

Effect van ozon op planten in Zuid-Holland

Biomonitoringprogramma 1995

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 produktiesystemen;
- de kwaliteit van landbouwprodukten.

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

Adres

Vestiging Wageningen:

Postbus 14, 6700 AA Wageningen

tel. 0317-475700

fax 0317-423110

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Vestiging Haren:

Postbus 129, 9750 AC Haren

tel. 050-5337777

fax 050-5337291

e-mail postkamer@ab.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Summary	2
1. Inleiding	3
2. Opzet en werkwijze	5
2.1. Indicatorplanten	5
2.2. Andere plantesoorten	7
3. Resultaten	9
3.1. Onderaardse klaver	9
3.2. Boon	12
3.3. Andere plantesoorten	13
3.4. Variatie tussen jaren (1994 en 1995)	13
4. Evaluatie	15
5. Conclusies en aanbevelingen	17
Referenties	18
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 1995 voor het tweede 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-oxydant en beschermt planten tegen de inwerking van ozon. De intentie is dit onderzoek ook in 1996 uit te voeren.

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. Het percentage bladeren met ozonbeschadiging bedroeg maximaal circa 31 %. Voor drie perioden van vier weken was dit percentage gemiddeld over de locaties achtereenvolgens circa 22, 15 en 5 %. De mate van beschadiging kon hierbij tussen de locaties variëren. Alleen in de periode van 15 augustus tot 12 september veroorzaakte de blootstelling aan ozon een gemiddelde reductie van het bladgewicht van 9,5 %. Hierbij waren geen verschillen tussen de locaties aantoonbaar.

Boneplanten werden maximaal 10 weken blootgesteld en een tussentijdse waarneming werd verricht na zes weken blootstelling. Het percentage door ozon beschadigde bladeren bleef laag en bedroeg na zes weken gemiddeld 8,5 %. In Schipluiden werd een maximale beschadiging van circa 18 % waargenomen. Ozon reduceerde het gewicht van de peulen alleen na zes weken blootstelling, toen de peulen geschikt waren voor de markt. Deze reductie was voor alle locaties min of meer gelijk en bedroeg gemiddeld circa 11 %.

Na twee jaar van onderzoek kunnen de belangrijkste resultaten van het biomonitoring-programma als volgt worden samengevat:

1. Op alle locaties en voor beide jaren is bladbeschadiging door ozon waargenomen bij zowel boon als onderaardse klaver;
2. De intensiteit van deze beschadiging kan sterk tussen jaren variëren afhankelijk van de plantesoort;
3. Er is sprake van een ruimtelijke variatie in de intensiteit van de beschadiging;
4. In het algemeen is de beschadiging voor beide plantesoorten het grootst in Schipluiden;
5. Negatieve effecten van ozon op het bladgewicht bij onderaardse klaver en op het peulgewicht bij boon zijn in beide 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 1995, to repeat the experiment performed in 1994. 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. The programme will be continued through 1996.

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 exposure for an intermediate observation at which a maximum leaf injury of 31 % was found. The mean leaf injury for three successive periods of four weeks was circa 22, 15 and 5 % and generally differed between the locations. Exposure to ambient ozone from August 15 to September 12 caused a mean reduction in leaf weight of 9.5 % but no differences between the locations were found.

Bean plants were exposed for a maximum period of 10 weeks. After six weeks, an intermediate harvest revealed that ozone caused a mean leaf injury of 8.5 %. A maximum leaf injury of circa 18 % was observed at Schipluiden. Ozone reduced pod biomass only after six weeks of exposure when the green pods were ready for market. This reduction was equal among the locations and was circa 11 % on average.

The programme has been performed for two successive years (1994-1995) now and the most important results are:

1. Leaf injury on subterranean clover and bean due to ozone was observed at all locations in both years;
2. A year-to-year variation in the degree of injury was observed depending on the plant species;
3. A spatial variation in the degree of injury was observed for both species and years;
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 in both years 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 1995 is het onderzoek met boon en onderaardse klaver op vergelijkbare wijze uitgevoerd als in 1994 om de variatie van effecten tussen jaren vast te kunnen stellen. Mede naar aanleiding van ontwikkelingen in het internationale programma zijn op de locatie Wageningen enkele andere plantesoorten blootgesteld aan de omgevingslucht teneinde de gevoeligheid ervan te kunnen vergelijken met die van de indicatorplanten.

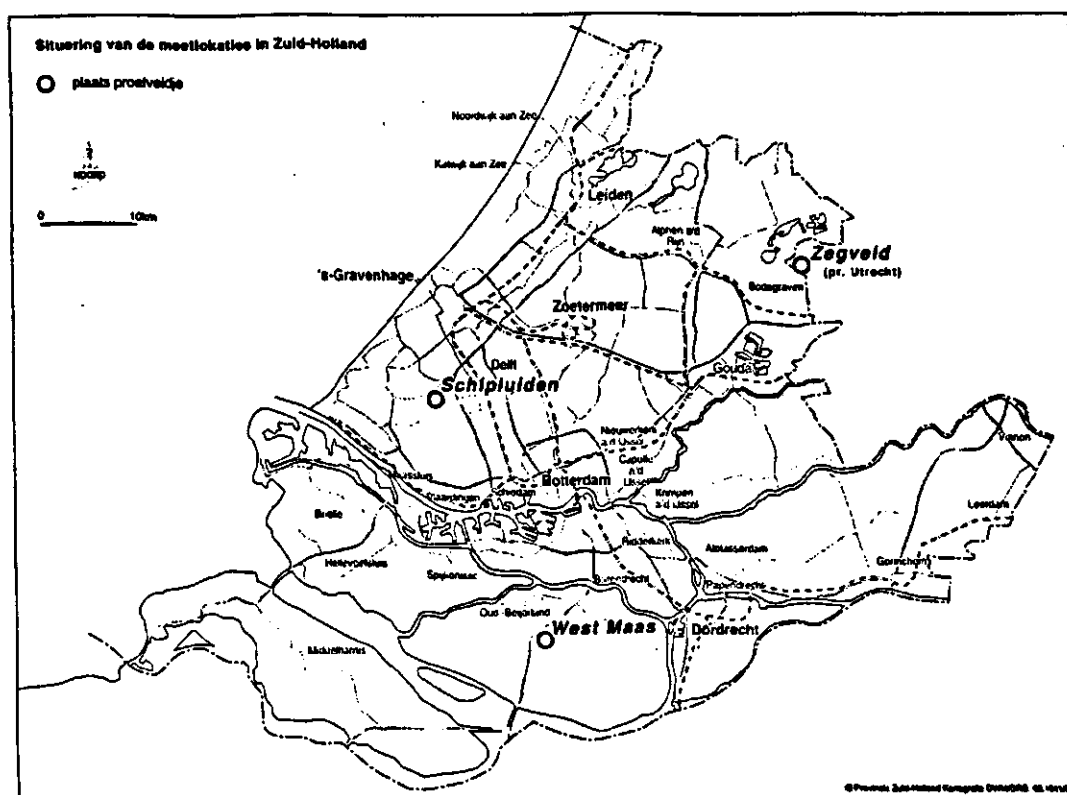
Dit rapport presenteert en bespreekt de resultaten die in 1995 zijn verkregen. Hoofdstuk 2 beschrijft in het kort de werkwijze. In Hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd en vergeleken met die van 1994. Het rapport eindigt met een evaluatie (Hoofdstuk 4) waarna in Hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies worden getrokken.

2. Opzet en werkwijze

2.1. Indicatorplanten

De werkzaamheden werden op vergelijkbare wijze uitgevoerd als in 1994 (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-oxydant 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 (10x10x9 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).



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

De potten die niet met EDU werden behandeld, kregen hierbij een gelijke hoeveelheid water 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 eenmaal met Rubigan gespoten tegen meeldauw.

Bonen werden buiten onder een overkapping gezaaid in vijf-literpotten 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 ($100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) 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 $150 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, na vier weken $200 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en na zes en acht weken $250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Zes weken na het begin van de blootstelling waren de peulen geschikt voor de markt en werden 24 boneplanten (12 EDU- en 12 NEDU-planten) per locatie geoogst voor bepalingen van beschadiging, groei en opbrengst (oogst 1). Vier 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 luizen.

Tabel 1 Blootstellingsperioden voor de twee indicatorplanten in 1995

Plantesoort	Experiment nummer	Begin-datum	Oogst 1		Oogst 2	
			Datum	Blootstelling (weken)	Datum	Blootstelling (weken)
Onderaardse klaver	1*	20-6	18-7	4	15- 8	8
	2	15-8	12-9	4	10-10	8
Boon	1	27-6	8-8	6	5- 9	10

* Vanwege problemen op de locatie gelden voor experiment 1 in Schipluiden de volgende data:
Begin: 18-7; Oogst 1: 15-8; Oogst 2: 12-9

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 plantesoorten

In aansluiting op nieuwe ontwikkelingen in het UNECE ICP-Crops-programma zijn op de locatie Wageningen drie plantesoorten uit (semi)natuurlijke vegetaties geplaatst teneinde de ozongevoeligheid ervan te vergelijken met die van de indicatorplanten. Planten van grote weegbree (*Plantago major*), akkerdistel (*Cirsium arvense*) en groot kaasjeskruid (*Malva sylvestris*) werden in een kweekkas gezaaid en opgekweekt. Deze soorten gelden als relatief gevoelig voor ozon (Bergmann, pers. meded.). Op 22 juni 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. Weegbree en akkerdistel werden eenmaal gespoten met Pirimor tegen luizen. Regelmatig werden de planten beoordeeld op het optreden van zichtbare symptomen.

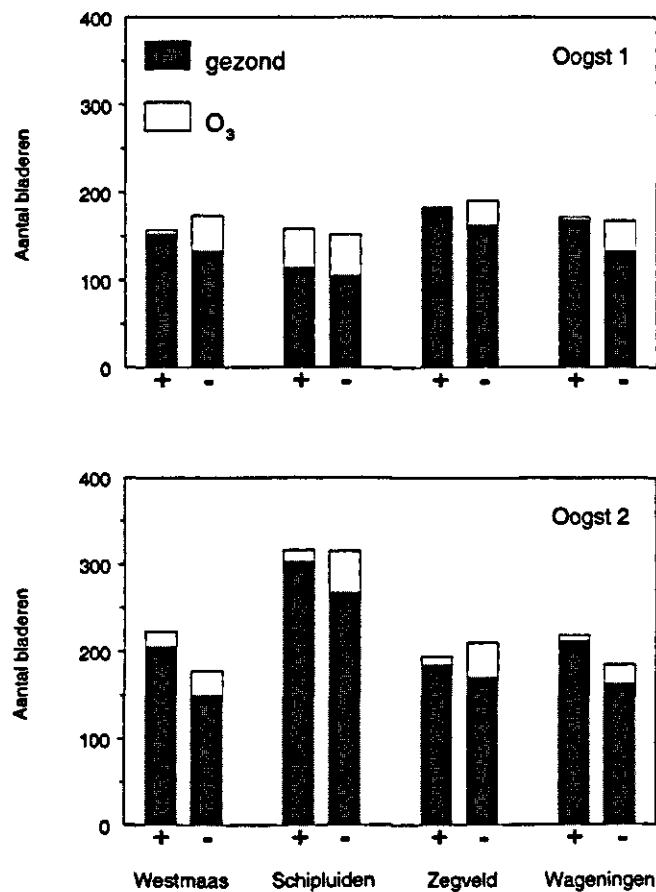
Eveneens werden planten van de volgende klaversoorten: rode klaver (*Trifolium pratense* cv. Barfiola), witte klaver (*T. repens* cv. Menna) en onderaardse klaver (*T. subterraneum* cv. Geraldton) opgekweekt in potgrond (1 plant/pot) en blootgesteld aan de omgevingslucht. In twee experimenten werd het percentage bladeren met beschadiging bepaald na vier en acht weken blootstelling (zie voor blootstellingsperioden bij Onderaardse klaver in Tabel 1).

3. Resultaten

3.1. Onderaardse klaver

Experiment 1: 20 juni-15 augustus

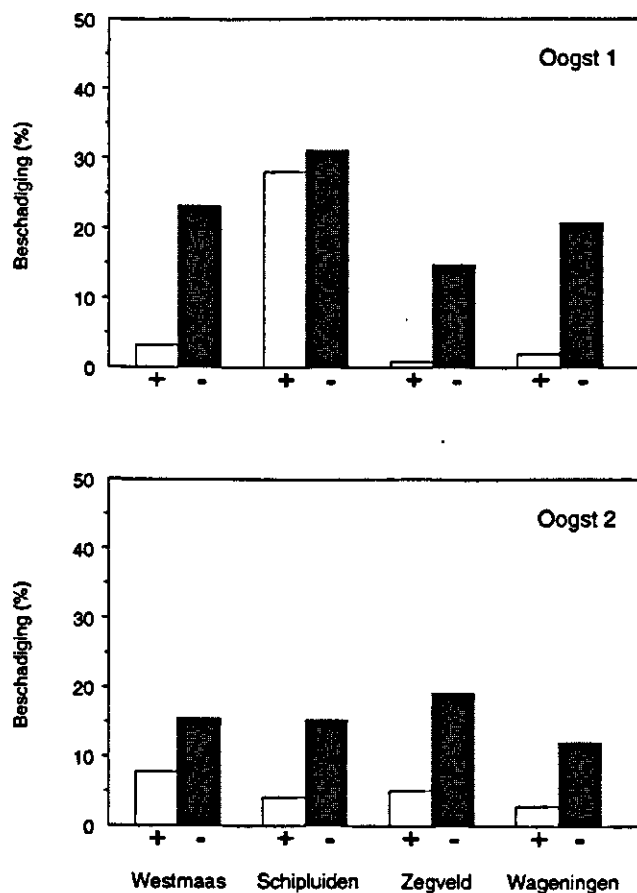
Symptomen die min of meer specifiek zijn voor blootstelling aan te hoge ozonconcentraties, werden na drie weken op alle locaties waargenomen bij NEDU-planten en in mindere mate bij EDU-planten. Het aantal bladeren met ozonbeschadiging was een week later bij de eerste oogst vooral toegenomen bij de NEDU-planten.



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 20 juni-15 augustus 1995

Na vier en acht weken werden de bladeren geoogst en onderverdeeld in de categorieën gezond en beschadigd (Fig. 2; zie ook Tabel B.1). Met uitzondering van oogst 1 in Schipluiden was het aantal beschadigde bladeren voor beide oogsten en op alle locaties groter bij de NEDU- dan bij de EDU-planten. Dit gaf duidelijk aan dat deze beschadiging door ozon werd veroorzaakt. Voor het aantal gezonde bladeren gold in grote lijnen het omgekeerde.

Het totale aantal bladeren dat tijdens de blootstellingsperiode werd gevormd, verschilde voor de vier locaties en de twee oogsten maar was, gemiddeld over de locaties, niet door ozon beïnvloed. Om een vergelijking tussen locaties en oogsten mogelijk te maken werden de aantallen bladeren voor iedere categorie omgerekend in percentages van het totaal (Tabel B.2). Met betrekking tot het percentage bladeren met ozonbeschadiging was er in alle gevallen een significant verschil tussen NEDU- en EDU-planten behalve bij oogst 1 in Schipluiden (Fig. 3). Gemiddeld over alle locaties steeg het percentage beschadiging bij de NEDU-planten ten opzichte van dat bij de EDU-planten van 7,9 naar 22,1 en van 4,8 naar 15,1 % voor oogst 1 respectievelijk oogst 2. Gemeten naar het verschil in beschadiging tussen NEDU- en EDU-planten bleek het beschermende effect van EDU ongelijk te zijn voor de verschillende locaties. Het hoogste percentage beschadiging (31,1 %) werd vastgesteld bij de eerste oogst van NEDU-planten te Schipluiden. Hierbij moet wel worden aangetekend dat op deze locatie de periode van experiment 1 vier weken was opgeschoven ten opzichte van die op de andere locaties. Blootstelling aan ozon in de omgevingslucht had geen effect op het gewicht van de bladeren noch op dat van de stengels (Tabel B.3).

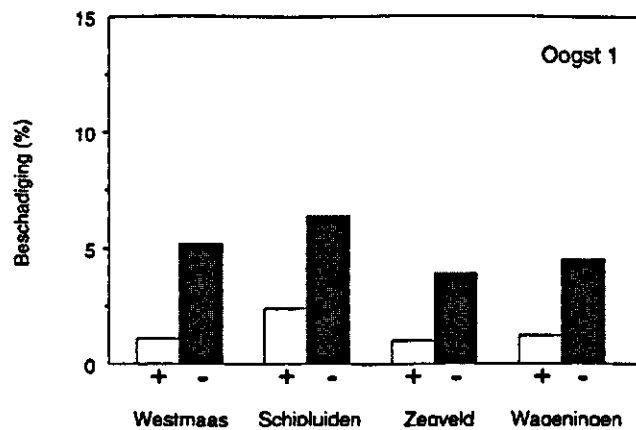


Figuur 3 Mate van ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij EDU (+)- en NEDU (-)-planten van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 20 juni-15 augustus 1995

Experiment 2: 15 augustus-10 oktober 1994

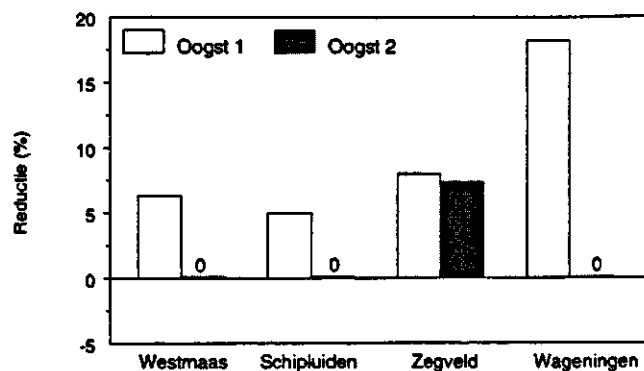
Een week na het begin van de blootstelling (22 augustus) werd op alle locaties een begin van beschadiging geconstateerd bij NEDU-planten. Gedurende de periode tot de eerste oogst werden vervolgens ook bij EDU-planten lichte symptomen waargenomen. Na deze oogst op 12 september werden geen symptomen meer 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 verschilde niet noemenswaardig tussen de locaties en was in Schipluiden met 6,4 % het grootst (Fig. 4; zie ook Tabel B.5). Gemiddeld over alle locaties steeg het percentage beschadiging bij de NEDU-planten ten opzichte van dat bij de EDU-planten van 1,4 naar 5,0 % voor oogst 1. Het beschermende effect van de EDU-behandeling verschilde hierbij niet tussen de locaties.



Figuur 4 Mate van ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij EDU (+)- en NEDU (-)-planten van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 15 augustus-12 september 1995

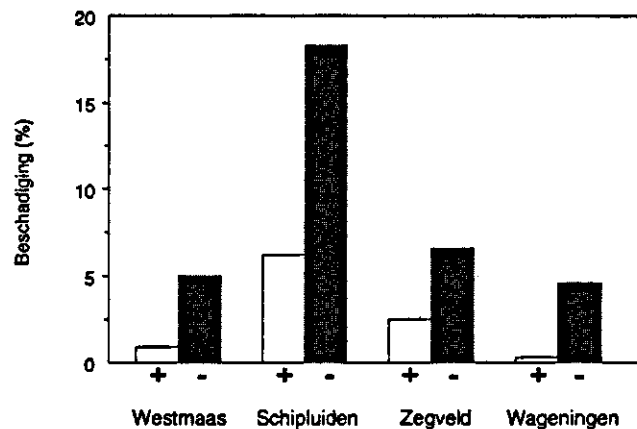
Alleen bij de eerste oogst had blootstelling aan ozon in de omgevingslucht een negatief effect op het aantal bladeren en het gewicht ervan (Tabel B.6). De procentuele reductie in bladgewicht van NEDU-planten ten opzichte van dat van planten die met EDU zijn behandeld (Fig. 5), is een maat voor het effect van ozon. De door ozon veroorzaakte reductie in bladgewicht verschilde niet tussen de locaties en bedroeg gemiddeld 9,5 %. Een maximale reductie van circa 18 % werd gevonden voor de locatie Wageningen. Na acht weken blootstelling (oogst 2) bleken het gewicht van de bladeren en het totale plantgewicht bovengronds niet negatief te zijn beïnvloed.



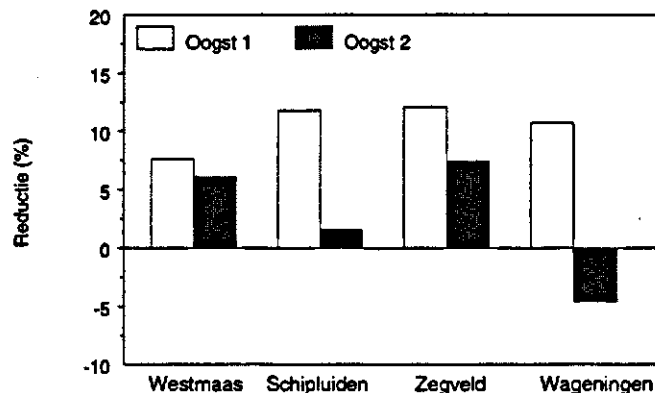
Figuur 5 Reductie (%) van het bladgewicht bij onderaardse klaver als gevolg van blootstelling aan ozon in de omgevingslucht op vier locaties in de periode 15 augustus-10 oktober 1995

3.2. Boon

Circa twee weken na het begin van de blootstelling werd een geringe mate van beschadiging waargenomen bij NEDU-planten op alle locaties. De mate van beschadiging nam licht toe met toenemende expositieduur op alle locaties en bij alle planten. Na zes weken blootstelling was het aantal beschadigde bladeren gemiddeld iets groter bij NEDU-planten dan bij EDU-planten (Tabel B.7). Het percentage bladeren met beschadiging door ozon is weergegeven in Fig. 6 (zie ook Tabel B.8) en was in Schipluiden en Wageningen significant groter bij NEDU- dan bij EDU-planten. Gemiddeld over alle locaties steeg het percentage beschadiging bij NEDU-planten ten opzichte van dat bij de EDU-planten van 2,4 naar 8,5 %. Het effect van de behandeling met EDU verschilde niet tussen de locaties. De grootste beschadiging (18,3 %) werd waargenomen bij NEDU-planten in Schipluiden. Bij NEDU-planten op de andere locaties varieerde deze beschadiging van circa 4 tot 7 %.



Figuur 6 Mate van ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij EDU (+) en NEDU (-) planten van boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 27 juni-8 augustus 1995



Figuur 7 Reductie (%) van het peulgewicht bij boon als gevolg van blootstelling aan ozon in de omgevingslucht op vier locaties in de periode 27 juni-5 september 1995

Uitgedrukt in peulgewicht per plant was de opbrengst van EDU-planten gemiddeld over de locaties significant groter dan die van NEDU-planten voor oogst 1 maar niet voor oogst 2 (Tabel B.9). De door ozon veroorzaakte reductie van het peulgewicht bedroeg voor de eerste oogst gemiddeld circa 11 %. Deze opbrengstreductie verschilde niet significant tussen de locaties en varieerde van circa 7 % in Westmaas tot circa 12 % in Zegveld en Schipluiden (Fig. 7).

3.3. Andere plantesoorten

Hoewel in Wageningen planten van boon en onderaardse klaver duidelijk bladbeschadiging vertoonden, zijn geen symptomen van ozon op deze locatie geconstateerd bij grote weegbree, akkerdistel en groot kaasjeskruid. Duidelijke symptomen werden wel waargenomen bij de klavers (Tabel 2) en de meeste beschadiging trad hierbij op in experiment 1 (20 juni-15 augustus). In het algemeen verschilde de reactie op blootstelling aan ozon niet noemenswaardig tussen de drie soorten. De ozongevoeligheid van rode (*T. pratense*) en witte klaver (*T. repens*) bleek dus vergelijkbaar met die van onderaardse klaver, terwijl die van weegbree, akkerdistel en kaasjeskruid veel minder is.

Tabel 2. Bladbeschadiging (% beschadigde bladeren) door ozon bij drie soorten klavers na blootstelling aan de omgevingslucht op de locatie Wageningen gedurende het groeiseizoen van 1995

		Rode klaver	Onderaardse klaver	Witte klaver
Experiment 1	oogst 1	38,7	24,8	23,3
	oogst 2	31,6	45,6	52,1
Experiment 2	oogst 1	4,1	5,7	9,6
	oogst 2	0,0	0,0	0,0

3.4. Variatie tussen jaren (1994 en 1995)

In 1995 was de beschadiging bij onderaardse klaver in experiment 1 wat groter dan die in 1994 (Tabel 3). Voor experiment 2 was de beschadiging bij de eerste oogst na vier weken blootstelling min of meer gelijk voor beide jaren. In geen enkel geval kon na half september beschadiging door ozon worden geconstateerd. Blootstelling aan ozon had in beide jaren een negatief effect op het bladgewicht. In 1994 werd dit negatieve effect geconstateerd bij de twee oogsten van experiment 1 terwijl in 1995 de reductie alleen werd waargenomen bij de eerste oogst van experiment 2.

Tabel 3 Bladbeschadiging (% beschadigde bladeren bij NEDU-planten) en de reductie van het bladgewicht bij klaver in 1994 en 1995

	Duur (weken)	Beschadiging (%)		Reductiebladgewicht (%)	
		1994	1995	1994	1995
Experiment 1	4	9,4	22,1	6,2	0,0
	8	10,4	15,1	7,1	5,0
Experiment 2	4	8,0	5,0	2,4	9,5
	8	0,0	0,0	-6,9	0,0

In tegenstelling tot die bij onderaardse klaver was de beschadiging bij boon in 1995 duidelijk minder dan in 1994 (Tabel 4). Het niveau van beschadiging bedroeg hierbij circa een derde van dat van een jaar eerder. In beide jaren kon een negatief effect van ozon op de opbrengst worden geconstateerd. In 1994 bleek bij de tweede oogst het peulgewicht door ozon te zijn gereduceerd en in 1995 bij de eerste oogst.

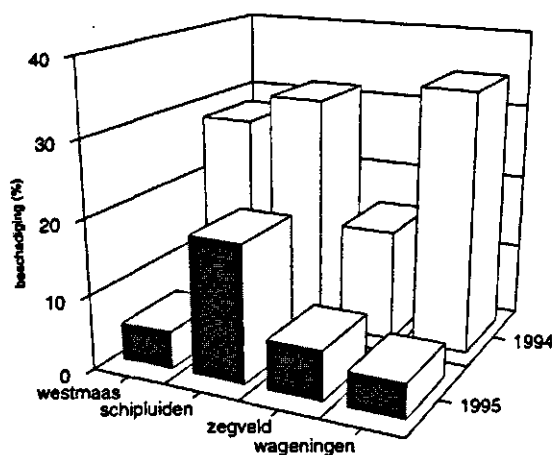
Tabel 4 Bladbeschadiging (% beschadigde bladeren bij NEDU-planten) en de reductie van het peulgewicht bij boon in 1994 en 1995

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

^a blootstellingsduur bedroeg 11 weken in 1994 en 10 weken in 1995

^b niet bepaald

De gemeten effecten van ozon op groei en opbrengst bleken in beide 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. In grote lijnen en onafhankelijk van de plantesoort bestaat de tendens dat deze beschadiging het grootst is in Schipluiden. In Fig. 8 wordt hiervan een voorbeeld gegeven.



Figuur 8 Ozonbeschadiging (% beschadigde bladeren) bij NEDU-planten van boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in 1994 en 1995

4. Evaluatie

De resultaten geven duidelijk aan dat de ozonconcentraties in 1995 evenals in het voorafgaande meetjaar op alle locaties hoog genoeg zijn geweest om bladbeschadiging bij beide plantesoorten te veroorzaken. De behandeling met EDU beschermde over het algemeen de planten tegen beschadiging, hetgeen er op duidde dat het hier inderdaad om ozonsymptomen ging. Hierbij moet worden aangetekend dat deze bescherming niet volledig en zeker bij boon op een aantal locaties zelfs afwezig was.

Bij planten van onderaardse klaver die niet met EDU waren behandeld, werd een maximale bladbeschadiging van circa 31 % waargenomen in Schipluiden. Vanaf het begin van de blootstelling op 20 juni nam de beschadiging bij deze planten gemiddeld over de locaties af met iedere periode van vier weken. Voor drie perioden van vier weken bedroeg de beschadiging achtereenvolgens circa 22, 15 en 5 %. Bij onbehandelde planten van boon was de beschadiging na zes weken blootstelling gemiddeld 8,5 % en bedroeg maximaal circa 18 % in Schipluiden. Het beschermende effect van EDU tegen beschadiging verschilde alleen bij onderaardse klaver in experiment 1 tussen de locaties.

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 in het tweede experiment na vier weken blootstelling een gemiddelde reductie van het bladgewicht bij onderaardse klaver van 9,5 %. Bij boon werd na zes weken blootstelling een gemiddelde opbrengstreductie van circa 11 % aangetoond. Na tien weken kon geen effect op de opbrengst worden geconstateerd. Uit de resultaten blijkt dat er geen sprake is van een duidelijke relatie tussen de mate waarin zichtbare symptomen optraden, en de mate waarin ozon de groei en opbrengst reduceerde. Zo werd in aanwezigheid van 5 % bladbeschadiging door ozon een significante reductie van de bladbiomassa bij onderaardse klaver waargenomen maar niet bij (aanzienlijk) hogere niveaus van beschadiging.

In 1995 was de beschadiging bij onderaardse klaver iets hoger en bij boon duidelijk lager dan die in 1994. Het niveau van bladbeschadiging kan dus van jaar tot jaar sterk variëren afhankelijk van de plantesoort. Veel beschadiging bij één plantesoort in één bepaald jaar betekent dus niet automatisch ook veel beschadiging bij een andere plantesoort in datzelfde jaar. Hoewel pas van twee groeiseizoenen gegevens beschikbaar zijn, lijkt de ruimtelijke variatie in de mate van beschadiging een meer consistent beeld op te leveren. Ongeacht de plantesoort is de beschadiging in Schipluiden in het algemeen 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 produktie bij boon varieert tussen de locaties. In beide jaren zijn negatieve effecten van ozon op groei en produktie waargenomen, zij het voor blootstellingsperioden die voor de groeiseizoenen verschillend zijn. Om aan te kunnen geven waarom de effecten van ozon in ruimte en tijd variëren, is het noodzakelijk onderzoek te beginnen naar de relaties tussen blootstelling aan ozon in de buitenlucht en de daaruit resulterende effecten.

In 1995 is oriënterend onderzoek begonnen naar de reactie van andere plantesoorten op ozon in de omgevingslucht. Planten die relatief gevoelig zijn voor ozon zoals grote weegbree, akkerdistel en groot kaasjeskruid, vertoonden geen zichtbare symptomen, terwijl planten van

rode en witte klaver qua bladbeschadiging even sterk reageerden als onderaardse klaver. Aangezien eerder is aangetoond dat de mate van beschadiging per jaar kan variëren afhankelijk van de plantesoort, zal het onderzoek naar de relatieve ozongevoeligheid van soorten gedurende een aantal jaren moeten worden voortgezet. De genoemde klavers en boon behoren tot de familie der vlinderbloemigen. Het is bekend dat vooral deze plantenfamilie veel soorten bevat die voor ozon gevoelig zijn (Ashmore *et al.*, 1987). Indien het gewenst is effecten van ozon op (semi)natuurlijke vegetaties vast te stellen, zal vooral gekeken moeten worden naar soorten uit de familie der vlinderbloemigen.

5. Conclusies en aanbevelingen

Na twee jaar van onderzoek (1994-1995) kunnen de belangrijkste resultaten van het bio-monitoringprogramma als volgt worden samengevat:

1. Op alle locaties en voor beide jaren is bladbeschadiging door ozon waargenomen bij zowel boon als onderaardse klaver;
2. De intensiteit van deze beschadiging kan sterk tussen jaren variëren afhankelijk van de plantesoort;
3. Er is sprake van een ruimtelijke variatie in de intensiteit van de beschadiging;
4. In het algemeen is de beschadiging voor beide plantesoorten het grootst in Schipluiden;
5. Negatieve effecten van ozon op het bladgewicht bij onderaardse klaver en het peulgewicht bij boon zijn in beide jaren geconstateerd zonder dat sprake is van een ruimtelijke variatie.

Om meer inzicht te krijgen in de variatie van effecten in ruimte en tijd moet het programma in 1996 met beide indicatorplanten en in ongewijzigde vorm worden voortgezet. Om aan te kunnen geven waarom de effecten van ozon in ruimte en tijd variëren, is het noodzakelijk onderzoek te beginnen naar de relaties tussen blootstelling aan ozon in de buitenlucht en de daaruit resulterende effecten. Eerst na dergelijk onderzoek kunnen gerichte maatregelen ter voorkoming van negatieve effecten van ozon worden overwogen.

Meer aandacht zou besteed moeten worden aan waarnemingen van zichtbare beschadiging op gewassen en vegetaties in de omgeving van de meetlocaties. Vanwege de gevoeligheid voor ozon komen met name plantesoorten uit de familie der vlinderbloemigen in aanmerking. Tevens kan gekozen worden voor de vegetatie bij Schipluiden aangezien hier de meeste kans op zichtbare bladbeschadiging door ozon wordt verwacht.

Referenties

Ashmore, M.R., C. Dalpra & A.K. Tickle, 1987.

Effects of ozone and calcium nutrition on native plant species. In: P. Mathy (Ed.), *Air Pollution and Ecosystems*, Reidel Publishing Company, Dordrecht, 647-652.

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. Rapport 29*, AB-DLO, Wageningen.

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 20 juni-15 augustus 1995 (experiment 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1						
Westmaas	152,4	133,3	**	5,0	40,4	***
Schipluiden	114,3	105,1	ns	44,4	47,4	ns
Zegveld	181,6	162,1	**	1,5	28,2	***
Wageningen	168,4	133,1	***	3,3	34,9	***
Gemiddelde	154,4	133,4	***	13,6	37,7	***
Oogst 2						
Westmaas	205,6	149,9	**	17,3	27,6	**
Schipluiden	303,3	267,2	*	13,1	48,3	***
Zegveld	184,5	170,7	ns	10,0	40,5	***
Wageningen	212,7	162,7	**	6,3	22,4	***
Gemiddelde	226,7	188,0	***	11,6	34,8	***

^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 20 juni-15 augustus 1995 (experiment 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1						
Westmaas	96,8	76,8	***	3,2	23,2	***
Schipluiden	72,0	68,9	ns	28,0	31,1	ns
Zegveld	99,2	85,2	***	0,8	14,8	***
Wageningen	98,1	79,2	***	1,9	20,8	***
Gemiddelde	92,1	77,9	***	7,9	22,1	***
Oogst 2						
Westmaas	92,2	84,4	***	7,8	15,6	***
Schipluiden	95,7	84,7	***	4,1	15,3	***
Zegveld	94,9	80,8	***	5,1	19,2	***
Wageningen	97,1	87,9	***	2,9	12,1	***
Gemiddelde	95,2	84,5	***	4,8	15,1	***

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

Tabel B.3 Effect van EDU op de groei van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 20 juni - 15 augustus 1995 (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	158,4	173,7	*	2,4	2,5	ns	--	--	--
Schipluiden	158,8	152,5	ns	2,8	2,6	ns	--	--	--
Zegveld	183,0	190,3	ns	3,1	3,0	ns	--	--	--
Wageningen	171,7	168,0	ns	2,7	2,6	ns	--	--	--
Gemiddelde	168,0	171,1	ns	2,7	2,7	ns	--	--	--
Oogst 2									
Westmaas	222,9	177,5	*	1,6	1,4	ns	6,0	5,5	ns
Schipluiden	316,3	315,5	ns	3,6	3,4	ns	10,2	9,6	ns
Zegveld	194,5	211,2	ns	1,5	1,4	ns	6,1	6,3	ns
Wageningen	218,9	185,1	ns	1,4	1,4	ns	5,8	5,8	ns
Gemiddelde	238,3	222,8	ns	2,0	1,9	ns	7,0	6,8	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 15 augustus - 10 oktober 1995 (experiment 2)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1						
Westmaas	97,8	88,7	*	1,0	4,8	***
Schipluiden	105,6	100,5	ns	2,5	6,9	***
Zegveld	108,2	103,4	ns	1,0	4,2	***
Wageningen	109,5	93,9	***	1,3	4,4	***
Gemiddelde	105,4	96,7	***	1,5	5,1	***
Oogst 2						
Westmaas	157,2	146,6	ns	0,0	0,0	ns
Schipluiden	180,7	184,2	ns	0,0	0,0	ns
Zegveld	173,9	173,3	ns	0,0	0,0	ns
Wageningen	171,3	174,6	ns	0,0	0,0	ns
Gemiddelde	170,8	169,7	ns	0,0	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 15 augustus-10 oktober 1994 (experiment 2, oogst 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Westmaas	98,9	94,8	***	1,1	5,2	***
Schipluiden	97,6	93,6	***	2,4	6,4	***
Zegveld	99,0	96,1	***	1,0	3,9	***
Wageningen	98,8	95,5	***	1,2	4,5	***
Gemiddelde	98,6	95,0	***	1,4	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.6 Effect van EDU op de groei van onderaardse klaver na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 15 augustus - 10 oktober 1994 (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	98,9	93,5	ns	1,6	1,5	ns	--	--	--
Schipluiden	108,1	107,4	ns	2,0	1,9	ns	--	--	--
Zegveld	109,2	107,6	ns	2,5	2,3	*	--	--	--
Wageningen	110,8	98,3	**	2,2	1,8	**	--	--	--
Gemiddelde	106,8	101,8	*	2,1	1,9	***	--	--	--
Oogst 2									
Westmaas	157,2	146,6	ns	1,8	1,8	ns	3,4	3,5	ns
Schipluiden	180,7	184,2	ns	2,7	2,7	ns	4,7	4,8	ns
Zegveld	173,9	173,3	ns	2,7	2,5	ns	4,9	4,6	ns
Wageningen	171,3	174,6	ns	3,0	3,0	ns	5,6	5,3	ns
Gemiddelde	170,8	169,7	ns	2,5	2,5	ns	4,6	4,6	ns

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 27 juni - 8 augustus 1995 (oogst 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Westmaas	27,8	26,8	ns	0,3	1,4	ns
Schipluiden	26,3	23,1	*	1,8	5,2	***
Zegveld	29,3	29,3	ns	0,8	2,1	ns
Wageningen	29,3	29,2	ns	0,1	1,4	ns
Gemiddelde	28,2	27,1	ns	0,7	2,5	***

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 27 juni - 8 augustus 1995 (oogst 1)

Locatie	Gezond			Ozon-beschadigd		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign
Westmaas	99,1	95,0	ns	0,9	5,0	ns
Schipluiden	93,8	81,7	**	6,2	18,3	**
Zegveld	97,5	93,5	ns	2,5	6,6	ns
Wageningen	99,7	95,4	ns	0,3	4,6	*
Gemiddelde	97,6	91,5	***	2,4	8,5	***

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

Tabel B.9 Effect van EDU op groei en produktie van boon na blootstelling aan de omgevingslucht op vier locaties in de periode 27 juni - 4 september 1995

Locatie	Aantal bladeren			Aantal peulen			Peulgewicht (g ds.)		
	EDU	NEDU	Sign ^a	EDU	NEDU	Sign	EDU	NEDU	Sign
Oogst 1									
Westmaas	28,0	28,2	ns	68,3	64,8	ns	27,5	25,4	ns
Schipluiden	28,1	28,3	ns	69,7	70,3	ns	34,8	30,7	ns
Zegveld	30,1	31,3	ns	74,3	72,8	ns	31,3	27,5	ns
Wageningen	29,4	30,6	ns	76,3	76,8	ns	33,5	29,9	ns
Gemiddelde	28,9	29,6	ns	72,1	71,2	ns	31,8	28,4	**
Oogst 2									
Westmaas	0	0	ns	63,0	61,4	ns	56,1	52,7	ns
Schipluiden	0,1	0	ns	60,4	65,8	ns	57,7	56,8	ns
Zegveld	0,5	0	*	74,7	77,9	ns	74,7	69,2	ns
Wageningen	0,3	0,3	ns	67,3	75,8	ns	56,2	58,8	ns
Gemiddelde	0,2	0,1	ns	66,2	70,1	ns	61,0	59,2	ns

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