijgt ook de ruwe celstof niet meer. Analooq aan het verschijnsel bij jong gras (zie figuur 16), kan dit gehalte dan zelfs gaan dalen.

Uit de in hoofdstuk 3 en 4 besproken proeven kan geconcludeerd worden, dat het nitraatgehalte een goede maat voor de mate van stikstofvoorziening van gras is. Een gehalte van ongeveer 100 mmol per kg droge stof is noodzakelijk voor het bereiken van maximale of bijna maximale opbrengsten. Volgens gegevens van CRAWFORD (1960) is een dergelijk gehalte in het voer niet schadelijk voor rundvee.

5 DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP DE NITROCHOOR

5.1 De soort stikstofmeststof

Eerder is aangenomen, dat de plant de stikstof in de nitraatvorm heeft opgenomen (figuur 2). Met één uitzondering is bij de tot nu toe besproken proeven de stikstof echter toegediend in de vorm van kalkammonsalpeter, zodat het gras dus naast nitraat ook ammonium zal hebben opgenomen. Wordt ammonium toegediend en opgenomen vóór het genitrificeerd wordt, dan zullen de nitrochoren lagere $1/[N]$ -waarden bereiken, zonder in nitraat te stijgen. De nitrochoor loopt dan op een laag nitraatniveau evenwijdig aan de x-as.

Bij twee proeven, op zand- en kleigrond, bereiken de nitrochoren bij een za-bemesting praktisch dezelfde $1/[N]$ -waarden als bij een bemesting met ks en kas (figuur 21 en 22). De nitraatgehalten liggen echter bij za veel lager, vooral op de zandgrond, waar de nitrificatie blijkbaar minder snel verloopt dan op de kleigrond (zie ook tabel 2). De ks- en kas-nitrochoren verschillen veel minder van elkaar dan op grond van de samenstelling van kas verwacht zou worden (zie ook tabel 3).

Voor ks en kas geldt, dat de maximale opbrengst verkregen wordt bij het 'kritisch' nitraataccumulatieniveau van 50-100 mmol. Voor za ligt dit kritisch niveau veel lager (figuur 24). *Bij gebruik van za is behoudens uitzonderingen, nl. wanneer de omstandigheden voor nitrificatie zeer gunstig zijn (figuur 25), het nitraatgehalte geen juiste maat voor de mate van stikstofvoorziening van gras.*

Omdat nitrificatie een temperatuurgevoelig proces is, kan verwacht worden, dat het verschil tussen ks- en za-nitrochoren groter is bij bemesting in het voorjaar dan in de zomer. Een proef hierover blijkt deze verwachting niet te bevestigen (figuur 29), waarschijnlijk omdat de stikstofopneming door het gras in de zomer sneller verlopen is dan in het voorjaar (tabel 5). Zodoende zal het gras in de zomer relatief meer ammonium hebben opgenomen dan in het voorjaar. Ook kan de overvloedige regenval in deze zomer een rol gespeeld hebben.

Ook door middel van grondonderzoek wordt aangetoond, dat het ammonium uit za genitrificeerd wordt (figuur 30). Verder blijkt, dat de stikstof bij een bemesting met ks gemakkelijker door uitspoeling voor het gras onbereikbaar kan worden dan bij een bemesting met za (figuur 31 en tabel 6).

5.2 De fosfaat- en kalibemesting

De invloed van de fosfaat- en kalivoorziening op het verloop van de nitrochoor werd bestudeerd bij een proef op fosfaat- en kaliarme grond. Het proefveld reageert niet op kali (figuur 33). Door verhoging van de fosfaatbemesting wordt bij de lage stikstofniveaus een kleine, maar bij de hoge stikstofniveaus een grote opbrengstvermeerdering verkregen. Toch zijn de hoog- en laag-fosfaatpunten steeds om eenzelfde nitrochoor gegroepeerd.

Dit is dus een uitzondering op de regel, zoals die bij de stikstofproeven gevonden is, nl. dat een opbrengstvermeerdering samengaat met een verschuiving van de nitrochoor naar hogere $1/[N]$ -waarden.

5.3 De watervoorziening

Bij het onderzoek in 1959 maakte de grote droogte het mogelijk de invloed van de watervoorziening op het verloop van de nitrochoren te bestuderen.

Door watertekort wordt niet alleen de droge-stofproductie beïnvloed, maar wordt ook de helling en de ligging van de nitrochoren verstoord (figuur 34 en 35). Wordt dit watertekort door regen opgeheven, dan herstellen de nitrochoren zich.

In tegenstelling tot de resultaten van de stikstofproeven verschuiven de nitrochoren dan echter bij het ouder worden én bij het toenemen van de opbrengst naar lagere $1/[N]$ -waarden (figuur 35). In feite wordt het gras hier dus jonger bij het ouder worden.

5.4 De botanische samenstelling

Stikstofbemesting en groeiduur beïnvloeden beide (figuur 37, tabellen 8 en 9) de botanische samenstelling van gras (totale oogstprodukt). Hierdoor kan ook de chemische samenstelling veranderen.

Bij bestudering van grassen en paardebloem afzonderlijk blijkt, dat de paardebloem-nitrochoren een kleiner traject van $1/[N]$ -waarden doorlopen dan de grassen-nitrochoren (figuren 39 en 40). De grassen-nitrochoren hebben hier betrekking op de gehele plant, nl. blad + stengel, maar de paardebloem-nitrochoren alleen op het blad. Zodoende wordt bij paardebloem niet een juist beeld van de veroudering verkregen (zie ook 5.5). Wanneer van beide componenten echter de gehele plant vergeleken wordt (figuur 42), blijkt de mate van veroudering bij grassen en paardebloem ongeveer gelijk te zijn.

5.5 De morfologische samenstelling

Groeiduur en stikstofbemesting hebben invloed op het percentage stengel van grassen en paardebloem (figuren 46, 47, 48 en tabel 10), hoewel in het voorjaar bij grassen van een stikstofinvloed nauwelijks enige sprake is (figuren 46 en 48).

Het valt op, dat na de junibemesting de grassen bij een laag stikstofniveau stengelarmer zijn dan bij een hoog stikstofniveau. Dit geldt slechts bij vergelijking op eenzelfde oogstdatum. Bij het ouder worden neemt het percentage stengel in het algemeen sterk toe.

Bij de bestudering van de afzonderlijke morfologische componenten blijken ook hiervoor nitrochoren te bestaan (figuren 49, 50, 51 en 55). Deze verschuiven bij het ouder worden eveneens naar hogere $1/[N]$ -waarden. De stengel-nitrochoren zijn echter steeds bij hogere $1/[N]$ -waarden gelegen dan de overeenkomstige blad-nitrochoren.

Het toenemen van het percentage stengel versnelt dus de veroudering van de gehele plant (figuur 52, tabel 12).

6. DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE FACTOREN OP HET RUWE-CELSTOFGEHALTE BIJ GELIJK OPBRENGSTNIVEAU

In hoofdstuk 3 en 4 is reeds gesteld, dat een hogere opbrengst zal samengaan met een hoger ruwe-celstofgehalte. Aangezien bij grasland geoogst wordt wanneer een bepaalde produktie is bereikt, ligt het voor de hand de invloed van de verschillende factoren op het ruwe-celstofgehalte ook te bestuderen bij gelijke droge-stofprodukties. Hiertoe werden de ruwe-celstofgehalten uitgezet tegen de opbrengsten.

6.1 De stikstofbemesting

De resultaten uit de literatuur lijken tegenstrijdig. Dit is in wezen niet zo. Immers het ruwe-celstofgehalte daalt door de stikstofbemesting bij vroeg geoogst gras, wanneer de bemesting nog weinig invloed heeft op de opbrengst, en stijgt bij laat geoogst gras, wanneer door de bemesting de opbrengsten aanzienlijk gestegen zijn (figuur 16). In het laatste geval worden dus de ruwe-celstofgehalten van sterk uiteenlopende droge-stofprodukties met elkaar vergeleken.

Vergeleken bij een gelijke opbrengst echter, daalt in alle gevallen het ruwe-celstofgehalte bij toenemende stikstofbemesting (figuren 56 en 58, tabel 15). Verder blijkt dit gehalte na de junibemesting hoger te liggen dan na de april-bemesting. Dit is opvallend, omdat het gras in de periode april/mei méér de neiging zal hebben in een generatief stadium (stengelrijk) over te gaan dan in de periode juni/juli (figuur 60), zodat eerder het tegenovergestelde verwacht zou worden. Deze resultaten gelden zowel voor het totale oogstprodukt als voor de grassencomponent hiervan. Het totaal-stikstofgehalte ligt na de april- en juni-bemesting gelijk (figuren 57 en 59).

Het dalen van het ruwe-celstofgehalte door de stikstofbemesting is ten dele toe te schrijven aan het feit, *dat de grassencomponent bij de hogere stikstofgiften*

stengel armer wordt, althans bij vergelijking bij gelijke opbrengsten (figuur 60). Immers stengel heeft een hoger ruwe-celstofgehalte dan blad (zie 6.5).

6.2 De fosfaat- en kalibemesting

Verhoging van de fosfaatbemesting leidt bij een hoog stikstofniveau (i.c. 175 en 250 kg N per ha) tot een verhoging van het totaal-stikstofgehalte (figuur 63). Tegelijkertijd leidt dit tot een verlaging van het ruwe-celstofgehalte (figuur 62). Dit betekent, dat in dit geval het gras relatief jonger is bij de hoge fosfaatbemesting dan bij de lage fosfaatbemesting. Hetzelfde is reeds gezegd t.a.v. de nitrochoren (figuur 33).

Verhoging van de kalibemesting heeft geen invloed op de gehalten aan ruwe celstof en totaal-stikstof.

Bedacht moet worden, dat dit slechts resultaten zijn van één proef.

6.3 De watervoorziening

Wanneer het effect van een besproeiing op de opbrengst groter wordt, neemt ook het ruwe-celstofgehalte sterker toe (tabel 17). Deze gegevens hebben echter steeds betrekking op besproeid en niet-besproeid gras, dat op eenzelfde datum geoogst werd. De resultaten van een andere proef (figuur 65) geven aan, dat het effect van een besproeiing op het ruwe-celstofgehalte een indirect effect is, nl. via de opbrengstvermeerdering. Bij vergelijking bij gelijke opbrengst valt nl. geen verschil te constateren tussen het ruwe-celstofgehalte van besproeid en niet-besproeid gras. Dit is dus in tegenstelling tot de stikstofbemesting, waar bij gelijke opbrengst een verlaging van het ruwe-celstofgehalte gevonden wordt.

6.4 De botanische samenstelling

Het onderzoek bleef beperkt tot de componenten gras en paardebloem. Grasblad heeft ondanks een hoger gehalte aan totaal-stikstof, een hoger ruwe-celstofgehalte dan paardebloemblad (figuur 67, tabel 19). Wanneer het percentage grassen in het totale oogstprodukt toeneemt, zal hiervan dus het ruwe-celstofgehalte ook hoger worden. Dit geldt niet, wanneer het percentage grassen in het totale oogstprodukt hoger wordt door een stikstofbemesting.

6.5 De morfologische samenstelling

Stengel heeft een hoger ruwe-celstofgehalte dan blad (tabel 20). Bij het ouder worden neemt het percentage stengel toe. Verder stijgt het ruwe-celstofgehalte in de stengel sterker dan in het blad. Hierdoor wordt dus de veroudering van de gehele plant versneld (figuur 68).

SUMMARY AND CONCLUSIONS

INTERNAL NITROGEN BALANCE, PRODUCTION OF DRY MATTER AND AGEING OF HERBAGE AND GRASS

1 INTRODUCTION

Grassland herbage is the natural food of our large farm animals. It is therefore important to understand the factors, which affect its yield and quality.

In this paper the effects of nitrogen supply and of growth period are being studied. Both factors combine to produce higher yields of dry matter, but they have opposite effects as regards quality. The discussion has been restricted to the effects of these factors on total nitrogen, nitrate nitrogen, and crude fibre.

The protein content decreases and the carbohydrate content increases with advance in age. The nitrate-nitrogen* content remains constant as long as sufficient nitrate is available in the soil (figure 1).

The changes in the logarithms of the total-nitrogen and the nitrate contents with length of growing period and nitrogen supply have been represented schematically in figure 2. When the nitrate content commences to decline, the onset of nitrate depletion becomes apparent. The time of appearance of depletion depends on the amount of nitrate available in the soil. Prior to depletion, the total-nitrogen content declines at a certain rate which is entirely determined by the plant's age and growth (see treatment 5, figure 2). After depletion, no more nitrogen is taken up by the plant. During the depletion stage, the nitrate content ($[\text{NO}_3]$) declines more rapidly than the total-nitrogen content ($[\text{N}]$), since the fall in nitrate is determined by dilution by growth and by internal consumption, while the decline in total nitrogen is determined by dilution by growth only.

For the relationship between nitrate and total nitrogen the following equation has been formulated

$$\log [\text{NO}_3] = -k_3 \log \frac{1}{[\text{N}]} + C_3 \quad (3)$$

Nitrate depletion is characterised by a decrease in $\log [\text{NO}_3]$ at increasing $\log 1/[\text{N}]$ values, and fertilization by the reverse effect. Ageing is associated with an increase in $\log 1/[\text{N}]$ (figure 5). Cuts of different age (t_1 and t_2) show for each date a $\log [\text{NO}_3]$ versus $\log 1/[\text{N}]$ relationship. For older herbage the line representing this relationship is located at higher $1/[\text{N}]$ values.

However, in the discussion of the results a simplified equation is used

$$\log [\text{NO}_3] = -k_4 \frac{1}{[\text{N}]} + C_4 \quad (4)$$

This equation and the line, which fits this equation, will be referred to as the

* Further referred to as nitrate

'nitrochore'. It appears (figure 3 and 4), that the application of Equation (3) is not to be preferred to the application of Equation (4).

In comparing the nitrochores of cuts of different age, $1/[N]$ can be read off at a certain $\log [NO_3]$ level. In this case the $1/[N]$ values are a direct measure of the ageing of the crop. This conclusion is not affected by differences in yield and nitrogen fertilization, since the comparison is made at the same degree of internal depletion.

The shift of the nitrochore to higher $1/[N]$ values with advancing age means that the older grass assimilates less nitrogen than the younger grass. This should be connected with an increase in the production of non-nitrogenous materials such as crude fibre.

Ageing will thus be accompanied by an increase in both $1/[N]$ and crude fibre.

2 EXPERIMENTAL OBJECTIVES AND METHODS

Experiments were carried out on permanent grassland from 1957 up to and including 1961 (table 1). The experimental design was such, that it was possible to compare cuts of different age at the same level of internal nitrate depletion and to study the effect of the degree of depletion on the yield and composition of cuts of the same age.

The specific effects of nitrogen carrier, phosphate, potash and water supply, botanical composition and morphological composition on the location of the nitrochore and on the crude-fibre content will be discussed in chapters 5 and 6.

3 EARLY- AND LATE-CUT GRASS

In figure 7, 8 and 9* (IB 44-50) the nitrate contents have been plotted on a logarithmic scale and the dry-matter yields on a linear scale against the reciprocals of the total-nitrogen contents.

The nitrochores of the late cuts are located at higher $1/[N]$ values than those of the early cuts. The separation of 'early' and 'late' nitrochores is greater after the nitrogen application in April than after the June application and is much greater than after the August application. The same applies to the differences in yield between both cuts. *This is an indication that the rate of ageing is closely related to the rate of growth.*

The $1/[N]$ ranges, as read off the nitrochores at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol per kg dry matter, have been indicated by thickening the yield curves. *In almost all cases a further decrease in $1/[N]$ by higher nitrogen*

* In these and the other figures the following symbols are used

$[NO_3]$ for mmol NO_3 per kg dry matter

$[N]$ for gr at N per kg dry matter

D.M. for 100 kg dry matter per ha

application does not result in any appreciable increase in yield (figures 7, 8 and 9). Similar results have been compiled from the literature (figures 10 and 11).

As is the case with the yields, the crude-fibre percentages of the late cuts are higher than those of the early cuts, and particularly so after the April and June application (figure 12). *This indicates that the increase in crude fibre with advancing age also depends on the rate of growth.*

4 SUCCESSIVE STAGES OF AGEING

By using a greater number of cutting times it was possible to study the effects of ageing in more detail.

With experiment IB 307 (figures 13, 14 and 15) only the nitrochores of the earliest cut after the June and August application reached a nitrate accumulation level of 100 mmol. With advancing age and increasing yields the nitrate content declines even with the highest rate of nitrogen application (120 kg N per ha). Apparently insufficient nitrate was available in the soil to maintain a nitrate level of 100 mmol in the herbage. *Consequently the maximum yield has not been obtained.* The nitrochores after the August application cover a narrower $1/[N]$ range than those after the April and June applications. *A good growth is apparently essential for the nitrochores to cover a great $1/[N]$ range at the advance of time.*

In most cases the crude-fibre content falls in the youngest cuts with a decrease in $1/[N]$ due to fertilization (figure 16). At this stage, fertilization has very little effect on the yields. In the older cuts, however, the crude-fibre content increases with a decrease in $1/[N]$. In some of the older cuts the applied nitrogen no longer affects the $1/[N]$ value, but increases yields considerably. The crude-fibre lines therefore run parallel to the y-axis. *This too is an indication that the increase in yield as a result of nitrogen fertilization is responsible for the increase in the crude-fibre percentage.*

With IB 106 (figures 18, 19 and 20) the nitrochores maintain a high level of nitrate accumulation during the whole growth period. In this experiment, however, the highest rate of nitrogen application was in fact twice that in IB 307. Here too the rate of ageing depends on the rate of growth. In general, maximum yields have been obtained at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol.

The assumption of a linear relationship between $\log [NO_3]$ and $1/[N]$, as represented by the nitrochore, agrees well with the results and applies to cuts of different age.

The crude-fibre content increases with the decrease of $1/[N]$ as long as the yield increases too (figure 20). If with a further decrease of $1/[N]$ the yields do not increase any more, the crude-fibre content does not increase either. It may even decrease, analogous to the phenomenon in young herbage (see fig. 16).

From the results in chapters 3 and 4 it can be concluded, that the internal nitrate content is a good measure of the nitrogen status of herbage. A nitrate

content of approximately 100 mmol is necessary to obtain maximum or near-maximum yields. According to CRAWFORD (1960) such a level in fodder would not be injurious to cattle.

5 EFFECT OF DIFFERENT FACTORS ON THE NITROCHORE

5.1 Nitrogen carrier

It was assumed that nitrogen was taken up by the plant in the nitrate form (figure 2). However, the results which have been discussed in the two previous chapters refer with one exception to herbage fertilized with ammonium nitrate limestone. This means that the herbage must have taken up nitrogen in the nitrate as well as in the ammonium form. If only ammonium is taken up, the nitrochore will reach lower $1/[N]$ values without an increase in nitrate content. The nitrochore would thus run parallel to the x-axis at a low nitrate level.

With two experiments, one on sandy soil and one on clay soil, the nitrochores of sulphate of ammonia (sa) reach practically the same $1/[N]$ values as those of calcium nitrate (cn) or ammonium nitrate limestone (anl) (figures 21 and 22). The nitrate contents are, however, much lower with sa, particularly so on the sandy soil, in which apparently nitrification proceeds more slowly than in the clay soil (see also table 2). The cn- and anl-nitrochores differ less from each other than would be expected on the basis of the composition of anl (see also table 3).

With cn and anl maximum yields are obtained at a nitrate accumulation level of 50-100 mmol; with sa, however, maximum yields are obtained at a lower nitrate level (figure 24). *This means, that the critical nitrate content of 50-100 mmol does not apply to sa fertilization, except where conditions favour nitrification* (figure 25).

As the nitrification process is sensitive to temperature the differences between the cn- and sa-nitrochores would be expected to be greater with spring application than with summer application. The results of an experiment did not confirm this expectation however (figure 29), probably because the rate of nitrogen uptake by the grass was faster after the summer than after the spring application (figure 5). Use of soil analysis has also shown that ammonium in sa is nitrified (figure 30), and further that nitrogen applied as cn may be lost by leaching more easily than nitrogen applied as sa (figure 31, table 6).

5.2 Phosphate and potash fertilization

The effect of phosphate and potash supply on the nitrochore has been studied on a soil poor in both phosphate and potash.

The experiment did not show, however, a response to potash (figure 33). Increasing the phosphate application has little effect on the yield at low nitrogen levels, but it increases yields considerably at high nitrogen levels. Nevertheless

the high- and low-phosphate plots are grouped around the same nitrochore.

This is an exception to the rule discovered in the nitrogen experiments that an increase in yield is associated with a shift of the nitrochore to higher $1/[N]$ values.

5.3 Water supply

The very dry year 1959 made it possible to study the effect of water supply on the nitrochore. Drought does not only affect the dry-matter production but also the slope and the location of the nitrochores (figures 34 and 35). If the drought is broken by rain, the nitrochores recover.

However, contrary to the results of the nitrogen experiments the nitrochores then shift with advancing age and with increasing yield to lower $1/[N]$ values (figure 35). The grass becomes in fact 'younger' with advancing age.

5.4 Botanical composition

Both nitrogen fertilization and growth period affect the botanical composition of herbage* (figure 37, tables 8 and 9), which means that the chemical composition can also change.

In studying the separate components — grass and dandelion — it appears that the dandelion nitrochores cover a narrower range of $1/[N]$ values than the grass nitrochores (figures 39 and 40). The grass nitrochores refer to the whole plant, viz leaf plus stem, but the dandelion nitrochores only to leaf. Consequently the comparison does not represent accurately the ageing of dandelion (see also 5.5). Comparing the whole plant, however, the rates of ageing of grass and dandelion are practically the same (figure 42).

5.5 Morphological composition

Both growth period and nitrogen fertilization affect the percentage of stem in grass and dandelion (figures 46, 47 and 48, table 10). In spring, however, the effect of nitrogen on the morphological composition of grass is small and insignificant (figures 46 and 48). After the June application, nitrogen fertilization increases the percentage stem in grass, at least when the comparison is made at the same date of cutting. With advancing age the percentage stem usually increases considerably.

Nitrochores may be constructed too for the separate components, viz leaf and stem. These nitrochores too shift to higher $1/[N]$ values with advancing age.

* Herbage stands for the total yield produce from grassland, while grass only refers to the mixture of grasses in the total yield produce.

The stem nitrochores are, however, located at higher $1/[N]$ values than the corresponding leaf nitrochores.

An increase in percentage stem thus accelerates the ageing of the whole plant (figure 52, table 12).

6 EFFECT OF DIFFERENT FACTORS ON THE CRUDE-FIBRE CONTENT AT THE SAME LEVEL OF YIELD

In chapters 3 and 4 it has already been stated, that a higher yield is associated with a higher crude-fibre content. Since herbage is harvested when a certain production has been reached, it seems appropriate to study the effect of the different factors on the crude-fibre content also at the same level of yield. The crude-fibre contents were therefore plotted against the yields.

6.1 Nitrogen fertilization

Although the results from the literature seem to be in conflict with each other, this is in fact not so. This is because the crude-fibre content decreases in young herbage due to nitrogen fertilization when the yield has not yet increased considerably by fertilization, but increases in old herbage when the yield has increased considerably by fertilization.

Compared at the same yield level the crude-fibre content decreases with increasing rates of nitrogen (figures 56 and 58, table 17). The crude-fibre content is higher after the April application than after the June application. This is remarkable, because grass in April/May has more tendency to flower than grass in June/July. The results apply to herbage as well as to grass.

The decrease in crude fibre can partly be attributed to the fact *that the grass becomes more leafy at the higher rates of nitrogen* at least when compared at the same yield level (figure 60), and leaf has a lower crude-fibre content than stem (see 6.5).

6.2 Phosphate and potash fertilization

Increasing the phosphate supply leads to an increase in total-nitrogen content only at the highest rates of nitrogen (175 and 250 kg N per ha) (figure 63), and simultaneously the crude-fibre content decreases. This means that in this case the high-phosphate herbage is relatively younger than the low-phosphate herbage. The same applies to the nitrochores (figure 33). Increasing the potash supply has no effect on the crude-fibre and the total-nitrogen contents. It should be remembered that these results are from one experiment only.

6.3 Water supply

The greater the effect of irrigation upon yield, the more the crude-fibre content of the herbage increases (table 17).

This refers, however, to irrigated and non-irrigated herbage cut at the same date. The results from an other experiment (figure 65) indicate that the effect of irrigation on the crude-fibre content is an indirect effect due to the increase in yield. Compared at the same yield level no differences could be observed in the crude-fibre content of irrigated and non-irrigated herbage. This is contrary to the results with nitrogen, which at the same yield level decreases the crude-fibre content.

6.4 Botanical composition

Research was restricted to the components grass and dandelion. In spite of a higher total-nitrogen content grass leaf has a higher crude-fibre content than dandelion leaf (figure 66, table 19). An increase in the percentage grass in the herbage consequently results in a higher crude-fibre content in the herbage.

6.5 Morphological composition

Stem has a higher crude-fibre content than leaf (table 20). With advancing age the percentage stem increases, and at the same time the crude-fibre content in the stem increases more rapidly than in the leaf.

These factors combine to accelerate the ageing of the whole plant (figure 68).

ACKNOWLEDGEMENT

I wish to thank Mr A. J. Low from Jealott's Hill Research Station who has been so kind to read the summary and give his comments.

LITERATUUR *

- | | | |
|---|-------|---|
| ACHACOSO, A. S., C. L. MONDART,
F. L. BONNER en L. L. RUSOFF | 1960 | <i>J. Dairy Sci.</i> 43, 443 |
| AGERBERG, L. S. | 1956 | <i>Statens Jordbruksförsök Medd.</i> 72, 33-64 |
| ANDERSON, J. G. | 1944 | <i>J. Amer. Soc. Agron.</i> 36, 584-589 |
| ANDERSON, O. E. en E. R. PURVIS | 1955 | <i>Soil Science</i> 80, 313-318 |
| ANDERSON, O. E. | 1960 | <i>Soil Sci. Soc. Amer. Proc.</i> 24, 286-289 |
| ARCHIBALD, J. G. en P. R. NELSON | 1929 | <i>J. Amer. Soc. Agron.</i> 21, 686-699 |
| ARCHIBALD, J. G., P. R. NELSON
en E. BENNETT | 1932 | <i>J. Agric. Res.</i> 45, 627-640 |
| ARMSTRONG, D. G., H. COOK en
B. THOMAS | 1950 | <i>J. Agric. Sci.</i> 40, 93-99 |
| AUSTENSON, H. M. en A. G. LAW | 1958 | <i>Wash. Agric. Exp. Sta. Bull.</i> 591, pp 12 |
| BALKS, R. en E. PLATE | 1955 | <i>Landw. Forsch.</i> 7, 203-211 |
| BARTH, K. M., G. W. VAN DER NOOT
en J. L. CASON | 1959 | <i>J. Nutrition</i> 68, 383-391 |
| BATHURST, N. O. en K. J. MITCHELL | 1958 | <i>New Zeal. J. Agric. Res.</i> 1, 540-552 |
| BENNETT, E. | 1940 | <i>Plant Phys.</i> 15, 327-334 |
| BIRD, J. N. | 1943 | <i>J. Amer. Soc. Agron.</i> 35, 845-861 |
| BLACKMAN, G. E. | 1936 | <i>J. Agric. Sci.</i> 26, 620-647 |
| BLACKMAN, G. E. en
W. G. TEMPLEMAN | 1940 | <i>Ann. Bot. N.S.</i> 4, 533-587 |
| BOSCH, S. | 1946 | <i>Versl. Landb. Onderz.</i> 52 (5) B, 209-264 |
| BRADLEY, W. B., H. F. EPPSON en
O. A. BEATH | 1940 | <i>Wyoming Agric. Exp. Sta. Bull.</i> 241, pp 20 |
| BRATZLER, J. W., E. KECK,
L. F. MARIOTT en J. B. WASHKO | 1959 | Stencil P-91, <i>Ann. Meeting Amer. Dairy Sci. Ass. Illinois</i> , 1959 |
| BROWN, B. A. | 1932 | <i>J. Amer. Soc. Agron.</i> 24, 129-145 |
| BROWN, B. A. en R. J. MUNSELL | 1943 | <i>J. Amer. Soc. Agron.</i> 35, 811-816 |
| BRÜNE, FR., K. RICHTER en
H. BRÜGGEMAN | 1935 | <i>Landw. Jahrb.</i> 81, 21-28 |
| BRÜNNER, F. | 1953 | <i>Zeitschr. Acker- Pflanzenbau</i> 96, 309-332 |
| BRÜNNER, F. | 1956 | <i>Das Grünland</i> 5, 18-20 |
| BUCKNER, G. D. en A. H. HENRY | 1945 | <i>Kentucky Agric. Exp. Sta. Bull.</i> 473, pp 12 |
| BURG, P. F. J. van | 1960 | <i>Stikstof</i> 3, 87-96 |
| BURG, P. F. J. van | 1960a | <i>Proc. 8th Intern. Grassl. Congress</i> , 142-146 |
| BURKITT, W. H. | 1940 | <i>J. Agric. Res.</i> 61, 471-479 |
| BURSTRÖM, H. | 1943 | <i>Ann. Royal Agric. Coll. Sweden</i> 11, 1-50 |
| BURSTRÖM, H. | 1945 | <i>Ann. Royal Agric. Coll. Sweden</i> 13, 1-86 |
| BURTON, G. W. en E. H. DEVANE | 1952 | <i>Agron. J.</i> 44, 128-132 |
| CAMPBELL, E. G. | 1924 | <i>Bot. Gaz.</i> 78, 103-115 |

* De literaturopgaven zijn niet volledig in overeenstemming met de vormen van titelbeschrijving die in de reeks Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen gebruikelijk zijn.

- CAPEN, R. G. en J. A. LECLERC 1933 *J. Agric. Res.* 46, 665-668
- CAREY, V., H. L. MITCHELL en K. ANDERSON 1952 *Agron. J.* 44, 467-469
- CHALUPA, W. V., J. L. CASON en B. R. BAUMGARDT 1961 *J. Dairy Sci.* 44, 874-878
- CHRISTOPH, K. 1925 *Zeitschr. Pflanzenzüchtung* 10, 311-384
- CLARKE, S. E. en E. W. TISDALE 1945 *Dep. Agric. Canada Techn. Bull.* 54, pp 60
- COOK, C. W. en L. E. HARRIS 1950 *Utah Agric. Exp. Sta. Techn. Bull.* 344, pp 45
- COOK, R. L. 1930 *J. Amer. Soc. Agron.* 22, 393-408
- CRAGMILES, J. P., D. M. BAIRD en M. E. MCCULLOUGH 1958 *Georgia Agric. Exp. Sta. Mim. Series N.S.* 48, pp 7
- CRAWFORD, R. F. 1958 M. Sc. Thesis Cornell University, pp 67
- CRAWFORD, R. F. 1960 Ph. D. Thesis Cornell University, pp 156
- CROWTHER, E. M. en H. L. RICHARDSON 1932 *J. Agric. Sci* 22, 300-334
- DAVIDSON, W. B., J. L. DOUGHTY en J. L. BOLTON 1941 *Can. J. Comp. Med.* 5, 303-313
- DAWSON, J. R., R. R. GRAVES en A. G. VAN HORN 1933 *U.S.D.A. Techn. Bull.* 352, pp 28
- DEETZ, R. 1873 *J. Landw.* 21, 57-88
- DENT, J. W. 1955 *J. Brit. Grassl. Soc.* 10, 330-340
- DEYS, W. B. 1953 *Verslag C.I.L.O.*, 153-154
- DIRVEN, J. G. P. en H. APPELMAN 1959 Landbouwproefstation Suriname, *Jaarverslag 1958*, 64-65
- DOUGHTY, J. L. en F. G. WARDER 1943 *Scient. Agric.* 23, 233-236
- DOVRAT, A., Y. LESHEM en O. JAKOBSEN 1959 *Rep. 262 Israel Min. Agric.* 1-32
- DRAPALA, W. J., L. C. RAYMOND en E. W. CRAMPTON 1947 *Scient. Agric.* 27, 36-41
- DUSTMAN, R. B. en L. C. SHRIVER 1929 *J. Amer. Soc. Agron.* 21, 561-567
- DUSTMAN, R. B. en A. H. VAN LANDINGHAM 1930 *J. Amer. Soc. Agron.* 22, 719-724
- DIJKSHOORN, W. 1958 *Neth. J. Agric. Sci.* 6, 211-221
- DIJKSTRA, N. D. en E. BROUWER 1939 *Versl. Landb. Onderz.* 45 (1) C, 1-45
- DIJKSTRA, N. D. 1957 *Versl. Landb. Onderz.* 63. 1, pp 26
- EGGLETON, W. G. E. 1935 *Ann. App. Biol.* 22, 419-430
- EGGLETON, W. G. E. 1935a *Bioch. J.* 29, 1389-1397
- ELLETT, W. B. en L. CARRIER 1915 *J. Amer. Soc. Agron.* 7, 85-87
- EMMERT, E. M. 1936 *Soil Sci.* 41, 67-70
- FAGAN, T. W. en H. TREVOR JONES 1924 *Welsh Plant Breeding Sta. series H, no. 3*, 85-130
- FAGAN, T. W. en R. E. EVANS 1926 *Welsh J. Agric.* 2, 113-116
- FAGAN, T. W., W. E. J. MILTON en A. L. PROVAN 1927 *Welsh Plant Breeding Sta. series H, no. 9*, 5-27
- FAGAN, T. W. 1928 *Welsh J. Agric.* 4, 92-102
- FAGAN, T. W. 1929 *Welsh J. Agric.* 5, 99-109
- FAGAN, T. W. en J. REES 1930 *Welsh J. Agric.* 6, 224-237
- FAGAN, T. W. en W. E. J. MILTON 1931 *Welsh J. Agric.* 7, 246-255
- FAGAN, T. W. en H. T. WATKINS 1932 *Welsh J. Agric.* 8, 144-151

- FEATHERSTONE, J., C. D. RICKABY en A. J. CAVELL 1951 *J. Brit. Grassl. Soc.* 6, 161-166
- FERGUSON, W. S. en R. A. TERRY 1956 *J. Agric. Sci.* 48, 149-152
- FISHER, F. L. en A. G. CALDWELL 1959 *Agron. J.* 51, 99-102
- FRANKENA, H. J. 1934 *Versl. Landb. Onderz.* 40 (A), 23-49
- FRANKENA, H. J. 1935 *Versl. Landb. Onderz.* 41 (A), 29-45
- FRANKENA, H. J. 1935 *Landb. Tijdschr.* 47, 81-85
- FRANKENA, H. J. 1939 *Versl. Landb. Onderz.* 45 (10) A, 255-297
- FRANKENA, H. J. 1941 *Versl. Landb. Onderz.* 47 (1) B, 1-60
- FRAPS, G. S. en J. F. FUDGE 1940 *Texas Agric. Exp. Sta. Bull.* 582, pp 35
- FREDERICK, L. R. 1956 *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20, 496-500
- GARCIA-RIVERA, J. 1960 M. Sc. Thesis University Wisconsin, pp 45
- GERRETSEN, F. C. 1942 *Landb. Tijdschr.* 54, 573-583
- GIBBS, M. 1947 *Plant Phys.* 22, 325-327
- GILBERT, C. S., H. F. EPPSON, N. B. BRADLEY en O. A. BEATH 1946 *Wyoming Agric. Exp. Sta. Bull.* 277, pp 39
- GOUNY, P., J. PICARD, S. MÉRIAUX en R. GROSMAN 1959 *Compt. Rendus Acad. Agric. France* 45, 1-4
- GRAVES, R. R., J. R. DAWSON, D. V. KOPLAND en T. W. MOSELEY 1933 *U.S.D.A. Techn. Bull.* 381, 16-47
- J. GREEN 1934 *Montana Agric. Exp. Sta. Bull.* 283, pp 23
- GRIFFITH, G. AP 1959 *Ann. Rep. Welsh Plant Breed. Sta.* 1959, 94-98
- GRIFFITH, G. AP 1960 *Nature* 185, 627-628
- GRIFFITH, G. AP 1960a *J. Sci. Food Agric.* 11, 626-629
- GRIFFITH, G. AP en T. D. JOHNSTON 1960 *J. Sci. Food Agric.* 11, 622-626
- GRIFFITH, G. AP en T. D. JOHNSTON 1961 *J. Sci. Food Agric.* 12, 348-352
- GRUNDER, M. S. 1933 *J. Agric. Res.* 46, 375-386
- GUL, A. en B. J. KOLP 1960 *Agron. J.* 52, 504-506
- HADDOCK, J. L. 1949 *Agron. J.* 41, 79-84
- HAIGH, L. D. 1912 *8th Intern. Cong. Appl. Chem. Orig. Comm.* 26, 115-117
- HALLEY, R. J. 1955 *J. Brit. Grassl. Soc.* 10, 229-239
- HANWAY, J. J. en A. J. ENGLEHORN 1958 *Agron. J.* 50, 331-334
- 'T HART, M. L. 1948 *Versl. Landb. Onderz.* 54, 7, pp 34
- 'T HART, M. L. en D. VAN DER WOERDT z.j. Verslag graslandverbeteringsproefveld op rivierkleikom grond te Enspijk. Gestenc. Verslag. CILO, Wageningen
- HEADDEN, W. P. 1906 *Colorado Agric. Exp. Sta. Bull.* 110, pp 16
- HEINRICHS, D. H. en R. B. CARSON 1956 *Can. J. Agric. Sci.* 36, 95-106
- HOMB, T. 1953 *Acta Agric. Scand.* 3, 1-32
- HOPPER, T. H. en L. L. NESBITT 1930 *N. Dakota Agric. Exp. Sta. Bull.* 236, pp 38
- HOSTERMAN, W. H. en W. L. HALL 1938 *J. Amer. Soc. Agron.* 30, 564-568
- HUNT, C. H., P. R. RECORD en R. M. BETHKE 1936 *Ohio Agric. Exp. Sta. Bull.* 576, pp 18
- IBERT, E. R., F. L. FISHER en J. F. FUDGE 1957 *Agric. Food Chem.* 5, 506-509
- ITALLIE, TH. B. VAN 1934 *Versl. Landb. Onderz.* 40 (A), 639-693
- JOACHIM, A. W. R. en D. C. PANDITSEKERE 1937 *Trop. Agriculturist (Ceylon)* 89, 264-269

- JORDAN, W. H. 1881 *Biedermann's Centr. Blatt Agrik. Chemie*, 1882, 11, 393-394 (referaat)
- JULEN, G. 1947 *Nordisk. Jordbrugsforskning* 29, 131-138
- JULEN, G. en K. WIKLUND 1955 *Sveriges Utsädesförenings Tidskr.* 60, 357-381
- KAMSTRA, L. D., A. L. MOXON en O. G. BENTLEY 1958 *J. Animal Sci.* 17, 199-208
- KARNS, L. 1955 *Zeitschr. Acker-Pflanzenbau* 100, 335-348
- KELLNER, O. 1879 *Biedermann's Centr. Blatt Agrik. Chemie* 8, 270-273
- KELLNER, O. 1907 De voeding der landbouwhuisdieren (bew. A. A. ter Haar). Leiter en Nijpels, Maastricht, 1907, pp 656
- KIESSELBACH, T. A. en A. ANDERSON 1926 *Nebraska Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 36, pp 125
- KIESSELBACH, T. A. 1931 *U.S.D.A. Techn. Bull.* 235, pp 25
- KIRCHGESSNER, M. 1957 *Landw. Forschung* 10, 45-50
- KIVIMÄE, A. 1959 *Acta Agric. Scand. suppl.* 5, pp 142
- KLAPP, E. 1951 Vorträge 5 Hochschultagung Landw. Fak. Bonn-Popelsdorf 8-10 Oktober 1951, 44-65
- KLEY, F. K. VAN DER 1958 *Landb. Tijdschr.* 70, 145-152
- KNOBLAUCH, H. C., G. H. AHLGREN en H. W. GAUSMAN 1955 *Agron. J.* 47, 434-439
- KNOX, F. E., G. W. BURTON en D. M. BAIRD 1958 *Agric. Food Chem.* 6, 217-219
- KRETSCHMER, A. E. 1958 *Agron. J.* 50, 314-316
- LANGER, R. H. M. 1958 *J. Agric. Sci.* 51, 347-352
- LEEPER, G. W. 1941 *J. Austr. Inst. Agric. Sci.* 7, 161-162
- LEFÈVRE, G. en G. HIRoux 1959 *Ann. Agron.* 327-342
- LEUKEL, W. A., J. P. CAMP en J. M. COLEMAN 1934 *Florida Agric. Exp. Sta. Bull.* 269, pp 48
- LEUKEL, W. A. en R. M. BARNETTE 1935 *Florida Agric. Exp. Sta. Bull.* 286, pp 36
- LEWIS, D. 1951 *Bioch. J.* 48, 175-180
- LOUW, J. G. 1941 *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind.* 17, 165-179
- MACKENZIE, D. J. en C. B. WYLAM 1957 *J. Sci. Food Agric.* 8, 38-45
- McINTOSH, T. H. en L. R. FREDERICK 1958 *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22, 402-405
- MAKKINK, G. F. 1949 *Versl. Landb. Onderz.* 55, 8, pp 49
- MARKLEY, R. A., J. L. CASON en B. R. BAUMGARDT 1959 *J. Dairy Sci.* 42, 144-152
- MOLEN, H. VAN DER 1950 Onderzoekingen, waarnemingen en berekeningen betreffende het greidebedrijf in het amtsgebied Z.W. Friesland 2, pp 161
- MOON, F. E. 1939 *Emp. J. Exp. Agric.* 7, 225-234
- MORSE, F. W. 1891 *New Hamp. Agric. Exp. Sta. Ann. Rep.* 1890 (2), 63-69 (Ref. GRAVES et al. 1933)
- MUHNER, M. E., A. A. CASE, G. B. GARNER en W. H. PFANDER 1955 *J. Anim. Sci.* 14, 1251
- MULDER, E. G. 1948 *Plant and Soil* 1, 94-119
- MULDER, E. G. 1949 *Versl. Landb. Onderz.* 55, 7, pp 95
- MULDER, E. G. 1956 *Med. Dir. Tuinbouw* 19, 673-690
- MUNK, H. 1958 *Landw. Forschung* 11, 150-156

- NEHRING, K. 1956 *Landw. Forschung Sonderheft 8*, 110-127
- NEHRING, K. en M. HOFFMAN 1958 *Zeitschr. Landw. Vers. Untersuchungswesen 4*, 417-447
- NORMAN, A. G. 1935 *J. Agric. Sci 25*, 529-540
- NORMAN, A. G. 1936 *Biochem. J. 30*, 1354-1362
- NORMAN, A. G. 1937 *Agric. Progress 14*, 141-146
- NORMAN, A. G. en H. L. RICHARDSON 1937 *Biochem. J. 31*, 1556-1566
- NORMAN, A. G. 1939 *J. Amer. Soc. Agron. 31*, 751-760
- ØDELIEN, M. 1951 *Landbrukskøghskolens Instit. Jordkultur Sætrykk 15*, 52-62
- ØDELIEN, M. en L. HVIDSTEN 1957 *Landbrukskøghskolens Instit. Jordkultur Meld. 43*, 241-294
- OLSON, O. E. en E. I. WHITEHEAD 1940 *Proc. S. Dakota Acad. Sci. 20*, 95-101
- OSVALD, H. 1919 *Svenska Mosskulturforeningens Tidskr. 33*, 156-184
- OYENUGA, V. A. 1960 *J. Agric. Sci. 55*, 339-350
- PARISH, D. H., W. E. COEY, en K. L. ROBINSON 1953 *Res. Exp. Rec. Min. Agric. N. Ireland 3*, 46-54
- PATTERSON, D. D. 1933 *J. Agric. Sci. 33*, 615-641
- PATTON, A. R. en L. GIESEKER 1942 *J. Anim. Sci. 1*, 22-26
- PATTON, A. R. 1943 *J. Anim. Sci. 2*, 59-62
- PAZUR, J. H. en W. A. DELONG 1948 *Scient. Agric. 28*, 39-46
- PETERSON, M. L. 1951 *Calif. Agric. 5*, 6
- PETERSON, M. L. en R. M. HAGAN 1953 *Agron. J. 45*, 283-287
- PFANDER, W. H., G. B. GARNER, W. C. ELLIS en M. E. MÜHNER 1957 *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 637*, pp 12
- PHILLIPS, M., B. L. DAVIS en H. D. WEIHE 1942 *J. Agric. Res. 64*, 533-546
- PHILIPS, T. G., J. T. SULLIVAN, M. E. LOUGHLIN en V. G. SPRAGUE 1954 *Agron. J. 46*, 361-369
- PIGDEN, W. J. 1953 *Can. J. Agric. Sci. 33*, 364-378
- PIGDEN, W. J. en D. H. HEINRICHS 1957 *Can. J. Plant Sci. 37*, 128-131
- PRINE, G. M. en G. W. BURTON 1956 *Agron. J. 48*, 296-301
- RAMAGE, C. H., C. EBY, E. MATHER en E. R. PURVIS 1958 *Agron. J. 50*, 59-62
- RAVEN, A. M. en K. L. ROBINSON 1957 *Res. Exp. Rec. Min. N. Ireland 5*, 53-61
- RICHARDSON, A. E. V., H. C. TRUMBLE en R. E. SHAPTER 1931 *Counc. Sci. Ind. Res. (Australia) Bull. 49*, pp 47
- RICHARDSON, C. 1883 *U.S.D.A. Ann. Rep. 1883*, 231-233 (Ref. GRAVES et al. 1933)
- RIPER, G. E. VAN 1959 *Diss. Abstr. 19*, 1511
- SABEY, B. R., W. V. BARTHOLOMEW, R. SHAW en J. PESEK 1956 *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20*, 357-360
- SABEY, B. R., L. R. FREDERICK en W. V. BARTHOLOMEW 1959 *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23*, 462-465
- SAID, I. M. 1959 *Versl. Landb. Onderz. 65*, 16, pp 64
- SALISBURY, G. W. en F. B. MORRISON 1938 *Cornell Agric. Exp. Bull. 694*, pp 30
- SCHARRER, K. en W. SEIBEL 1956 *Landw. Forschung 9*, 168-178

- SHUTT, F. T., S. N. HAMILTON en H. H. SELWYN 1928 *J. Agric. Sci.* 18, 411-420
- SHUTT, F. T. 1929 *Trans. Royal Soc. Canada* 23, 133-140
- SJOLLEMA, B. en TH. J. DE MAN 1946 *Med. Instit. Moderne Veevoeding 'De Schothorst'* pp 17 (Med. Centraal Bureau 31, 1947, 125-127)
- SNIJDER, H. en J. A. HUMMEL 1903 *Minnesota Agric. Exp. Sta. Bull.* 80, 149-180
- SØRENSEN, C. 1959 *Plant and Soil* 10, 250-265
- SOSULSKI, F. W., J. K. PATTERSON en A. G. LAW 1960 *Agron. J.* 52, 130-134
- SOTOLA, J. 1927 *J. Agric. Res.* 35, 361-383
- SOTOLA, J. 1933 *J. Agric. Res.* 47, 919-945
- SOTOLA, J. 1937 *J. Agric. Res.* 54, 399-415
- SOTOLA, J. 1940 *J. Agric. Res.* 61, 303-311
- SOTOLA, J. 1941 *J. Agric. Res.* 63, 427-432
- STAPLEDON, R. G. en A. R. BEDDOWS 1926 *Welsh J. Agric.* 2, 103-113
- STEPPLER, H. A. 1951 *Scient. Agric.* 31, 1-14
- STOJANOVIC, B. J. en F. E. BROADBENT 1957 *Soil Sci.* 84, 243-248
- TACKE, BR. 1930 *Arb. Marshkulturcommission 1918-1929*, II
- THOMAS, B. en A. ROGERSON 1950 *Scott. Agric.* 30, 156-160
- THOMAS, B., A. ROGERSON en R. H. ARMSTRONG 1956 *J. Brit. Grassl. Soc.* 11, 10-15
- THOMAS, B., A. ROGERSON en R. H. ARMSTRONG 1956a *J. Brit. Grassl. Soc.* 11, 82-85
- TILLEY, J. M. A., R. F. WILSON en T. J. CLEAVER 1958 *Ann. Rep. Grassl. Res. Sta. Hurley*, 10, 59-62
- TROWBRIDGE, P. F., L. D. HAIGH en C. R. MOULTON 1915 *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 20, pp 67
- TYLER, K. B., F. E. BROADBENT en G. N. HILL 1959 *Soil Science* 87, 123-129
- ULRICH, A. 1942 *Proc. Amer. Sugarbeet Techn.* 3, 66-80
- ULRICH, A. 1948 *Proc. Amer. Sugarbeet Techn.* 5, 364-377
- ULRICH, A. 1952 *Ann. Rev. Plant Phys.* 3, 207-228
- VASEY, G. en C. RICHARDSON 1884 *U.S.D.A. Dept. Rep.* 32, pp 144 (Ref. PHILLIPS et al 1942)
- VICENTE-CHANDLER, J., S. SILVA en J. FIGARELLA 1959 *Agron. J.* 51, 202-206
- VINALL, H. N. en H. L. WILKENS 1936 *J. Amer. Soc. Agron.* 28, 562-569
- WAITE, R. en K. N. S. SASTRY 1949 *Emp. J. Exp. Agric.* 17, 179-187
- WAITE, R. en A. R. N. GORROD 1959 *J. Sci. Food Agric.* 10, 308-317
- WATERS, H. J. 1915 *Montana Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 19, pp 68
- WATKINS, W. E. 1943 *New Mexico Agric. Exp. Sta. Techn. Bull.* 311, pp 43
- WATSON, S. J., J. PROCTOR en W. S. FERGUSON 1932 *J. Agric. Sci.* 22, 257-290
- WEIR, W. C., L. G. JONES en J. H. MEYER 1960 *J. Anim. Sci.* 19, 5-19
- WHITE, T. L. 1959 *Plant and Soil* 11, 1-9

- WHITEHEAD, E. I. en O. E. OLSON 1930 *Proc. S. Dakota Acad. Sci.* 13, 67-72
 WHITEHEAD, E. I. en A. L. MOXON 1952 *S. Dakota Agric. Exp. Sta. Bull.* 424, pp 24
 WIDTSON, J. A. en J. STEWART 1898 *Utah Agric. Exp. Sta. Bull.* 58, pp 88
 WILLIAMS, R. en J. R. LLOYD 1952 *N.A.A.S. Quart. Rev. no. 15*, 271-276
 WILLIAMS, R. D. en T. W. EVANS 1932 *Welsh J. Agric.* 8, 151-162
 WILSON, C. P., E. K. AKAMINE en M. TAKAHASHI 1940 *J. Amer. Soc. Agron.* 32, 266-273
 WILSON, D. J. 1886 *Trans. Royal Highl. and Agric. Soc. Scotl.* 18 (series 4) 148-187
 WILSON, D. J. 1889 *Trans. Royal Highl. and Agric. Soc. Scotl.* 1 (series 5) 1-45
 WOELFEL, C. G. en B. R. POULTON 1960 *J. Anim. Sci.* 19, 695-699
 WÖHLBIEB, W. en M. KIRCHGESSNER 1957 *Landw. Forschung* 10, 240-251
 WOLFF, E. van, W. V. FUNKE, C. KREUZHAGE en O. KELLNER 1879 *Biedermann's Centr. Blatt Agrik. Chemie* 8, 736-744
 WOODBURY, R. M. en R. E. EVANS 1935 *J. Agric. Sci.* 25, 205-274
 WOODMAN, H. E., D. L. BLUNT en J. STEWART 1926 *J. Agric. Sci.* 16, 578-597
 WOODMAN, H. E., D. L. BLUNT en J. STEWART 1957 *Landw. Forschung* 10, 240-251
 WOODMAN, H. E., D. B. NORMAN en J. J. BEE 1928 *J. Agric. Sci.* 18, 266-296
 WOODMAN, H. E., D. B. NORMAN en J. J. BEE 1929 *J. Agric. Sci.* 19, 236-265
 WOODMAN, H. E., D. B. NORMAN en M. H. FRENCH 1931 *J. Agric. Sci.* 21, 267-323
 WOODMAN, H. E. en D. B. NORMAN 1932 *J. Agric. Sci.* 22, 852-873
 WOODMAN, H. E., R. E. EVANS en D. B. NORMAN 1933 *J. Agric. Sci.* 23, 419-458
 WRIGHT, N., R. J. TRAUTMAN en L. J. STREETMAN 1960 *Agron. J.* 52, 671-672
 WRIGHT, P. A. en R. H. SHAW 1926 *J. Agric. Res.* 32, 321-333
 ZALESKI, A. en J. W. DENT 1960 *J. Brit. Grassl. Soc.* 15, 21-27
 ZÜRN, F. 1951 *Zeitschr. Acker-Pflanzenbau* 93, 444-463