

CENTRUM VOOR AGROBIOLOGISCH ONDERZOEK

Wageningen

HET EFFECT VAN DE WORTELTEMPERATUUR
OP DE GROEI EN DE STIKSTOFBINDING
BIJ LUZERNE

N.C. van Keulen

CABO-verslag nr. 55

1984

224722

<u>INHOUD</u>	<u>Blz.</u>
Inleiding	3
Materiaal	3
Resultaten	4
Drogestofproduktie	4
Drogestofverdeling	5
Specifieke bladoppervlak	5
Spruit/wortel-verhouding	6
Aantal wortelknolletjes	6
N-totaal-gehalte in blad, stengel en wortel	7
N-totaal-fixatie	7
P-gehalte in blad, stengel en wortel	9
P-opname	11
Discussie en conclusies	12
Samenvatting	13
Literatuur	13

INLEIDING

In het kader van het project CABO 315 onder leiding van dr.ir. J.H.J. Spiertz - Een onderzoek naar de stikstofbinding en -benutting in teeltsystemen met groenvoedergewassen - is in 1981 een kasproef uitgevoerd met het gewas luzerne om het effect van de worteltemperatuur op groei en stikstofbinding na te gaan. De groei en de stikstofbinding van luzerne kunnen beïnvloed worden door lichtintensiteit, daglengte, bodem- en luchttemperatuur, vochtigheidsgraad van de bodem, aanwezige voedingsstoffen in de bodem (met name de hoeveelheid stikstof), CO₂-concentratie in lucht en bodem, en de soort Rhizobiumbacterie (Van Egeraat, 1978; Vlassak, 1979). In het algemeen beïnvloedt de bodemtemperatuur zowel de vorming van knolletjes als de stikstoffixatie. De mate waarin de bodemtemperatuur invloed heeft op de stikstoffixatie is mede afhankelijk van de symbiotische combinatie (Van Egeraat, 1977). In het voorjaar ijlt de bodemtemperatuur na op de luchttemperatuur. Dit zou mogelijk de hoofdoorzaak kunnen zijn van een trage beginontwikkeling van het luzernegras in Nederland. De luchttemperatuur heeft namelijk in het voorjaar waarden van gemiddeld 7 tot 10 °C en de bodemtemperatuur is 1-2 °C lager. Omdat over de invloed van de bodemtemperatuur op de symbiotische activiteit, en dus indirect op de groei, relatief weinig bekend is werd onder geconditioneerde omstandigheden de activiteit van wortelknolletjes bij luzerne gemeten.

MATERIAAL EN METHODEN

De proef is uitgevoerd in een geconditioneerde kas op vier worteltemperatuurbakken, gevuld met voedingsoplossing $\frac{1}{4}$ Hoagland & Snyder, 1933 (Hewitt, 1966). In deze bakken kan de worteltemperatuur ingesteld worden en automatisch constant gehouden worden; de voedingsoplossing wordt continu rondgepompt.

Het zaad (cv. Europe) is gekiemd in perliet bij 23 °C. Na kieming zijn de plantjes op 23 januari overgezet op de worteltemperatuurbakken, nadat de wortels waren geënt met de Rhizobiumcultuur meliloti, beschikbaar gesteld door de Vakgroep Microbiologie van de Landbouwhogeschool. De worteltemperatuur van alle bakken werd ingesteld op 18 °C; de luchttemperatuur was 16-17 °C. Er werd geen bijbelichting gegeven. Na een opweekperiode van 5½ week werd de proef op 3 maart gestart.

Bij de aanvang van de proef werden de verschillende wortelbakken ingesteld op 10, 15, 20 en 25 °C. Tevens werd de $\frac{1}{4}$ Hoagland-voedingsoplossing in alle bakken vervangen door een $\frac{1}{4}$ Hoagland-voedingsoplossing zonder stikstof.

Gedurende de proef werd de voedingsoplossing regelmatig verversd. De pH van de voedingsoplossing werd tweemaal per week gecontroleerd en indien nodig bijgesteld op 6-7. In de beginperiode van de proef (9 t/m 17 maart) werd er bijbelicht van 8.00 tot 17.00 uur met HPL-lampen (400 Watt) welke op plantniveau een lichtintensiteit van ongeveer 20 W m⁻² leverden. De luchttemperatuur gedurende de proef was 17 °C en de luchtvochtigheid was 80%.

Bij de aanvang van de proef op 3 maart en vervolgens om de twee weken werden per bak 5 planten geoogst. Op de laatste oogstdatum, op 28 april werd het dubbele aantal planten per bak geoogst.

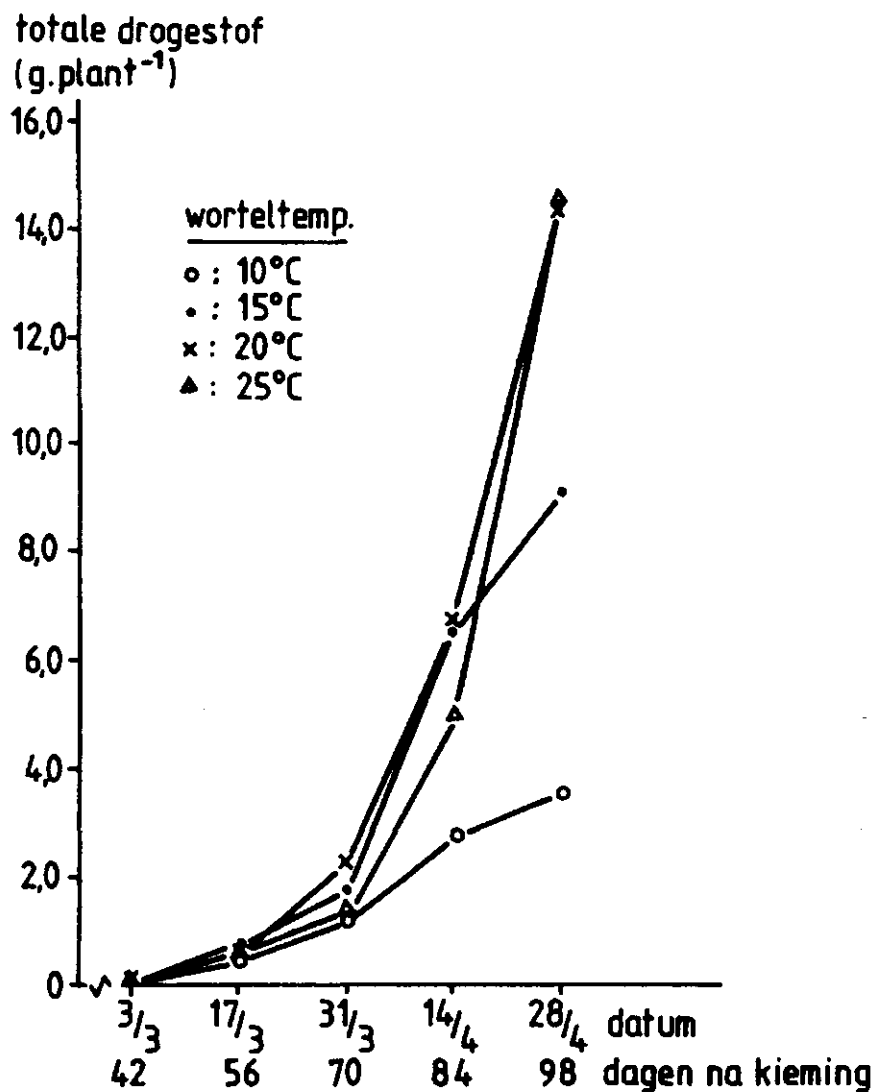
Per oogst werden de volgende bepalingen verricht:

- versgewicht van blad, stengel en wortel;
- drooggewicht van blad, stengel en wortel;
- aantal wortelknolletjes;
- bladoppervlakte (alleen op 14 en 28 april);
- N-totaal-gehalte in blad, stengel en wortel;
- P-gehalte in blad, stengel en wortel.

RESULTATEN

Drogestofproductie

De totale hoeveelheid drogestof per plant was gemiddeld bij de laatste oogst groter naarmate de worteltemperatuur hoger was (figuur 1). Het verschil in drogestofgewicht per plant tussen een worteltemperatuur van 20 en 25 °C was zeer klein.



Figuur 1. Verloop van de totale drogestof per plant bij vier worteltemperaturen.

De grote verschillen zijn een gevolg van het effect van de worteltemperatuur op de relatieve groeisnelheid. Tabel 1 laat zien, dat de relatieve groeisnelheid, berekend als $\frac{\ln W_2/W_1}{t_2-t_1}$, in de periode van 3 maart tot 28 april gemiddeld

groter werd naarmate de worteltemperatuur hoger was. In de afzonderlijke perioden varieerde de relatieve groeisnelheid per worteltemperatuur aanzienlijk als gevolg van plantvariatie.

Tabel 1. Relatieve groeisnelheden ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) van de totale plant (inclusief wortels) per worteltemperatuur.

Periode	Worteltemperatuur			
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
03/03 - 17/03	0,092	0,125	0,111	0,117
17/03 - 31/03	0,065	0,058	0,088	0,049
31/03 - 14/04	0,057	0,093	0,078	0,091
14/04 - 28/04	0,018	0,024	0,055	0,075
03/03 - 28/04	0,058	0,075	0,083	0,083

Drogestofverdeling

Uit tabel 2 blijkt, dat bij hogere temperaturen van het wortelmedium het wortelaandeel afnam. Het stengelaandeel nam toe, naarmate de worteltemperatuur steeg, hoewel bij hogere temperaturen het verschil klein was. Het bladaandeel lag voor alle vier de worteltemperaturen in dezelfde orde van grootte.

De relatieve drogestofverdeling over blad, stengel en wortel was bij de laatste oogst 26, 38 en 36% bij 25 °C en 27, 23 en 49% bij 10 °C.

Tabel 2. De drogestofverdeling in % op vier tijdstippen en bij vier worteltemperaturen

Oogst-datum	Wortel-temp.	Totale ds g/plant	% blad	% stengel	% wortel
03/03	18 °C	0,14	47,1	23,9	29,0
17/03	10 °C	0,50	46,8	27,9	25,3
	15 °C	0,79	42,7	26,9	30,3
	20 °C	0,65	43,7	26,6	29,7
	25 °C	0,71	46,4	28,0	25,1
31/03	10 °C	1,24	37,1	23,4	39,5
	15 °C	1,79	31,8	25,7	42,5
	20 °C	2,24	33,9	35,7	30,4
	25 °C	1,42	38,7	35,2	26,1
14/04	10 °C	2,77	29,2	21,3	49,5
	15 °C	6,57	28,0	35,6	36,4
	20 °C	6,69	31,2	37,8	31,0
	25 °C	5,08	28,9	37,4	33,7
28/04	10 °C	3,57	27,4	23,4	49,2
	15 °C	9,16	25,0	33,5	41,2
	20 °C	14,35	22,8	41,5	35,7
	25 °C	14,59	25,8	38,0	36,2

Specifiek bladoppervlak

Tabel 3 toont, dat het specifiek bladoppervlak op 14 april en 28 april hoger was naarmate de worteltemperatuur hoger was. Op 28 april was het specifiek bladoppervlak lager dan op 14 april.

Tabel 3. Specifiek bladoppervlak van luzerneplanten op 14 april en 28 april bij vier worteltemperaturen

Worteltemperatuur	Specifiek bladoppervlak ($\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$)	
	14 april	28 april
10 °C	252	213
15 °C	311	288
20 °C	334	320
25 °C	356	320

Spruit/wortel-verhouding

De spruit/wortel-verhouding nam bij alle worteltemperaturen af met het toenemen van het totale plantgewicht in de periode van 3 maart tot 28 april. De daling was het sterkst bij een worteltemperatuur van 10 °C: van 2,45 naar 1,03. Een lage spruit/wortel-verhouding duidt op een te geringe stikstofvoorziening van de bovengrondse organen, resulterend in minder nieuwvorming van bladeren.

Tabel 4. Het verloop van spruit/wortel-verhouding bij vier worteltemperaturen

Oogstdatum	Worteltemperatuur			
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
3 maart	2,45	2,45	2,45	2,45
17 maart	2,95	2,30	2,37	2,97
31 maart	1,53	1,36	2,29	2,84
14 april	1,02	1,75	2,22	1,97
28 april	1,03	1,41	1,80	1,76

Aantal wortelknolletjes

Tabel 5 toont, dat 14 dagen na de aanvang van de proef het aantal wortelknolletjes per g ds wortel aanzienlijk toenam bij hogere worteltemperaturen. Na deze oogst daalde echter het aantal weer voor de hogere temperaturen. Bij de laatste oogst lijkt er een verschil te zijn in aantal wortelknolletjes per g ds wortel tussen 10 °C en de drie andere temperaturen. Echter de standaardafwijkingen zijn zo groot, dat alleen tussen 10 en 15 °C het verschil significant is. Gemiddeld genomen is er weinig verschil in aantal wortelknolletjes per g ds wortel tussen de vier worteltemperaturen. Het aantal wortelknolletjes per plant nam wel toe bij hogere worteltemperaturen als gevolg van een toename in droge stof van de wortel. Bij 25 °C lijkt dit aantal weer af te nemen. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn, dat de levensduur van de wortelknolletjes verkort wordt door hoge worteltemperaturen. De grootte van de standaardafwijking laat zien, dat er over de gehele groeiperiode een grote variatie in het aantal wortelknolletjes binnen een herhaling was.

Tabel 5. Het aantal wortelknolletjes per g ds wortel (a) en per plant (b) (gemiddeld (gem.) en standaardafwijking (σ)) bij verschillende worteltemperaturen

		10 °C		15 °C		20 °C		25 °C	
Oogstdatum		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
3 maart	gem.	414	17	414	17	414	17	414	17
	σ	219	9	219	9	219	9	219	9
17 maart	gem.	389	46	692	158	647	114	756	132
	σ	262	36	235	64	219	14	346	55
31 maart	gem.	163	83	370	282	451	302	613	157
	σ	47	46	85	117	74	95	422	75
14 april	gem.	380	547	342	734	385	823	303	557
	σ	138	271	108	346	101	360	118	376
28 april	gem.	384	664	212	789	230	1223	192	1045
	σ	132	288	39	280	72	670	68	644

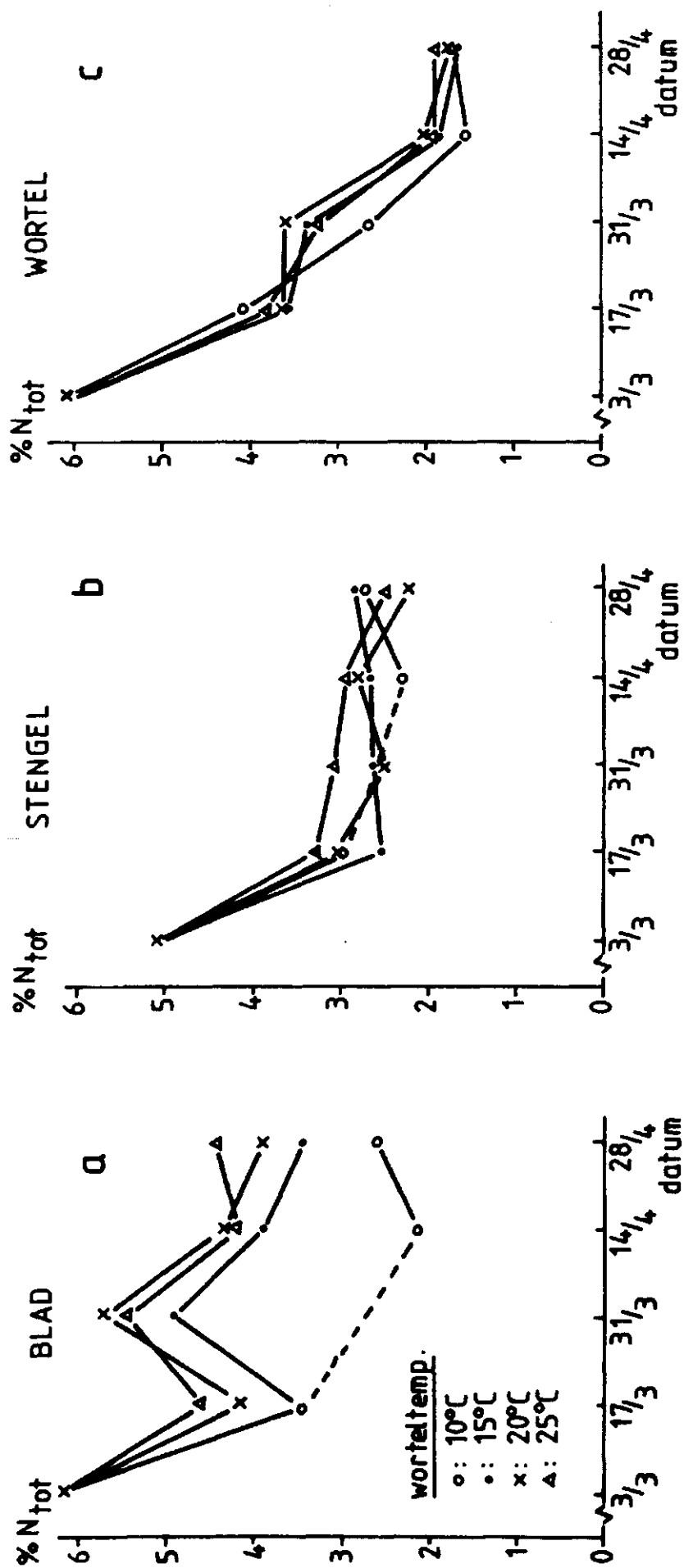
N-totaal-gehalte in blad, stengel en wortel

Het verloop van het stikstofgehalte in de verschillende organen geeft een indicatie van een verschil in stikstofvoorziening van deze organen tengevolge van de variatie in worteltemperatuur. Uit figuur 2a blijkt, dat het stikstofgehalte in het blad het meest daalde tijdens de groeiperiode bij de worteltemperaturen 10 en 15 °C. Het stikstofgehalte in de stengel daalde tussen de eerste en tweede oogst zeer sterk bij alle vier de temperaturen. Daarna bleef het percentage vrij constant met weinig verschil voor de vier worteltemperaturen (zie figuur 2b).

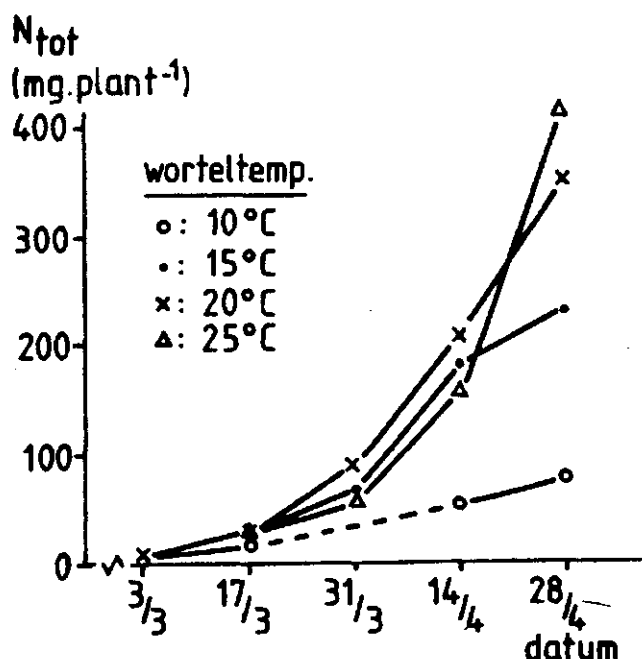
Figuur 2c toont een continue daling van het stikstofgehalte in de wortels tot 14 april, waarna het min of meer constant bleef. Voor het stikstofgehalte in de stengel en in de wortel geldt, dat de leeftijd grotere invloed heeft dan de worteltemperatuur.

N-totaal-fixatie

De toename in stikstofhoeveelheid is een maat voor het stikstofbindend vermogen van de planten bij verschillende worteltemperaturen. De hoeveelheid N-totaal per plant lijkt in de tijd sterker toegenomen naarmate de worteltemperatuur hoger was (figuur 3). Bij de temperaturen 10 en 25 °C nam de fixatie in het begin minder snel toe; later was de fixatie bij 25 °C redelijk. Tabel 6 toont de relatieve N-fixatiesnelheid in de verschillende oogstperioden voor de vier worteltemperaturen. In de periode 3 maart tot 28 april nam de relatieve N-fixatiesnelheid toe naarmate de worteltemperatuur hoger was. Tijdens de tussen-tijdse oogsten varieerde deze snelheid aanzienlijk, waarschijnlijk als gevolg van variatie in de te oogsten planten.



Figuur 2. Het verloop van het % N-totaal in blad (a), stengel (b) en wortel (c) bij worteltemperaturen van 10, 15, 20 en 25 °C.



Figuur 3. Het verloop van de hoeveelheid N-totaal in mg per plant bij worteltemperaturen 10, 15, 20 en 25 °C.

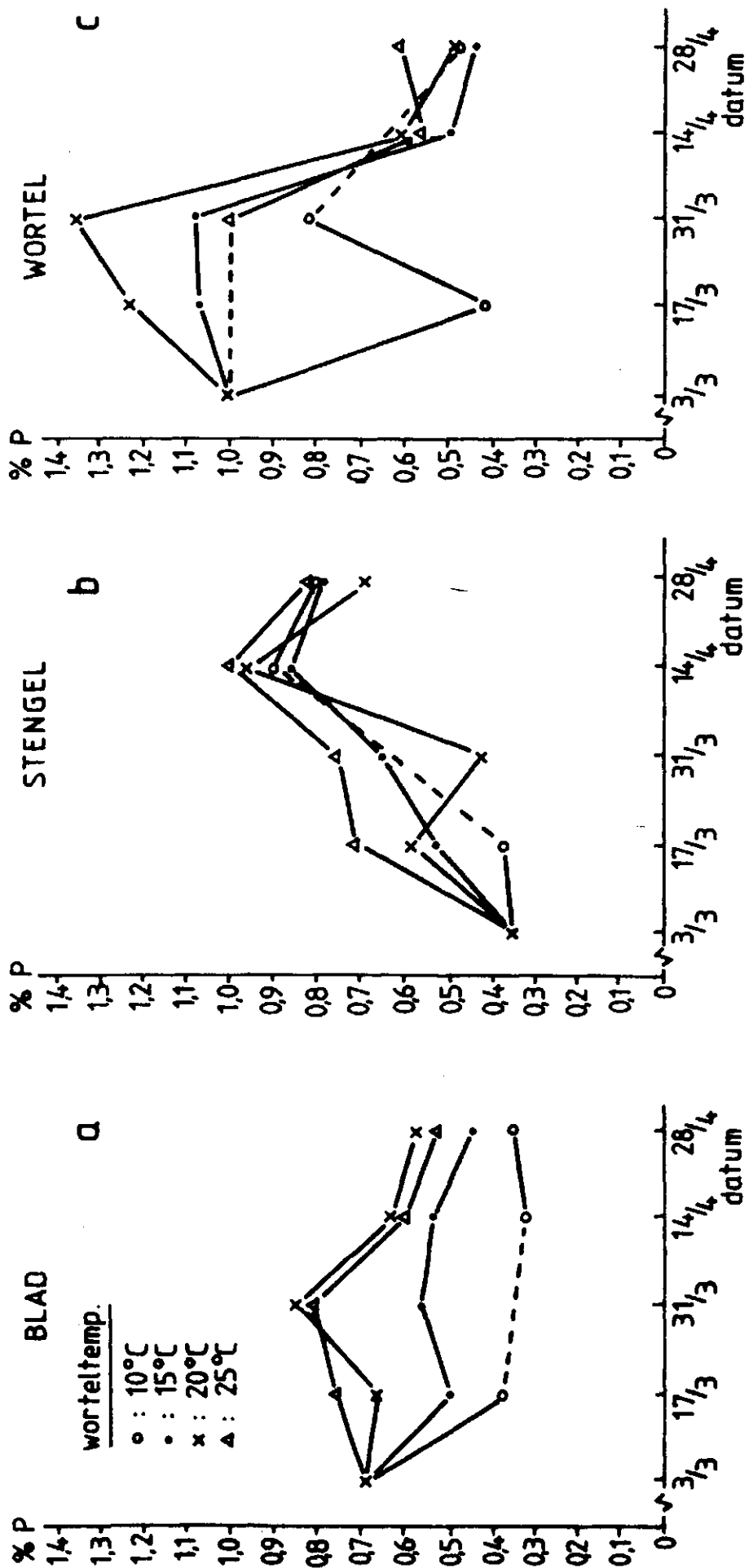
Tabel 6. Relatieve N-fixatiesnelheden ($\text{mg N mg}^{-1} \text{N d}^{-1}$) per plant per worteltemperatuur

Periode	Worteltemperatuur			
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
03/03 - 17/03	0,055	0,083	0,079	0,090
17/03 - 31/03	----*	0,067	0,092	0,050
31/03 - 14/04	----*	0,072	0,060	0,072
14/04 - 28/04	0,029	0,018	0,039	0,068
03/03 - 28/04	0,041	0,060	0,067	0,070

*verloren gegane monsters

P-gehalte in blad, stengel en wortel

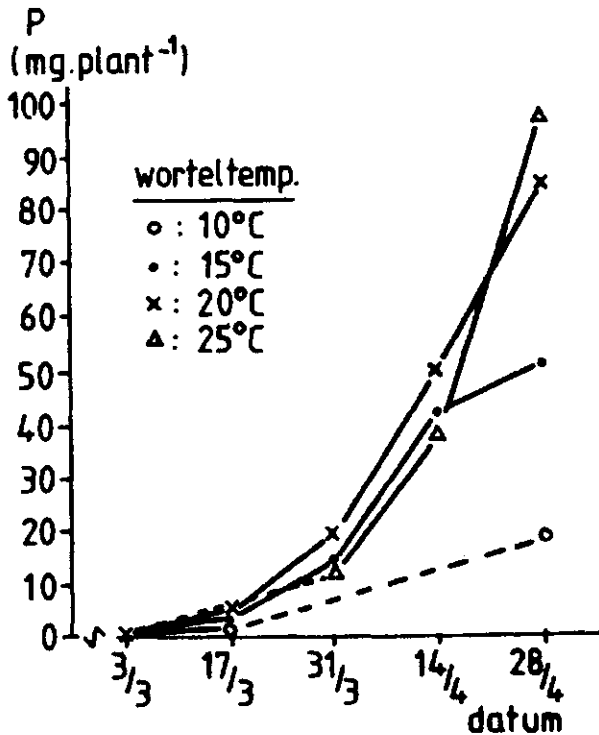
Het fosfaatgehalte in de verschillende organen geeft een beeld van de fosfaatvoorziening van deze organen bij verschillende worteltemperaturen. Figuur 4a laat zien, dat het fosfaatgehalte in het blad bij de hogere worteltemperaturen eerst steeg of constant bleef, maar later toch daalde tot aan het eind van de periode. Bij de lagere temperaturen daalde het fosfaatgehalte in het begin van de proefperiode met daarna een min of meer gelijkblijven. Over de gehele periode genomen daalde het fosfaatgehalte in het blad voor alle worteltemperaturen. Het fosfaatgehalte in de stengel steeg voor alle vier de temperaturen tot 14 april, waarbij het voor de vier temperaturen weinig verschilde. Daarna trad er een lichte daling op (zie figuur 4b). Figuur 4c laat zien, dat na de aanvang van de proef het fosfaatgehalte in de wortel voor de drie hoogste worteltemperaturen steeg of gelijk bleef. Na 31 maart was er een daling te zien. Bij 10 °C was er over de gehele groeiperiode een daling te zien, met uitzondering van de oogst op 31 maart. Bij de twee laatste oogsten waren de verschillen in fosfaatgehalten redelijk klein voor de vier worteltemperaturen.



Figuur 4. Het verloop van het % P in blad (a), stengel (b) en wortel (c) bij worteltemperaturen van 10, 15, 20 en 25 °C.

P-opname

De fosfaatopname geeft een indicatie van de wortelactiviteit bij verschillende worteltemperaturen. Figuur 5 toont, dat de hoeveelheid fosfaat per plant toeleek te nemen naarmate de worteltemperatuur hoger was. Tabel 7 geeft de relatieve P-opnamesnelheid weer in de verschillende oogstperioden voor de worteltemperaturen 10, 15, 20 en 25 °C. In de periode 3 maart tot 28 april geldt, dat de relatieve P-opnamesnelheid toenam naarmate de worteltemperatuur hoger was. Ook hier geldt voor de tussenliggende oogsten, net als bij de relatieve N-fixatiesnelheden, dat de relatieve P-opnamesnelheid sterk varieert per worteltemperatuur als gevolg van variatie in plantmateriaal.



Figuur 5. Het verloop van de hoeveelheid P in mg per plant bij worteltemperaturen van 10, 15, 20 en 25 °C.

Tabel 7. Relatieve P-opnamesnelheid ($\text{mg P mg}^{-1} \text{P d}^{-1}$) per plant per worteltemperatuur

Periode	Worteltemperatuur			
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
03/03 - 17/03	0,049	0,104	0,121	----*
17/03 - 31/03	----*	0,089	0,091	----*
31/03 - 14/04	----*	0,076	0,069	0,082
14/04 - 28/04	----*	0,014	0,038	0,068
03/03 - 28/04	0,053	0,071	0,080	0,082

*verloren gegane monsters

DISCUSSIE EN CONCLUSIES

In de periode van 3 maart tot 28 april was er een toename in lichtintensiteit. In dat opzicht waren de groeivoorwaarden niet voor 100% geconditioneerd, maar wel voor alle behandelingen gelijk. Ondanks dit is wel duidelijk, dat de worteltemperatuur een belangrijke factor is voor de bovengrondse groei en drogestofverdeling over de organen bij luzerne. Bij lage worteltemperaturen blijft de totale drogestofopbrengst aanzienlijk achter. Christian (1977) nam waar, dat een lagere worteltemperatuur een gunstig effect had op de wortelgroei door een verlaagde ademhaling, maar een ongunstig effect op de spruitgroei als resultaat van onvoldoende voorraad en/of toevoer van voedingsstoffen en soms ook water. Dit is geheel in overeenstemming met onze gegevens waaruit blijkt, dat bij lagere worteltemperaturen het wortelaandeel toenam en het stengelaandeel afnam. Hierdoor nam de spruit/wortel-verhouding af naarmate de worteltemperatuur lager was.

In het algemeen geldt, dat snelle groei samengaat met een groot specifiek bladoppervlak. In deze proef kwam dit ook naar voren; bij 10 °C was er een geringer specifiek bladoppervlak dan bij hogere worteltemperaturen van 15, 20 en 25 °C. De afname van het specifiek bladoppervlak tussen 14 april en 28 april kan het gevolg zijn enerzijds van beginnende bloemknopvorming van luzerne-planten bij 15, 20 en 25 °C en anderzijds van een lichte toename in lichtintensiteit in deze periode. Hierdoor is er een toename in droge stof, die relatief groter is dan de toename van het bladoppervlak. Er ontstaat dan een lager specifiek bladoppervlak. De afname bij 10 °C zou het gevolg kunnen zijn van een groeivertraging door beperking van de wateropname als gevolg van de lage worteltemperatuur.

Er is in deze proef een indicatie, dat de levensduur van de wortelknolletjes door lage worteltemperaturen werd verlengd. Dit is in overeenstemming met de waarnemingen van Gibson (1971). Volgens hem wordt de wortelhaarinfectie door *Rhizobium* door lage worteltemperaturen meer vertraagd dan de wortelknolletjesvorming en -ontwikkeling en de stikstoffixatie. Hogere worteltemperaturen hebben dus een positief effect op de vorming van wortelknolletjes, maar versnellen daarentegen weer de degeneratie van de wortelknolletjes.

De stikstoffixatie nam fors toe tussen 10 en 15 °C en ook nog van 15 tot 20 °C. Hoewel de waarnemingen verschillen vertonen wat betreft de drogestofproductie per plant tussen de herhalingen, lijkt de optimale worteltemperatuur voor stikstoffixatie rond de 20 °C te liggen. Daar de stikstoffixatie sterk toeneemt bij een verhoging van de worteltemperatuur van 10 naar 15 °C, is het voor de praktijk van belang maatregelen te nemen die de bodemtemperatuur enkele graden verhogen, zoals een goede ontwatering en een goede grondbewerking. De stikstoffixatie is dan minder een factor die de groei van luzerne in het voorjaar kan vertragen.

Uit fotosynthesemetingen in veldproeven met het gewas luzerne is gebleken, dat er weinig verschil is in netto-fotosynthese tussen de luchttemperaturen 12, 20 en 26 °C. Hierdoor vervalt de mogelijkheid dat een lage luchttemperatuur in het voorjaar remmend zou kunnen werken op de fotosynthesesnelheid van luzerne. Een lage luchttemperatuur in het voorjaar kan wel de ontwikkelingssnelheid van de luzerneplant beïnvloeden met als gevolg een trage bladgroei waardoor de fotosynthese-activiteit ook gering blijft.

De worteltemperatuur had nauwelijks effect op het stikstofgehalte in wortel en stengel van luzerneplanten. Het stikstofgehalte in het blad werd groter naarmate de worteltemperatuur hoger was. Dit betekent, dat de stikstoffixatie meer geremd werd door de lage worteltemperaturen dan de fotosynthese.

Fosfaat is, naast molybdeen, een belangrijk element voor de stikstofbinding. Het bevordert de groei van knolletjes en speelt een rol bij de energie-overdracht bij de stikstofbinding. Gedurende de groeiperiode nam het fosfaatgehalte in het blad af en in de stengel toe, ongeacht de worteltemperatuur. Het fosfaatgehalte in de wortel nam ook af gedurende de groeiperiode en in grotere mate dan bij het blad.

Alleen bij het blad was een duidelijk verschil te zien in fosfaatgehalten tussen de verschillende worteltemperaturen. Hieruit is af te leiden, dat de fosfaatgehalten in stengel en wortel veel meer samenhangen met de plantleeftijd dan met de worteltemperatuur. Gedurende de groeiperiode hadden de planten geen gebrek aan fosfaat. Dit blijkt uit de verhouding N/P. Deze verhouding was gedurende de groeiperiode ongeveer 4, ongeacht de worteltemperatuur. Indien de verhouding ongeveer 4-5 is, dan duidt dit op voldoende aanwezigheid van fosfaat in de voedingsoplossing. Is de verhouding ongeveer 20, dan is er gebrek aan fosfaat. In deze proef was dus de stikstofreductie limiterend voor de fosfaatopname en niet andersom.

SAMENVATTING

Voor het gewas luzerne geldt in het algemeen, dat verlaging van de worteltemperatuur een nadelige invloed heeft op de totale drogestofproductie. In de proef nam bij verlaging van de worteltemperatuur ook de spruit/wortel-verhouding af, dat wil zeggen het wortelaandeel nam sneller toe naarmate de worteltemperatuur hoger was. Hogere worteltemperatuur bevorderde ook de vorming van wortelknolletjes, maar lijkt daarentegen weer de levensduur van deze knolletjes te hebben verkort.

De stikstoffixatie nam toe naarmate de worteltemperatuur hoger was. Hoewel het nog onvoldoende is gebleken, lijkt de optimale worteltemperatuur voor stikstoffixatie rond de 20 °C te liggen.

De worteltemperatuur had geen effect op het stikstofgehalte in wortel en stengel, maar wel op dat van het blad. Ook het fosfaatgehalte in het blad werd beïnvloed door de worteltemperatuur; het fosfaatgehalte in wortel en stengel werd echter meer bepaald door de plantleeftijd.

LITERATUUR

- Christian, K.R.: Effects on the environment on the growth of Alfalfa. *Advances in Agronomy*, vol. 29 (1977), 183-227.
- Egeraat, A.W.S.M. van: Biologische stikstofbinding. *Landbk. Tijdschr.* vol. 89 (1977), 416-423.
- Egeraat, A.W.S.M. van: Landbouwkundige betekenis van symbiontische stikstofbinding: De combinatie *Rhizobium* - vlinderbloemig gewas. *Vakbl. Biol.* vol. 6 (1978), 98-105.
- Gibson, A.H.: Factors in the physical and biological environment affecting nodulation and nitrogen fixation by legumes. *Plant and Soil, Special Volume*, 1971, 139-152.
- Hewitt, E.J.: Sand and water culture methods using in the study of plant nutrition. Technical Communication No. 22 (revised 2nd edition). Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops East Malling, Maidstone, 1966, 547 pp.
- Vlassak, K.: Beschouwingen bij de biologische stikstofbinding. *Agricultura (Heverlee)*, vol. 27 (1979), 311-330.