

Effect van ozon op planten in Zuid-Holland

Biomonitoringprogramma 1996

A.E.G. Tonneijck & C.J. van Dijk

ab-dlo

Het DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) is onderdeel van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Het instituut is opgericht op 1 november 1993 en is ontstaan door de samenvoeging van het Wageningse Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) en het in Haren gevestigde Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB-DLO).

DLO heeft tot taak het genereren van kennis en het ontwikkelen van expertise ten behoeve van de beleidsvoorbereiding en -uitvoering van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, het bevorderen van de primaire landbouw en de agrarische industrie, het inrichten en beheren van het landelijk gebied, en het beschermen van natuur en milieu.

AB-DLO heeft tot taak het verrichten van zowel fundamenteel-strategisch als toepassingsgericht onderzoek en is gepositioneerd tussen het fundamentele basisonderzoek van de universiteiten en het praktijkgerichte onderzoek op proefstations. De verkregen onderzoeksresultaten dragen bij aan de bevordering van:

- de bodemkwaliteit;
- duurzame plantaardige productiesystemen;
- de kwaliteit van landbouwproducten.

Kernexpertises van het AB-DLO zijn: plantenfysiologie, bodembioïologie, bodemchemie en -fysica, nutriëntenbeheer, gewas- en onkruiddecologie, graslandkunde en agrosysteemkunde.

Adres

Vestiging Wageningen:

Postbus 14, 6700 AA Wageningen

tel. 0317-47 57 00

fax 0317-42 31 10

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Vestiging Haren:

Postbus 129, 9750 AC Haren

tel. 050-533 77 77

fax 050-533 72 91

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Summary	3
1. Inleiding	5
2. Opzet en werkwijze	7
2.1. Indicatorplanten	7
2.2. Andere plantensoorten	8
3. Resultaten	11
3.1. Onderaardse klaver	11
3.2. Boon	13
3.3. Andere plantensoorten	14
3.4. Variatie tussen jaren (1994, 1995 en 1996)	14
4. Evaluatie	17
5. Conclusies en aanbevelingen	19
Referenties	21
Bijlage I: Resultaten van de verschillende effectmetingen	5 pp

Samenvatting

Om het effect van ozon op de vegetatie in de provincie Zuid-Holland in beeld te brengen zijn in 1996 voor het derde achtereenvolgende jaar op locaties in Westmaas, Schipluiden, Zegveld en Wageningen planten van onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) en boon (*Phaseolus vulgaris* cv. Lit) blootgesteld aan de omgevingslucht. De invloed van ozon op zichtbare beschadiging, groei en opbrengst werd vastgesteld door de reactie van planten die met ethyleendiureum (EDU) werden behandeld, te vergelijken met die van planten die niet met dit middel behandeld zijn. EDU is een anti-oxidant en beschermt planten tegen de inwerking van ozon.

Planten van onderaardse klaver werden in twee achtereenvolgende experimenten van acht weken blootgesteld aan de omgevingslucht. Na vier weken werd het blad afgeknipt voor een tussentijdse waarneming. Zichtbare beschadiging was in het algemeen gering. Voor drie achtereenvolgende perioden van vier weken was het percentage beschadiging gemiddeld over de locaties circa 1, 1 en 6 %. In Schipluiden werd een maximaal percentage beschadiging van circa 24 % vastgesteld. Alleen in de periode van 13 augustus tot 10 september veroorzaakte de blootstelling aan ozon een gemiddelde reductie van het bladgewicht van circa 11 %. Hierbij waren geen verschillen tussen de locaties aantoonbaar.

Bonenplanten werden maximaal 14 weken blootgesteld en een tussentijdse waarneming werd verricht na 8 weken blootstelling. Beschadiging was nagenoeg afwezig en bedroeg maximaal circa 5 % bij planten in Schipluiden. Ozon reduceerde het gewicht van de peulen alleen na 14 weken blootstelling. Deze reductie was voor alle locaties min of meer gelijk en bedroeg gemiddeld circa 14 %.

Na drie jaar van onderzoek (1994-1996) kunnen de belangrijkste resultaten van het biomonitoringprogramma als volgt worden samengevat:

1. Bladbeschadiging door ozon bij boon en onderaardse klaver is in alle jaren tot half september waargenomen.
2. De intensiteit van deze beschadiging varieert sterk tussen jaren en deze variatie kan afhangen van de plantensoort. De beschadiging was relatief groot in 1994 en 1995 en gering in 1996.
3. Er is sprake van een ruimtelijke variatie in de intensiteit van de beschadiging en het geografisch patroon is gelijk voor alle jaren en voor beide plantensoorten
4. De beschadiging is voor beide plantensoorten het grootst in Schipluiden.
5. Negatieve effecten van ozon op het bladgewicht bij onderaardse klaver en op het peulgewicht bij boon zijn in alle jaren geconstateerd zonder dat sprake is van een ruimtelijke variatie.

Summary

Subterranean clover (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) and bean (*Phaseolus vulgaris* cv. Lit) were exposed to ambient air to characterize the effect of ozone on vegetation in the province of South Holland. They were set out at the locations Westmaas, Schipluiden, Zegveld and Wageningen during 1996, to repeat the experiments performed in 1994 and 1995. The influence of ozone on visible injury, growth and biomass production was determined by comparing the response of plants treated with ethylene diurea (EDU) to that of untreated plants. EDU is an antioxidant that protects plants from ozone damage.

Subterranean clover plants were exposed to ambient air in two successive experiments, each for eight weeks. The leaves were removed at each site after four weeks of exposure for intermediate observations. The degree of foliar injury was generally low. The mean leaf injury for three successive periods of four weeks was circa 1, 1 and 6 %. A maximum leaf injury of 24 % was observed at Schipluiden. Exposure to ambient ozone from August 13 to September 10 caused a mean reduction in leaf weight of circa 11 % but no differences between the locations were found.

Bean plants were exposed for a maximum period of 14 weeks. After 8 weeks, an intermediate harvest revealed that ozone hardly caused injury. A maximum leaf injury of circa 5 % was observed at Schipluiden. Ozone reduced pod biomass only after 14 weeks of exposure. This reduction was equal among the locations and was circa 14 % on average.

The programme has been performed for three successive years (1994-1996) now and the most important results are:

1. Foliar injury on subterranean clover and bean has been observed till half September each year.
2. A year-to-year variation in the degree of injury was observed which may depend on the plant species. The degree of foliar injury was relatively high in 1994 and 1995 and low in 1996.
3. A spatial variation in the degree of injury was observed and the site-dependent pattern was similar for the species each year.
4. Maximum leaf injury on both plant species generally occurred at Schipluiden.
5. Adverse effects of ambient ozone on leaf weight of subterranean clover and on pod weight of bean were observed each year but did not vary between locations.

1. Inleiding

In opdracht van de provincie Zuid-Holland wordt gedurende de periode 1994-1996 onderzoek uitgevoerd naar de effecten van ozon op de vegetatie in deze provincie. Hiertoe worden op locaties in Westmaas, Schipluiden, Zegveld en Wageningen planten van onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum*) en boon (*Phaseolus vulgaris*) op een gestandaardiseerde wijze blootgesteld aan de omgevingslucht. De doelen van het onderzoek met deze ozongevoelige indicatorplanten, waarbij wordt aangesloten bij het internationale UN/ECE ICP-Crops programma, zijn als volgt geformuleerd:

- a. het vaststellen van de mate van de zichtbare bladbeschadiging door ozon;
- b. het vaststellen van groei- en opbrengstreductie als gevolg van chronische blootstelling aan ozon;
- c. het bestuderen van de variaties van beide typen effecten zowel ruimtelijk als in de tijd.

In 1996 is het onderzoek met boon en onderaardse klaver op vergelijkbare wijze uitgevoerd als in 1994 en 1995 om de variatie van effecten tussen jaren te kunnen vaststellen. Mede naar aanleiding van ontwikkelingen in het internationale programma zijn op de locatie Wageningen enkele andere plantensoorten blootgesteld aan de omgevingslucht, teneinde de gevoeligheid ervan te kunnen vergelijken met die van de indicatorplanten.

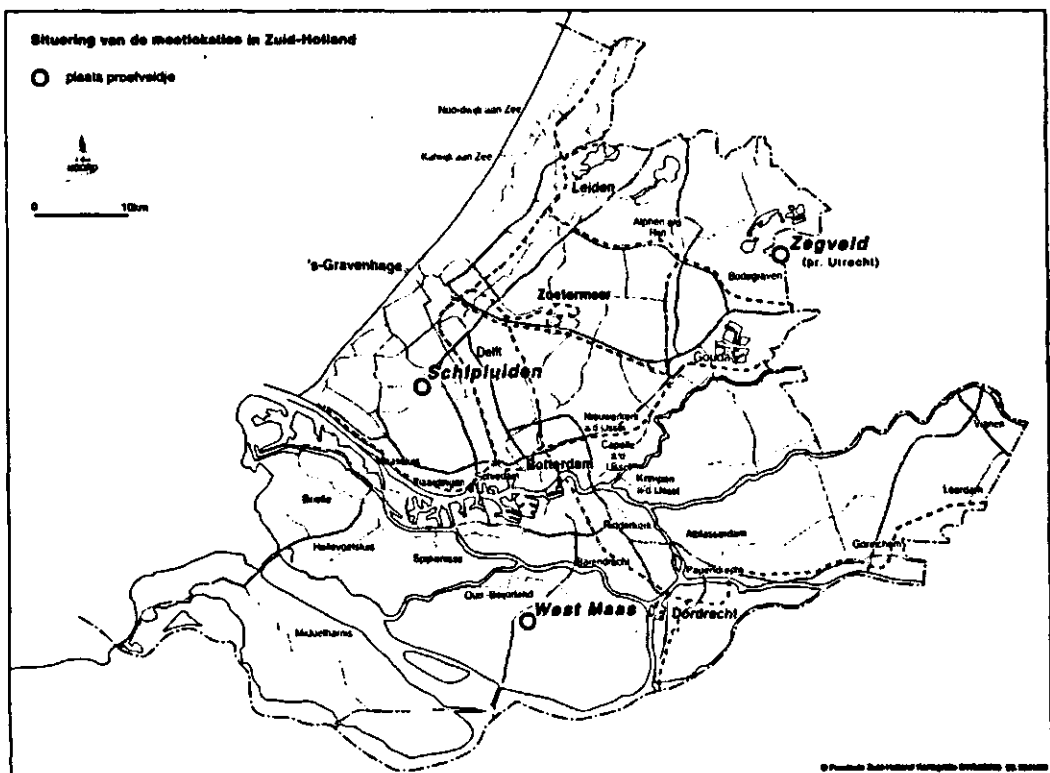
Dit rapport presenteert en bespreekt de resultaten die in 1996 zijn verkregen. Hoofdstuk 2 beschrijft in het kort de werkwijze. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd en vergeleken met die van de voorafgaande jaren. Het rapport eindigt met een evaluatie (hoofdstuk 4) waarna in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies worden getrokken.

2. Opzet en werkwijze

2.1. Indicatorplanten

De werkzaamheden werden op vergelijkbare wijze uitgevoerd als in 1994 en 1995 (gedetailleerde informatie in Tonneijck & Van Dijk, 1995). Op locaties in Westmaas, Schipluiden en Zegveld (fig. 1) en op een locatie in Wageningen werden opgepotte planten van onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) en boon (*Phaseolus vulgaris* cv. Lit) op een gestandaardiseerde wijze blootgesteld aan de omgevingslucht. Op iedere locatie werd aan de helft van de planten periodiek de chemische verbinding ethyleendiureum (EDU) als oplossing via de grond toegediend. Deze stof is een anti-oxidant die planten beschermt tegen de inwerking van ozon (Carnahan et al., 1978). Het verschil in de reactie tussen planten die wel (EDU-planten) en planten die niet met EDU zijn behandeld (NEDU-planten), is een maat voor het fytotoxische effect van ozon.

De opkweek van de planten vond centraal in Wageningen plaats. Onderaardse klaver werd in een kweekkas gezaaid in potjes (10 x 10 x 9 cm) met een 1:1 mengsel van potgrond (Lentse potgrond nr. 3, CAVV, Lent) en vermiculite. Na kieming werd het aantal planten teruggebracht tot drie planten per pot. Een bemesting werd toegepast met 1 g Osmocote (N:P:K = 13:13:13) per pot. Zodra het eerste drietallige blad aanwezig was, werden de planten op één dag naar ieder van de locaties gebracht en werd direct aan de bodem van de helft van de potten voor de eerste maal EDU toegediend (100 ml/pot van een 150 mg.l⁻¹ oplossing). De potten die niet met EDU werden behandeld, kregen hierbij een gelijke hoeveelheid water



Figuur 1. Situering van de meetlocaties met planten in de provincie Zuid-Holland

toegediend. Deze behandelingen werden vervolgens om de twee weken herhaald. Na een blootstelling van vier weken werd het blad van klaver afgeknipt voor een tussentijdse bepaling van het aantal gezonde en beschadigde bladeren en van de bladbiomassa (oogst 1). De planten bleven hierbij op de locaties achter zodat ook de hergroei na knippen onder invloed van ozon kon worden bepaald. Na een blootstelling van nogmaals vier weken werden de bovengrondse delen geoogst voor de bepaling van het aantal beschadigde bladeren en van de bovengrondse biomassa opgesplitst in blad- en stengelgewicht (oogst 2). Twee experimenten met klaver zijn uitgevoerd (tabel 1) en in ieder experiment is tweemaal met Pirimor gespoten tegen bladluizen.

Bonen werden buiten onder een overkapping gezaaid in vijf-liter potten in een 1:1 potgrond /vermiculitemengsel. Na opkomst werd het aantal planten teruggebracht tot één per pot. Planten werden bemest met 8 g Osmocote per pot. Planten werden op één dag naar alle locaties gebracht zodra het eerste drietallige blad ontvouwd was. Ter plekke werd aan de bodem in de helft van de potten direct 200 ml EDU-oplossing (100 mg.l^{-1}) toegediend terwijl aan de bodem van de andere potten alleen 200 ml water werd gegeven. Deze behandeling werd elke twee weken herhaald met een oplopende concentratie van EDU: na twee weken 150 mg.l^{-1} , na vier weken 200 mg.l^{-1} en na zes, acht en twaalf weken 250 mg.l^{-1} . Acht weken na het begin van de blootstelling waren de peulen geschikt voor de markt en werden 24 bonenplanten (12 EDU- en 12 NEDU-planten) per locatie geoogst voor bepalingen van beschadiging, groei en opbrengst (oogst 1). Zes weken later werd van de resterende 24 planten per locatie de opbrengst bepaald (oogst 2). Met boon is één experiment uitgevoerd (tabel 1) en de planten zijn eenmaal bespoten met Pirimor tegen bladluizen en met Decis-25 tegen rupsen. De planten werden tussentijds eenmaal bijbemest met 7,5 g kalksalpeter per pot ($15,5 \% \text{ N}$).

Tabel 1 Blootstellingsperioden voor de twee indicatorplanten in 1996

Plantensoort	Experiment nummer	Begin datum	Oogst 1		Oogst 2	
			Datum	Blootstelling (weken)	Datum	Blootstelling (weken)
Onderaardse klaver	1	18 - 6	16 - 7	4	13 - 8	8
	2	13 - 8	10 - 9	4	8 - 10	8
Boon	1	25 - 6	20 - 8	8	2 - 10	14

De gegevens van aantallen bladeren en van groei en opbrengst werden statistisch geanalyseerd met gangbare procedures van variantie-analyse. Gegevens van de percentages gezonde en beschadigde bladeren werden geanalyseerd met een gegeneraliseerd lineair model waarbij de waarnemingen binomiaal zijn verdeeld. Verschillen tussen gemiddelde waarden werden significant genoemd bij $P < 0,05$.

2.2. Andere plantensoorten

Op de locatie Wageningen zijn twee plantensoorten uit (semi)natuurlijke vegetaties geplaatst teneinde de ozongevoeligheid ervan te vergelijken met die van de indicatorplanten. Planten van groot kaasjeskruid (*Malva sylvestris*) en ridderzuring (*Rumex obtusifolius*) werden in een

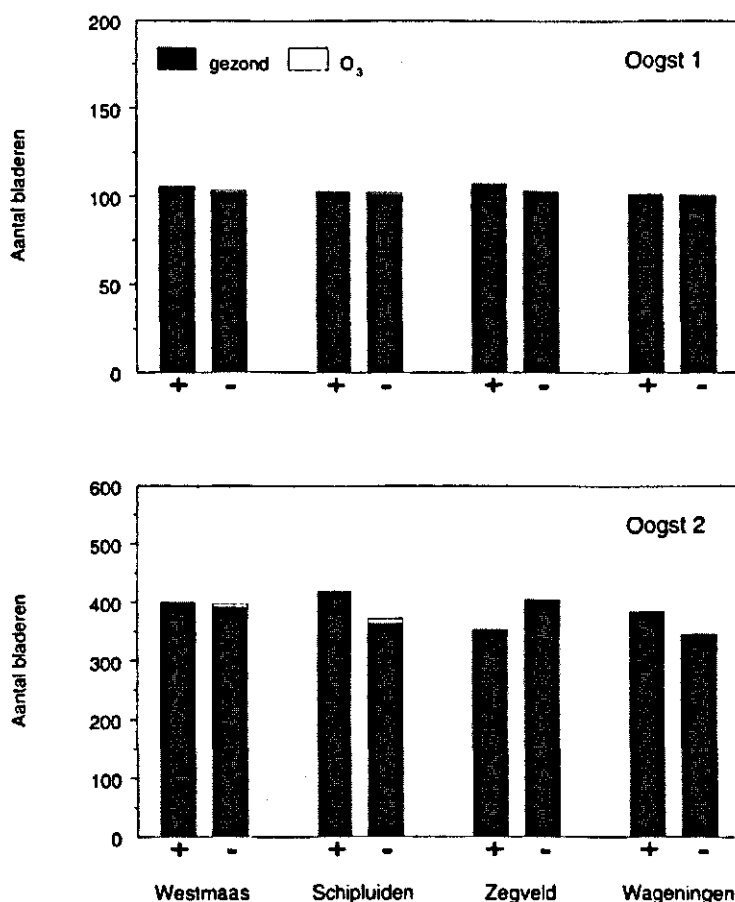
kweekkas gezaaid en opgekweekt. Op 25 juli werden van elke soort zes planten in een bak met potgrond (Lentse potgrond nr. 3, CAVV, Lent) overgeplaatst en naar de locatie gebracht. De planten werden naar behoefte voorzien van water en eenmaal gespoten met Pirimor tegen luizen. Regelmatig werden de planten beoordeeld op het optreden van zichtbare symptomen.

3. Resultaten

3.1. Onderaardse klaver

Experiment 1: 18 juni - 13 augustus

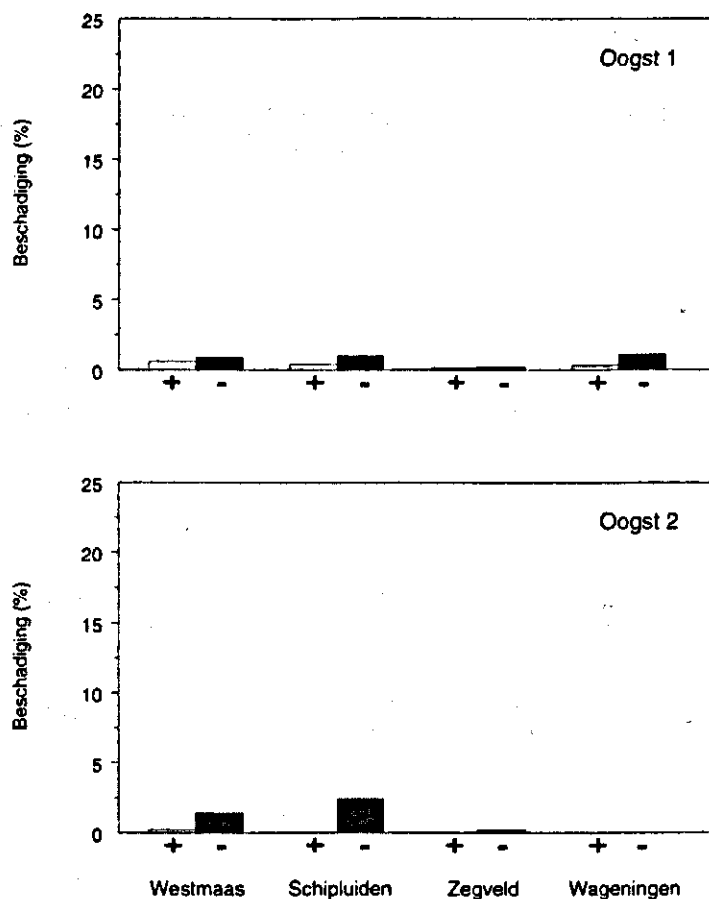
Na vier (oogst 1) en acht weken blootstelling (oogst 2) was het aantal bladeren met symptomen die min of meer specifiek zijn voor ozon, zeer gering (fig. 2; zie ook tabel B.1). Alleen bij oogst 2 was het aantal beschadigde bladeren bij de NEDU-planten gemiddeld wat groter dan bij de EDU-planten.



Figuur 2 Aantal gezonde en ozon-beschadigde (O₃) bladeren bij EDU (+) en NEDU (-) planten van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 18 juni - 13 augustus 1996

Het totale aantal bladeren dat tijdens de blootstellingsperiode werd gevormd, verschilde voor de twee oogsten maar werd niet door ozon beïnvloed. Om een vergelijking tussen oogsten mogelijk te maken, werden de aantallen bladeren voor iedere categorie omgerekend in percentages van het totaal (tabel B.2). Een maximaal percentage beschadiging van 2,4 %

werd vastgesteld bij de tweede oogst van NEDU-planten te Schipluiden (fig. 3). De beschadiging was dermate gering dat verdere statistische analyses achterwege zijn gelaten. Blootstelling aan ozon in de omgevingslucht had geen effect op het gewicht van de bladeren noch op dat van de stengels (tabel B.3).



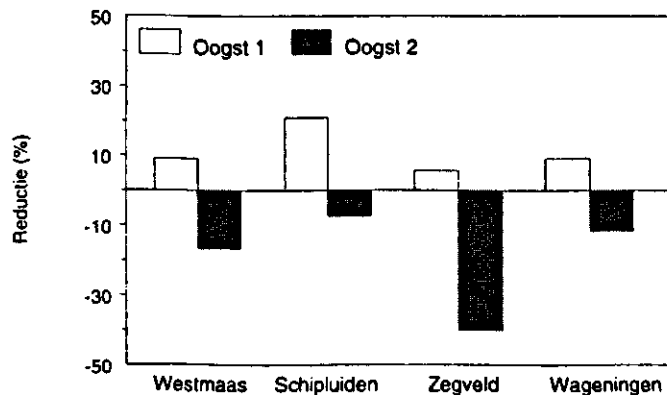
Figuur 3 Mate van ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij EDU (+) en NEDU (-) planten van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 18 juni - 13 augustus 1996

Experiment 2: 13 augustus - 8 oktober

Gedurende de periode tot aan de eerste oogst werd alleen bij NEDU-planten te Schipluiden ozonbeschadiging waargenomen. Na oogst 1 werden ook bij deze planten geen symptomen meer gesignaleerd. De aantallen bladeren verdeeld over de verschillende categorieën voor de twee oogsten zijn vermeld in tabel B.4. Het percentage beschadiging bij NEDU-planten voor oogst 1 te Schipluiden was met circa 25 % opvallend groot (tabel B.5). Deze beschadiging werd duidelijk door ozon veroorzaakt aangezien de EDU-planten geen enkele beschadiging vertoonden.

Alleen bij de eerste oogst had blootstelling aan ozon in de omgevingslucht een negatief effect op het aantal bladeren en het gewicht ervan (tabel B.6). Opvallend was de reductie van het aantal bladeren en van het bladgewicht bij NEDU-planten ten opzichte van dat bij EDU-

planten op de locatie Schipluiden. De procentuele reductie in bladgewicht van NEDU-planten ten opzichte van dat van planten die met EDU zijn behandeld (fig. 4), is een maat voor het effect van ozon. De door ozon veroorzaakte reductie in bladgewicht bedroeg bij de eerste oogst gemiddeld circa 11 %. Een maximale reductie van circa 21 % werd gevonden voor de locatie Schipluiden. Na acht weken blootstelling (oogst 2) bleken het gewicht van de bladeren en het totale plantgewicht bovengronds negatief te zijn beïnvloed door EDU. Het negatieve effect van EDU op het bladgewicht bedroeg gemiddeld over de locaties circa 19 %.

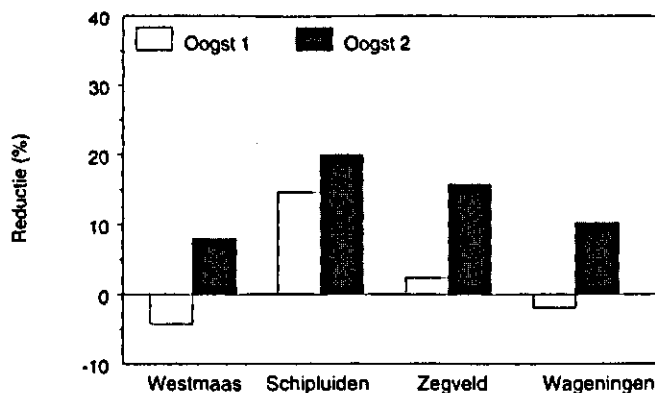


Figuur 4 Reductie (%) van het bladgewicht bij onderaardse klaver als gevolg van blootstelling aan ozon in de omgevingslucht op vier locaties in de periode 13 augustus - 8 oktober 1996

3.2. Boon

Vijf weken na de start van de blootstelling werd op 30 juli een begin van beschadiging waargenomen bij NEDU-planten te Schipluiden. Ook na acht weken blootstelling (oogst 1) was het aantal beschadigde bladeren uiterst gering bij deze planten (tabel B.7). Beschadiging was geheel afwezig bij EDU-planten. Het percentage bladeren met beschadiging door ozon is vermeld in tabel B.8. Een maximaal percentage beschadiging van 4,5 % werd vastgesteld bij planten te Schipluiden. De beschadiging was dermate gering dat verdere statistische analyses achterwege zijn gelaten.

Uitgedrukt in peulgewicht per plant was de opbrengst van EDU-planten gemiddeld over de locaties significant groter dan die van NEDU-planten voor oogst 2 maar niet voor oogst 1 (tabel B.9). De door ozon veroorzaakte reductie van het peulgewicht bedroeg voor de tweede oogst gemiddeld circa 14 %. Deze opbrengstreductie verschilde niet significant tussen de locaties en varieerde van circa 8 % in Westmaas tot circa 20 % in Schipluiden (fig. 5).



Figuur 5 Reductie (%) van het peulgewicht bij boon als gevolg van blootstelling aan ozon in de omgevingslucht op vier locaties in de periode 25 juni - 2 oktober 1996

3.3. Andere plantensoorten

In Wageningen werd geen beschadiging door ozon geconstateerd bij groot kaasjeskruid en ridderzuring.

3.4. Variatie tussen jaren (1994, 1995 en 1996)

In 1996 was de beschadiging bij onderaardse klaver in experiment 1 zeer gering in vergelijking met die in de voorafgaande jaren (tabel 2). De gemiddelde beschadiging bij de eerste oogst in experiment 2 was min of meer gelijk over de jaren. Geen enkele keer werd na half september beschadiging door ozon geconstateerd. De meeste beschadiging trad in 1995 op. Afhankelijk van oogst en experiment werd in alle jaren een gering en negatief effect van ozon op het bladgewicht vastgesteld. In twee van de drie jaren (1994 en 1996) werd bij de tweede oogst in experiment 2 een negatief effect van de behandeling met EDU op het bladgewicht waargenomen.

Tabel 2 Bladbeschadiging (% beschadigde bladeren bij NEDU-planten) en de reductie van het bladgewicht bij klaver in 1994, 1995 en 1996

	Duur (weken)	Beschadiging (%)			Reductie bladgewicht (%)		
		1994	1995	1996	1994	1995	1996
Experiment 1	4	9,4	22,1	0,8	6,2	0	9,2
	8	10,4	15,1	1,0	7,1	5,0	2,4
Experiment 2	4	8,0	5,0	6,2	2,4	9,5	11,2
	8	0	0	0	-6,9	0	-18,9

Bedroeg bij boon het niveau van beschadiging in 1995 circa een derde van dat van 1994, in 1996 waren zichtbare symptomen nagenoeg afwezig (tabel 3). In alle jaren kon een negatief effect van ozon op de opbrengst van peulen worden geconstateerd. In 1994 en 1996 bleek bij de tweede oogst het peulgewicht door ozon te zijn gereduceerd en in 1995 bij de eerste oogst.

Tabel 3 Bladbeschadiging (% beschadigde bladeren bij NEDU-planten) en de reductie van het peulgewicht bij boon in 1994, 1995 en 1996

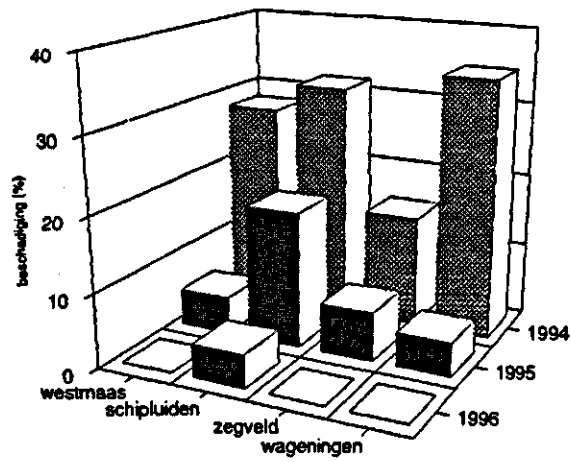
Duur (weken)	Beschadiging (%)			Reductie peulgewicht (%)		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
6/8 ^a	27,3	8,5	0	-0,5	10,7	2,7
11/10/14 ^b	-- ^c	--	--	16,6	3,0	13,5

^a blootstellingsduur bedroeg 6 weken in 1994 en 1995 en 8 weken in 1996

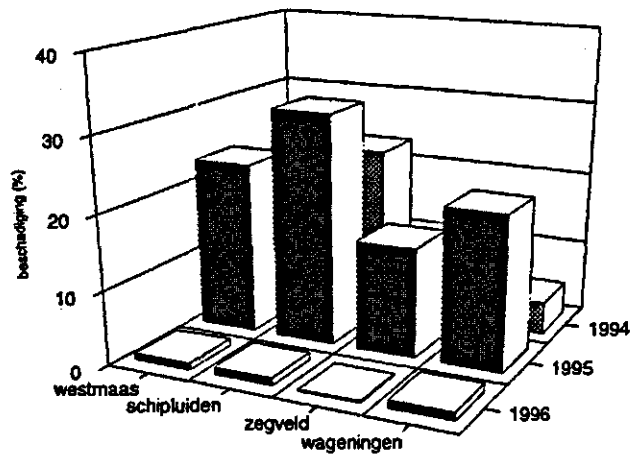
^b blootstellingsduur bedroeg 11 weken in 1994, 10 weken in 1995 en 14 weken in 1996

^c niet bepaald

De gemeten effecten van ozon op groei en opbrengst bleken in het algemeen in alle jaren op te treden onafhankelijk van de locatie. Dit betekent dus dat er met betrekking tot deze effecten geen verschillen tussen locaties aantoonbaar zijn. Het niveau van bladbeschadiging verschilt vaak wel tussen de locaties. Onafhankelijk van plantensoort en jaar treedt de grootste beschadiging meestal in Schipluiden op (fig. 6 en fig. 7).



Figuur 6 Ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij NEDU-planten van boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in 1994, 1995 en 1996



Figuur 7 Ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij NEDU-planten van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in 1994, 1995 en 1996 (oogst 1, experiment 1)

4. Evaluatie

In tegenstelling tot voorafgaande jaren werd in 1996 een zeer geringe mate van beschadiging geconstateerd bij beide plantensoorten. Bij planten van onderaardse klaver die niet met EDU waren behandeld, bedroeg de beschadiging voor drie achtereenvolgende perioden van vier weken gerekend vanaf 18 juni 1996 gemiddeld circa 1, 1 en 6 %. Een maximale bladbeschadiging van circa 24 % werd op 10 september waargenomen op klaver in Schipluiden bij de eerste oogst van het tweede experiment. Na deze datum is op geen enkele locatie beschadiging bij deze plantensoort opgetreden. De beschadiging bedroeg na acht weken blootstelling maximaal circa 5 % bij planten van boon te Schipluiden. Op de andere locaties was beschadiging bij deze soort nagenoeg afwezig.

Bij plantensoorten als groot kaasjeskruid en ridderzuring, die gelden als relatief gevoelig voor ozon (Bergmann *et al.*, 1995), werd geen beschadiging geconstateerd.

Het effect van ozon op groei en opbrengst varieerde niet tussen de verschillende locaties. Gemeten naar het verschil tussen planten die wel en die niet met EDU werden behandeld, veroorzaakte ozon alleen bij oogst 1 in het tweede experiment een gemiddelde reductie van het bladgewicht bij onderaardse klaver van circa 11 %. Bij boon werd alleen na 14 weken blootstelling een gemiddelde opbrengstreductie van circa 14 % aangetoond.

Het niveau van bladbeschadiging door ozon varieert sterk van jaar tot jaar en deze variatie kan afhangen van de plantensoort. De ruimtelijke variatie in de mate van beschadiging levert een consistent beeld op. Ongeacht de plantensoort en het jaar is de beschadiging in Schipluiden over het algemeen (veel) groter dan die op de andere locaties. De vegetatie in de omgeving van deze locatie loopt het meeste risico te worden beschadigd door ozon. Tot nu toe is niet aangetoond dat het effect van ozon op de groei bij onderaardse klaver en op de productie bij boon varieert tussen de locaties. In alle jaren zijn negatieve effecten van ozon op groei en productie waargenomen, zij het voor blootstellingsperioden die voor de groeiseizoenen verschillen.

Om aan te kunnen geven waarom de effecten van ozon in ruimte en tijd variëren, is het noodzakelijk de relaties tussen blootstelling aan ozon en de daaruit resulterende effecten nader te analyseren. Op basis van de gegevens over 1994 zijn dergelijke verbanden nog niet aangetoond (Tonneijck en Van Dijk, 1997). Andere factoren dan alleen ozon kunnen dus een belangrijke rol spelen bij de geconstateerde reactie van de planten op blootstelling aan de omgevingslucht. Met name is de vraag relevant waarom planten in Schipluiden sterker reageren op ozon dan die op andere locaties.

De periode 1994-1996 was zeer geschikt om effecten van ozon op planten te kunnen vaststellen. Twee jaar met ozonniveaus die aanleiding gaven tot relatief grote effecten, werden afgesloten door een jaar waarin zeer geringe effecten werden geconstateerd. De in deze jaren verkregen gegevens lijken dan ook zeer geschikt te zijn om onderzoek te doen naar relaties tussen blootstelling en effect en om niveaus vast te stellen waarbij effecten afwezig zijn.

5. Conclusies en aanbevelingen

Na drie jaar van onderzoek (1994 - 1996) kunnen de belangrijkste resultaten van het biomonitoring-programma als volgt worden samengevat:

1. Bladbeschadiging door ozon bij boon en onderaardse klaver is in alle jaren tot half september waargenomen.
2. De intensiteit van deze beschadiging varieert sterk tussen jaren en deze variatie kan afhangen van de plantensoort. De beschadiging was relatief groot in 1994 en 1995 en gering in 1996.
3. Er is sprake van een ruimtelijke variatie in de intensiteit van de beschadiging en het geografisch patroon is gelijk voor alle jaren en voor beide plantensoorten.
4. De beschadiging is voor beide plantensoorten het grootst in Schipluiden.
5. Negatieve effecten van ozon op het bladgewicht bij onderaardse klaver en op het peulgewicht bij boon zijn in alle jaren geconstateerd zonder dat sprake is van een ruimtelijke variatie.

Om meer inzicht te krijgen in de achtergronden van de variatie tussen effecten in ruimte en tijd is het noodzakelijk de relaties tussen blootstelling aan ozon in de buitenlucht en de daaruit resulterende effecten nader te analyseren. Aangezien tot op heden dergelijke verbanden niet zijn aangetoond, moeten andere factoren (weer, andere luchtverontreiniging) dan alleen ozon bij deze analyses worden betrokken.

Met name in de omgeving van Schipluiden zou meer aandacht besteed kunnen worden aan bestudering van de effecten van ozon op gewassen en vegetaties. Enerzijds geven de resultaten aan dat de effecten op deze locatie groot zijn. Anderzijds maakt de teelt van gewassen onder glas de planten relatief gevoelig voor de invloed van ozon.

Referenties

- Bergmann, E., J. Bender & H.J. Weigel, 1995.
Growth responses and foliar sensitivities of native herbaceous species to ozone exposures. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 1437-1442.
- Carnahan, J.E., E.L. Jenner & E.K.W. Wat, 1978.
Prevention of ozone injury to plants by a new protective chemical. *Phytopathology* 68: 1225-1229.
- Tonneijck, A.E.G. & C.J. van Dijk, 1995.
Effect van ozon op planten in Zuid-Holland. Biomonitoringprogramma 1994. AB-DLO Rapport 29, Wageningen.
- Tonneijck, A.E.G. & C.J. van Dijk, 1997.
Effects of ambient ozone on injury and yield of *Phaseolus vulgaris* at four rural sites in the Netherlands as assessed by using ethylenediurea (EDU). *New Phytologist* 135, 93-100.

Bijlage I: Resultaten van de verschillende effectmetingen

Tabel B.1 Effect van EDU op het aantal gezonde en ozon-beschadigde bladeren van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 18 juni - 13 augustus 1996 (experiment 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1						
Westmaas	105,0	102,0	ns	0,6	1,0	ns
Schipluiden	102,3	101,3	ns	0,4	1,0	ns
Zegveld	106,7	102,5	ns	0,1	0,2	ns
Wageningen	101,0	93,2	ns	0,3	1,0	ns
Gemiddelde	104,0	99,7	ns	0,4	0,8	ns
Oogst 2						
Westmaas	398,7	391,0	ns	0,9	5,7	***
Schipluiden	419,1	363,1	ns	0	8,8	***
Zegveld	352,7	404,2	ns	0	0,8	ns
Wageningen	384,8	345,4	ns	0	0	ns
Gemiddelde	388,8	375,9	ns	0,2	3,8	***

^a *, **, *** indiceren significante effecten van EDU (ozon) bij $P < 0,05$, $0,01$ en $0,001$ respectievelijk; 'ns' is niet significant

Tabel B.2 Effect van EDU op het aandeel (%) van gezonde en ozon-beschadigde bladeren bij onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 18 juni - 13 augustus 1996 (experiment 1)

Locatie	Gezond		Ozon-beschadigd	
	EDU	NEDU	EDU	NEDU
Oogst 1				
Westmaas	99,4	99,1	0,6	0,9
Schipluiden	99,6	99,0	0,4	1,0
Zegveld	99,9	99,8	0,1	0,2
Wageningen	99,7	98,9	0,3	1,1
Gemiddelde	99,6	99,2	0,4	0,8
Oogst 2				
Westmaas	99,8	98,6	0,2	1,4
Schipluiden	100	97,6	0	2,4
Zegveld	100	99,8	0	0,2
Wageningen	100	100	0	0
Gemiddelde	99,4	99,0	0,1	1,0

Tabel B.3 Effect van EDU op de groei van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 18 juni - 13 augustus 1996 (experiment 1)

Locatie	Aantal bladeren			Bladgewicht (g ds.)			Gewicht bovengronds (g ds.)		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1									
Westmaas	106,6	102,9	ns	2,5	2,3	ns	--	--	--
Schipluiden	102,7	102,3	ns	2,2	2,4	ns	--	--	--
Zegveld	106,8	102,7	ns	2,7	2,4	ns	--	--	--
Wageningen	101,4	94,3	ns	2,3	2,1	ns	--	--	--
Gemiddelde	104,4	100,5	ns	2,4	2,3	ns	--	--	--
Oogst 2									
Westmaas	399,6	396,7	ns	3,5	3,5	ns	9,4	9,4	ns
Schipluiden	419,1	371,8	ns	3,3	3,2	ns	8,0	8,8	ns
Zegveld	352,7	405,0	ns	3,3	3,3	ns	8,8	8,3	ns
Wageningen	384,8	345,4	ns	3,1	2,9	ns	7,8	7,4	ns
Gemiddelde	389,0	379,7	ns	3,3	3,2	ns	8,5	8,5	ns

^a *, **, *** indiceren significante effecten van EDU (ozon) bij P < 0,05, 0,01 en 0,001 respectievelijk; 'ns' is niet significant

Tabel B.4 Effect van EDU op het aantal gezonde en ozon-beschadigde bladeren van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 13 augustus - 8 oktober 1996 (experiment 2)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1						
Westmaas	107,9	107,1	ns	0	0	ns
Schipluiden	113,5	74,9	***	0	24,5	***
Zegveld	104,2	100,9	ns	0	0	ns
Wageningen	112,0	100,5	**	0	0	ns
Gemiddelde	109,4	95,8	***	0	6,1	***
Oogst 2						
Westmaas	160,8	170,7	ns	0	0	--
Schipluiden	160,1	163,3	ns	0	0	--
Zegveld	125,4	151,3	*	0	0	--
Wageningen	159,8	170,3	ns	0	0	--
Gemiddelde	151,7	164,0	*	0	0	--

^a *, **, *** indiceren significante effecten van EDU (ozon) bij P < 0,05, 0,01 en 0,001 respectievelijk; 'ns' is niet significant

Tabel B.5 Effect van EDU op het aandeel (%) van gezonde en ozon-beschadigde bladeren bij onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 13 augustus - 8 oktober 1996 (experiment 2, oogst 1)

Locatie	Gezond		Ozon-beschadigd	
	EDU	NEDU	EDU	NEDU
Westmaas	100	100	0	0
Schipluiden	100	75,4	0	24,6
Zegveld	100	100	0	0
Wageningen	100	100	0	0
Gemiddelde	100	93,8	0	6,2

Tabel B.6 Effect van EDU op de groei van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 13 augustus - 8 oktober 1996 (experiment 2)

Locatie	Aantal bladeren			Bladgewicht (g ds.)			Gewicht bovengronds (g ds.)		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1									
Westmaas	107,9	107,1	ns	2,2	2,0	ns	--	--	--
Schipluiden	113,5	99,3	***	2,4	1,9	***	--	--	--
Zegveld	104,2	100,9	ns	1,8	1,7	ns	--	--	--
Wageningen	112,0	100,5	**	2,4	2,1	*	--	--	--
Gemiddelde	109,4	102,0	***	2,2	2,0	***	--	--	--
Oogst 2									
Westmaas	160,8	170,7	ns	2,4	2,8	*	4,8	5,4	ns
Schipluiden	160,1	163,3	ns	2,7	2,9	ns	5,0	5,1	ns
Zegveld	125,4	151,3	*	1,5	2,1	***	2,9	3,8	**
Wageningen	159,8	170,3	ns	2,6	2,9	ns	5,1	5,6	ns
Gemiddelde	151,7	164,0	ns	2,3	2,7	***	4,5	5,0	***

^a *, **, *** indiceren significante effecten van EDU (ozon) bij $P < 0,05$, $0,01$ en $0,001$ respectievelijk; 'ns' is niet significant

Tabel B.7 Effect van EDU op het aantal gezonde en ozon-beschadigde bladeren van boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 25 juni - 20 augustus 1996 (oogst 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Westmaas	40,6	38,7	ns	0	0,2	ns
Schipluiden	44,2	40,3	ns	0	1,9	***
Zegveld	44,8	40,8	ns	0	0,5	ns
Wageningen	40,3	40,6	ns	0	0	ns
Gemiddelde	42,5	40,1	*	0	0,6	***

^a *, **, *** indiceren significante effecten van EDU (ozon) bij $P < 0,05$, $0,01$ en $0,001$ respectievelijk; 'ns' is niet significant

Tabel B.8 Effect van EDU op het aandeel (%) van gezonde en ozon-beschadigde bladeren bij boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 25 juni - 20 augustus 1996 (oogst 1)

Locatie	Gezond		Ozon-beschadigd	
	EDU	NEDU	EDU	NEDU
Westmaas	100	100	0	0
Schipluiden	100	95,5	0	4,5
Zegveld	100	100	0	0
Wageningen	100	100	0	0
Gemiddelde	100	98,9	0	1,1

Tabel B.9 Effect van EDU op groei en productie van boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 25 juni - 2 oktober 1996

Locatie	Aantal bladeren			Aantal peulen			Peulgewicht (g ds.)		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1									
Westmaas	40,6	38,8	ns	78,2	75,3	ns	40,6	42,3	ns
Schipluiden	44,2	42,2	ns	86,7	77,0	*	51,4	43,9	**
Zegveld	44,8	41,3	ns	80,3	75,5	ns	33,3	32,5	ns
Wageningen	40,3	40,6	ns	82,0	83,0	ns	37,2	37,9	ns
Gemiddelde	42,5	40,7	ns	81,8	77,7	ns	40,6	39,1	ns
Oogst 2									
Westmaas	0	0	--	70,0	71,4	ns	90,2	83,0	ns
Schipluiden	0	0	--	72,4	65,0	ns	89,4	71,5	**
Zegveld	0	0	--	69,0	67,6	ns	92,0	77,6	**
Wageningen	0	0	--	75,6	73,8	ns	96,3	86,5	ns
Gemiddelde	0	0	--	71,8	69,4	ns	92,0	79,7	***

^a *, **, *** indiceren significante effecten van EDU (ozon) bij P < 0,05, 0,01 en 0,001 respectievelijk; 'ns' is niet significant