

# KASVUA HILLITSEVIEN AINEIDEN VAIKUTUS PAVUN TAIMIEN KASVUUN

## III. Vaikutuksen riippuvuus lämpötilasta

ERKKI KAUKOVIRTA

*Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitos*

Kasvua hillitsevien aineiden tiedetään rajoittavan niille alttiiden kasvien pituuskasvua lämpötilasta riippumatta (CATHEY 1960, CATHEY & PIRINGER 1960, TOLBERT 1960, WITTEW & TOLBERT 1960). Kuitenkin vaikutusaste saattaa olla eri lämpötiloissa erilainen, kuten edellä mainituissa sekä myöhemmin suoritetuissa tutkimuksissa on todettu (TIESSEN 1962, CATHEY et al. 1965, MAIRE & SACHS 1965, KAUKOVIRTA 1969 a ja b). Käsitteet siitä, miten lämpötila muuttaa pituuskasvua rajoittavan aineen vaikutusta, ovat ristiriitaisia. Niinpä MAIRE ja SACHS (1965) totesivat zinnian reaktioalttiuden B-nineksittelyyn heikkenevän korkeissa lämpötiloissa, mutta CATHEY et al. (1965) saivat petuniassa päinvastaisen tuloksen. CATHEY ja PIRINGER (1961) havaitsivat Phosfonin hillitsevän petunian pituuskasvua käsittelemättömiin kasveihin verrattuna 27° C:ssa vähemmän kuin 21° ja 10° C:ssa. Pavun pituuskasvua se taas rajoitti suhteellisesti enemmän 18° C:n kuin 10° C:n yölämpötilassa, kun päivälämpötila oli 21° C (KAUKOVIRTA 1969 a ja b).

Kasvua hillitsevien aineiden suunnitelmallinen käyttö puutarhanviljelyssä edellyttää, että niiden vaikutus voidaan edeltäkin arvioida oikein. Nykyisin käytettävissä olevien koetulosten perusteella ei tähän ole riittävästi mahdollisuuksia. Tästä syystä oli syytä jatkaa Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitoksella aloitettuja tutkimuksia kasvua hillitsevien aineiden tehon ja lämpötilan välisestä suhteesta. Seuraavassa selostetaan tätä kysymystä koskevia, v. 1968 suoritettuja tutkimuksia ja niistä saatuja tuloksia.

### *Menetelmät*

Kokeet suoritettiin Viikissä Puutarhatieteen laitoksen Sherer Cel 25-7HL -kasvatuskaapeissa ja Norjan maatalouskorkeakoulun kasvihuoneissa Åsissa, joissa lämpötila voidaan säätää 1/2° C:n tarkkuudella.

Kasvatuskaapeissa olivat valolähteinä 110-watin VHO-loisteputket ja valoisuus kas-

vien korkeudella 14000 luksia. Kasvatuskaspeissa suoritetuissa kokeissa pimeäjaksen aikana lämpötila oli 18° C ja valojaksen aikana 24°, 21° ja 18° C. Valojaksen pituus oli 14 tuntia.

Kasvihuoneissa suoritettiin kolme koesarjaa, joissa oli 12°, 15°, 18°, 21° ja 24° C:n sekä kahdessa kokeessa 27° C:n yölämpötilat. Näissä lämpötiloissa kasvit olivat klo 17—07 välisenä aikana. Päivälämpötilat olivat kokeessa 1 samat kuin yölämpötilat, kokeessa 2 24° C ja kokeessa 3 18° C. Kokeet suoritettiin elokuun 16. p:n ja syyskuun 13. p:n välisenä aikana, jolloin päivänpituus oli kokeen alussa n. 14 ja lopussa n. 13 tuntia.

Kasvunsäädekäsittelyt olivat seuraavat:

kasvunsääde	vaikuttavaa ainetta mg/4.5' ruukku/200 ml vettä	
	kasvatuskaspeissa suoritettut kokeet	kasvihuoneissa suoritettut kokeet
B-nine	100	375
Cycocel	100	75
Phosfon	15	6.2

Koekasvina oli papu, *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* 'Juli', samoin kuin aikaisemmissakin kokeissa. Siemenet peitattiin Orthocide-valmisteella (0.75 g/1/2 kg siemeniä). Kasvatuskaspeissa suoritettuja kokeita varten siemeniä esi-idätettiin imupapereiden välissä 25° C:ssa kaksi vuorokautta. Yhdeksän itänyttä siementä istutettiin hiekkaan 4.5' ruukkuihin. Kasvihuonekokeita varten peitatut siemenet kylvettiin suoraan hiekkaan, esikasvatuksen aikana oli lämpötila 21° C.

Taimet harvennettiin ruukuissa sitten, kun varhaislehdet olivat täysin avautuneet. Kuhunkin ruukkuun jätettiin 3 tainta. Harvennuksen jälkeen suoritettiin kasvunsäädekäsittelyt, ja ruukut siirrettiin koeohjelman mukaisiin lämpötiloihin.

Taimet kasteltiin kerran päivässä 0.02 %:sella Hoaglandin liuoksella (WENT 1957) ja lisäksi tarvittaessa deionisoidulla vedellä.

Mittaukset suoritettiin 13 vuorokautta käsittelyjen jälkeen. Lehtipinta-ala mitattiin lehtiplanimetrillä (VTT:n malli) Viikissä suoritetuissa kokeissa kaikista kasveista ja Åsissa suoritetuissa kokeissa kolmen taimen satunnaisnäytteestä otetuista fotokopiokuvista. Kuivapaino mitattiin Viikissä suoritetuissa kokeissa 105° C:ssa 24 tuntia kuivatuista näytteistä ja Åsissa suoritetuissa kokeissa 80° C:ssa 48 tuntia kuivatuista näytteistä.

Kokeen suorituksessa sovellettiin COCHRANIN ja COXIN (1962) esittämiä malleja ja tulokset analysoitiin Norjan maatalouskorkeakoulun käytössä olleella tietokoneella.

#### *Kasvunsääteiden vaikutustapa kasvatuskaspeikokeissa (taulukko 1)*

**T a i m i e n p i t u u s k a s v u.** Päivälämpötila vaikutti taimien pituuskasvuun erittäin merkittävästi ( $F = 828.00$ ), joskin vaikutus riippui kasvunsäädekäsittelystä. Taimien pituus oli kaikissa käsittelyissä suurin 24° C:ssa ja pienin 18° C:ssa. Phosfonia saaneet taimet olivat lähes yhtä pitkiä 18 ja 21 asteessa.

Kasvunsääteillä käsitellyt kasvit olivat kaikissa lämpötiloissa merkittävästi lyhyempiä kuin verrannekasvit. Kasvunsääteet rajoittivat pituuskasvua suhteellisesti vähemmän 18° C:ssa kuin korkeammassa lämpötiloissa.

**T a i m i e n k o k o n a i s p a i n o.** Verrannekasvien tuorepaino oli suurin 24° C:ssa, ja kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien paino 21° C:ssa. Erot eri lämpötilojen välillä eivät

Taulukko 1. Päivälämpötilan ja kasvunsäätteen vaikutus taimien kehitykseen tekovalossa.  
 Table 1. Effect of day temperature and growth retardants on the growth of seedlings in artificial light.

Lämpötila Temperature	Verranne Check	Kasvunsäädä Growth retardant				Phosfon	PME 5 % LSD 5 %		
		B-nine		Cycocel					
Taimien pituus Length of seedlings									
päivä/yö °C Day/night °C	cm	sl. rel.	cm	sl. rel.	cm	sl. rel.	cm	sl. rel.	
24/18	33.8	100	18.6	55	14.7	43	16.2	48	1.6 cm <sup>1)</sup>
21/18	19.9	100	13.4	67	10.3	52	10.2	51	1.5 » <sup>2)</sup>
18/18	15.1	100	11.9	79	9.9	66	10.1	67	
Taimien koko paino Weight of whole plant									
	g	sl. rel.	g	sl. rel.	g	sl. rel.	g	sl. rel.	
24/18	3.40	100	2.86	84	3.07	90	3.02	89	0.20 g <sup>1)</sup>
21/18	3.25	100	3.59	110	3.09	95	3.39	103	
18/18	3.29	100	3.06	93	2.91	88	2.88	88	
Lehtien tuorepaino/taimi Weight of leaves/seedling									
	g	sl. rel.	g	sl. rel.	g	sl. rel.	g	sl. rel.	
24/18	2.53	100	2.20	87	2.38	94	2.34	92	
21/18	2.56	100	2.94	115	2.50	98	2.83	111	0.21 g <sup>2)</sup>
18/18	2.61	100	2.49	95	2.39	92	2.34	90	
Lehtipinta-ala/taimi Area of leaves/seedling									
	cm <sup>2</sup>	sl. rel.	cm <sup>2</sup>	sl. rel.	cm <sup>2</sup>	sl. rel.	cm <sup>2</sup>	sl. rel.	
24/18	127	100	117	92	115	91	114	90	8 cm <sup>2</sup> <sup>1)</sup>
21/18	103	100	117	114	94	91	106	103	11 » <sup>2)</sup>
18/18	105	100	98	93	94	90	92	88	
Kuiva-aine % Dry matter %									
24/18	8.6		8.4		8.5		8.9		
21/18	6.8		8.0		7.6		7.8		
18/18	7.7		8.5		7.9		8.3		

1) Kahden kasvunsäädäkäsittelyn keskiarvojen välillä samassa lämpötilassa.  
 Between the means of two growth retardant treatments at the same temperature level.

2) Kahden lämpökäsittelyn keskiarvojen välillä samassa tai eri kasvun säädäkäsittelyssä.  
 Between two temperature means in the same or in different growth retardant treatments.

kuitenkaan olleet merkitseviä, ja varsinkin Cycocelia saaneiden kasvien painoon lämpötila vaikutti vähän.

Kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien paino 24 ja 18 asteessa oli merkitsevästi pienempi kuin verrannekasvien ( $F = 8.94$ ), mutta ei 21° C:ssa, missä B-nine ja Phosfon lisäsivät taimen painoa verrannekasveihin verrattuna.

**Lehtien paino.** Verrannekasvien lehtien paino oli suurin 18° C:ssa. Tosin erot eri lämpötilojen välillä olivat vähäisiä. Kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien lehtien paino oli suurin 21° C:ssa, ja ero 24 ja 18 asteeseen nähden oli merkitsevä B-nine- ja Phosfon-käsittelyissä.

Kasvunsääteiden vaikutus lehtien painoon oli samansuuntainen kuin koko kasvin painoon, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $F = 2.67$ ).

**Lehtien koko.** Kaikki kasvunsääteet pienensivät lehtipinta-alaa merkitsevästi 24° C:ssa, lisäksi Cycocel 21° C:ssa sekä Cycocel ja Phosfon 18° C:ssa.

**Kuiva-ainepitoisuus.** Sekä verrannekasvien että kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien kuiva-ainepitoisuus oli suurin 24° C:ssa.

Phosfon lisäsi kuiva-ainepitoisuutta kaikissa lämpötiloissa, B-nine ja Cycocel 21° ja 18° C:ssa.

#### *Kasvunsääteiden vaikutustapa kasvihuonekokeissa*

**Taimien pituuskasvu** (taulukko 2). Lämpötilan vaikutus kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien pituuskasvuun oli vähäisempi kuin verrannetaimien pituuskasvuun. Mitä korkeampi lämpötila oli, sitä pitempiä olivat verrannekasvit. Tästä tekivät poikkeuksen vain 24° C:n yö- ja päivälämpötilassa kasvaneet taimet, jotka olivat lyhyempiä kuin 21° C/24° C yö-/päivälämpötilassa kasvaneet. Kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien pituus ei lisääntynyt yhtä säännönmukaisesti lämpötilan kohotessa, joskin Cycocelilla käsiteltyjen kasvien pituus oli kaikissa kokeissa suurin silloin, kun yölämpötila oli korkein, samoin verrannekasvien pituus.

Kasvunsääteillä käsitellyt kasvit olivat kaikissa lämpötiloissa lyhyempiä kuin verrannekasvit, joskaan 12° C:n yö- ja päivälämpötilassa ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Piirroksessa 1 esitetään kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien suhteellinen pituus keskilämpötilojen mukaan. Keskilämpötilaa laskettaessa on otettu huomioon yö- ja päivälämpötilan kesto-aika. Kuten piirroksesta käy ilmi, verrannekasvien ja kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien pituusero oli suhteellisesti suurempi korkeammassa kuin alhaisemmissa lämpötiloissa. Kaikki kasvunsääteet rajoittivat pituuskasvua lähes saman verran 12° C:ssa, mutta muissa lämpötiloissa B-nine yleensä vähemmän kuin Cycocel ja Phosfon.

**Tuorepaino** ilmenee taulukosta 3 ja piirroksesta 2.

Verrannekasvien ja kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien tuorepaino oli kaikissa kokeissa pienin alhaisimmassa yölämpötilassa. Lämpötilan kohotessa muuttui sekä verrannekasvien että kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien tuorepaino samansuuntaisesti kokeessa 2. Kokeessa 3 verrannekasvien ja B-ninellä käsiteltyjen kasvien paino saavutti suurimman arvonsa 21° C:ssa, mutta Cycocelilla ja Phosfonilla käsiteltyjen kasvien paino lisääntyi koko tutkitulla lämpötila-alueella. Kokeessa 1 verrannekasvien paino oli suurin 21° C:n, mutta kasvunsääteillä käsiteltyjen 24° C:n yölämpötilassa.

Kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien paino oli pienempi kuin verrannekasvien paino

Taulukko 2. Lämpötilan ja kasvunsäädteiden vaikutus taimien pituuskasvuun luontaisissa valo-oloissa.  
 Table 2. Effect of temperature and growth retardant on the height of seedlings in natural light conditions.

Päivälämpötila Day temperature	Kasvunsäädte Growth retardants	Taimien pituus cm Length of seedlings cm					
		12	15	18	21	24	27
Koe 1. Experiment 1.							
Sama päivä- ja yölämpötila Constant day and night temperature	Verranne Check	4.7	6.9	27.8	50.8	53.0	73.0
	B-nine	22.8	3.0	6.6	7.6	6.7	7.5
	Cycocel	2.9	2.5	4.8	7.1	6.3	7.9
	Phosfon	2.9	2.8	5.1	3.8	4.3	5.8
	PME 5 %			2.0 <sup>1)</sup>			
	LSD 5 %			2.2 <sup>2)</sup>			
Koe 2. Experiment 2.							
24° C	Verranne Check	20.9	34.7	49.3	56.8	53.0	58.4
	B-nine	6.5	7.1	7.3	9.4	6.7	9.3
	Cycocel	5.0	5.5	5.7	7.0	6.3	8.2
	Phosfon	4.5	4.1	5.0	5.7	4.3	4.8
	PME 5 %			1.3 <sup>1)</sup>			
	LSD 5 %			1.5 <sup>2)</sup>			
Koe 3. Experiment 3.							
18° C	Verranne Check	8.3	15.6	27.8	29.5	36.6	
	B-nine	3.9	4.7	6.6	7.6	6.6	
	Cycocel	2.8	3.7	4.8	5.0	7.1	
	Phosfon	3.0	3.5	5.1	4.3	4.7	
	PME 5 %			0.7 <sup>1)</sup>			
	LSD 5 %			1.6 <sup>2)</sup>			

1) Kahden kasvunsäädtehoitojen keskiarvojen välillä samassa lämpötilassa.  
 Between means of two growth retardant treatments at the same level of temperature.

2) Kahden lämpötilan keskiarvojen välillä samassa tai eri kasvunsäädtehoitoissa.  
 Between two temperature means in the same or in different growth retardant treatments.

kaikissa lämpötiloissa. Tosin painoero B-ninellä käsiteltyjen ja verrannekasvien välillä ei ollut merkitsevä 12°/12°, 15°/15° ja 12°/18° yö-/päivälämpötiloissa eikä Cycocelilla käsiteltyjen 12/12, 12/18 ja 24/18 yö-/päivälämpötiloissa.

B-ninellä ja Phosfonilla käsiteltyjen taimien paino oli suhteellisesti pienin, 61 ja 60 % verrannekasvien painosta, silloin, kun yö- ja päivälämpötila olivat 21° C, ja Cycocelilla käsiteltyjen silloin, kun päivälämpötila oli 24 ja yölämpötila 18° C (61 % verrannekasvien painosta).

Lehtientuorepaino ilmenee taulukosta 4.

Taulukko 3. Lämpötilan ja kasvunsäätteen vaikutus taimien painoon luontaisissa valo-oloissa.  
 Table 3. Effect of temperature and growth retardants on plant weight in natural light conditions.

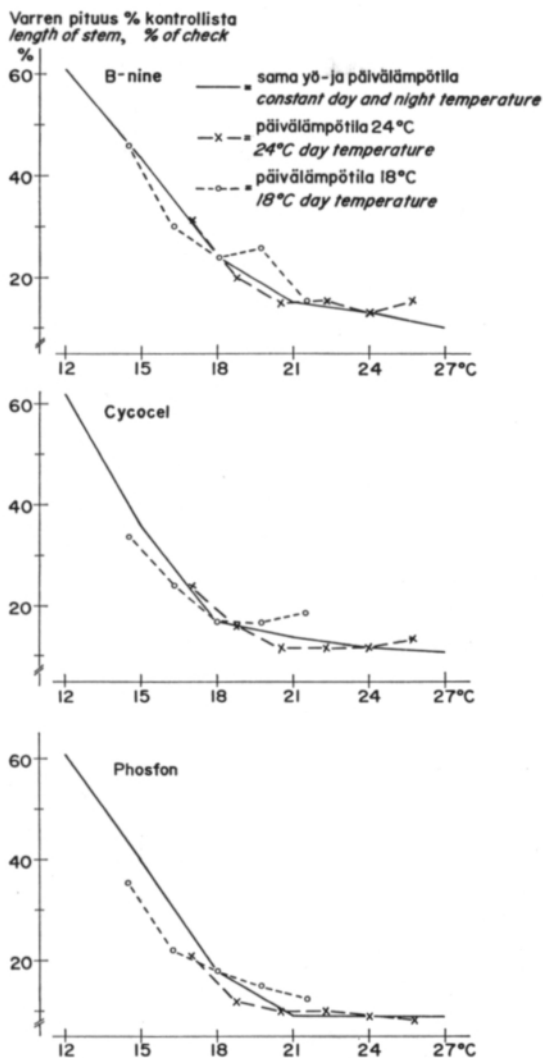
Päivälämpötila Day temperature	Kasvunsäädde Growth retardants	Paino g/taimi Weight g/plant					
		12	Yölämpötila °C Night temperature °C		18		24
Koe 1. Experiment 1.							
Sama päivä- ja yölämpötila Constant day and night temperature	Verranne	1.68	2.09	3.97	4.62	4.16	3.67
	Check						
	B-nine	1.29	1.84	2.67	2.84	2.95	2.53
	Cycocel	1.28	1.56	2.78	3.29	3.38	3.25
	Phosfon	1.19	1.68	2.42	2.78	2.94	2.93
		PME 5 %	0.40 <sup>1)</sup>				
		LSD 5 %	0.42 <sup>2)</sup>				
Koe 2. Experiment 2.							
24° C	Verranne	3.14	3.88	4.26	4.45	4.16	4.44
	Check						
	B-nine	2.23	2.55	2.77	3.57	2.95	3.54
	Cycocel	2.35	2.75	2.97	3.64	3.38	3.59
	Phosfon	2.15	2.38	2.87	3.38	2.94	3.06
		PME 5 %	0.40 <sup>1)</sup>				
		LSD 5 %	0.42 <sup>2)</sup>				
Koe 3. Experiment 3.							
18° C	Verranne	2.06	2.71	3.97	4.12	3.77	
	Check						
	B-nine	1.78	2.15	2.67	2.90	2.57	
	Cycocel	1.70	2.22	2.78	3.05	3.56	
	Phosfon	1.49	2.07	2.42	2.78	2.83	
		PME 5 %	0.37 <sup>1)</sup>				
		LSD 5 %	0.37 <sup>2)</sup>				

1) Kahden kasvunsäädekäsittelyn keskiarvojen välillä samassa lämpötilassa.  
 Between the means of two growth retardant treatments at the same level of temperature.

2) Kahden lämpötilakäsittelyn keskiarvojen välillä samassa tai eri kasvunsäädekäsittelyssä.  
 Between two temperature means in the same or in different growth retardant treatments.

Lehtien tuorepaino oli kaikissa kokeissa pienin silloin, kun yölämpötila oli 12° C. Lämpötilan kohotessa lehtien tuorepaino lisääntyi siten, että kokeessa 1 kaikissa käsittelyissä se oli suurin 24° C:n yölämpötilassa, kokeessa 2 verrannekasvien paino oli suurin 24° C:n, B-ninellä käsiteltyjen 27° C:n ja Cycocelilla ja Phosfonilla käsiteltyjen 21° C:n yölämpötilassa. Kokeessa 3 verrannekasvien ja B-ninellä käsiteltyjen kasvien lehdet painoivat eniten 21° C:n ja Cycocelilla ja Phosfonilla käsitellyt 24° C:n yölämpötilassa.

Kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien lehdet painoivat yleensä vähemmän kuin verran-



Kuva 1. Lämpötilan ja kasvunsäätteiden vaikutus taimien pituuteen.

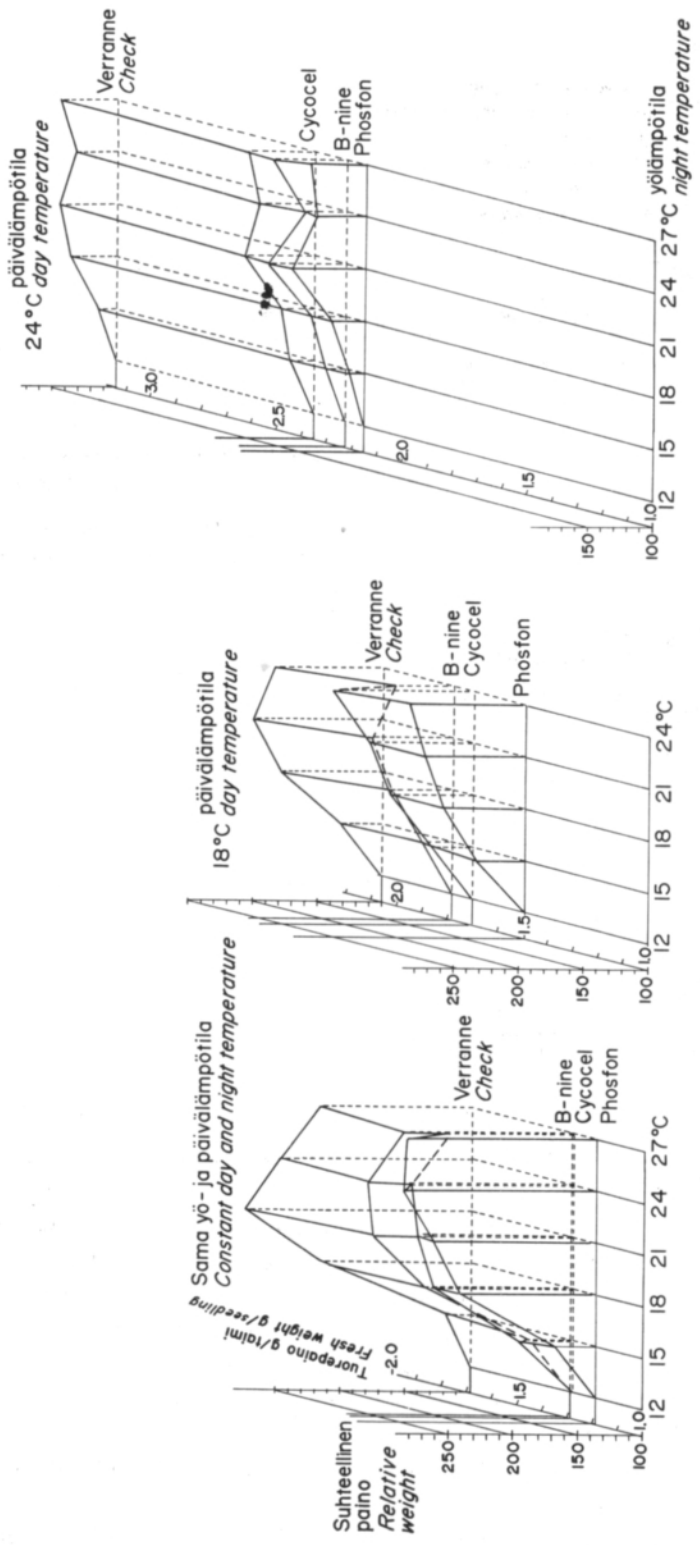
Fig. 1. Effect of temperature and growth retardants on stem elongation of seedlings.

nekasvien. Vain Cycocelilla käsiteltyjen taimien lehtien paino oli yhtä suuri kuin verran-  
nekasvien 15° ja 24° C:n yölämpötilassa silloin, kun päivälämpötila oli 18° C.

Silloin kun päivälämpötila oli 24° C, kasvunsäädekäsittelyt pienensivät lehtien painoa  
merkitsevästi muissa paitsi 21° ja 27° C:n yölämpötilassa. Yö- ja päivälämpötilan ollessa  
sama B-nine ja Cycocel pienensivät lehtien kokoa merkitsevästi 12, 18, 21 ja 24 asteessa  
sekä Phosfon kaikissa muissa yölämpötiloissa paitsi 15° C:ssa. Silloin kun päivälämpötila  
oli 18° C, B-ninellä käsiteltyjen taimien lehdet painoivat merkitsevästi vähemmän 18, 21  
24° C:n yölämpötilassa, Cycocelilla käsiteltyjen 18 ja 21° C:n yölämpötilassa ja Phosfo-  
nilla käsiteltyjen muissa yölämpötiloissa paitsi 15° C:ssa.

Kaikkien kasvunsääteillä käsiteltyjen taimien lehtien paino pieni eniten, n. 30 %, silloin kun yö- ja päivälämpötila oli 12° C.

Taimien kuivapaino ja lehtien koko. Taimen kuivapaino mitattiin



Kuva 2. Lämpötilan ja kasvunsäätteen vaikutus taimien tuorepainoon.  
 Fig. 2. Effect of temperature and growth retardants on fresh weight of seedlings.



Taulukko 4. Lämpötilan ja kasvunsäätteen vaikutus lehtien painoon luontaisissa valo-oloissa.

Table 4. The effect of temperature and growth retardants on weight of leaves in natural daylight.

Päivälämpötila <i>Day temperature</i>	Kasvunsäade <i>Growth retardant</i>	Paino g/taimi <i>Weight g/plant</i>						
		12	15	18	21	24	27	
			Yölämpötila °C <i>Night temperature °C</i>					
			<i>Koe 1. Experiment 1.</i>					
Sama päivä- ja yölämpötila <i>Constant day and night temperature</i>	Verranne <i>Check</i>	1.42	1.44	2.37	2.89	3.06	2.47	
	B-nine	0.90	1.08	1.97	2.11	2.25	2.18	
	Cycocel	0.95	1.22	2.06	2.44	2.53	2.38	
	Phosfon	0.88	1.30	1.85	2.23	2.35	2.08	
		PME 5 %			0.33 <sup>1)</sup>			
		LSD 5 %			0.36 <sup>2)</sup>			
			<i>Koe 2. Experiment 2.</i>					
24° C	Verranne <i>Check</i>	2.04	2.33	2.56	2.69	3.06	2.91	
	B-nine	1.58	1.84	2.05	2.61	2.25	2.84	
	Cycocel	1.71	1.98	2.16	2.65	2.53	2.58	
	Phosfon	1.61	1.83	2.20	2.59	2.35	2.38	
		PME 5 %			0.32 <sup>1)</sup>			
		LSD 5 %			0.33 <sup>2)</sup>			
			<i>Koe 3. Experiment 3.</i>					
18° C	Verranne <i>Check</i>	1.38	1.71	2.37	2.72	2.50		
	B-nine	1.32	1.58	1.97	2.12	1.94		
	Cycocel	1.32	1.71	2.06	2.19	2.59		
	Phosfon	1.14	1.54	1.85	1.99	2.19		
		PME 5 %			0.29 <sup>1)</sup>			
		LSD 5 %			0.28 <sup>2)</sup>			

1) Katso taulukko 3. 2) See table 3.

yhdestä kokonaisnäytteestä ja lehtien koko 3 satunnaisesti valitusta taimesta. Kuivapaino ilmenee taulukossa 5 ja lehtien koko taulukosta 6. Käsittelyt vaikuttivat kuivapainoon ja lehtien kokoon samansuuntaisesti kuin lehtien tuorepainoon. Huomattavimman poikkeuksen teki B-nineä saaneiden kasvien kuivapaino, joka saavutti suurimman arvonsa kaikissa kokeissa silloin, kun yölämpötila oli 18° C, se oli kokeessa 2 lähes yhtä suuri jo 15° C:n yölämpötilassa. Cycocel rajoitti kuivapainona mitattua kasvua yleensä vähemmän kuin B-nine ja Phosfon, etenkin korkeissa lämpötiloissa.

Taulukko 5. Lämpötilan ja kasvunsäätteen vaikutus taimien kuivapainoon luontaisissa valo-oloissa.

Table 5. The effect of temperature and growth retardants on dry weight of seedlings in natural light condition.

Päivälämpötila <i>Day temperature</i>	Kasvunsäädä <i>Growth retardant</i>	12	Paino g/taimi <i>Weight g/plant</i>				27
			Yölämpötila °C <i>Night temperature °C</i>	15	18	21	
Koe 1. <i>Experiment 1.</i>							
Sama päivä- ja yölämpötila <i>Constant day and night temperature</i>	Verranne	0.19	0.21	0.32	0.42	0.41	0.37
	Check						
	B-nine	0.21	0.22	0.31	0.31	0.31	0.25
	Cycocel	0.21	0.21	0.30	0.35	0.36	0.38
	Phosfon	0.20	0.22	0.27	0.31	0.34	0.34
Koe 2. <i>Experiment 2.</i>							
24° C	Verranne	0.33	0.38	0.42	0.43	0.41	0.44
	Check						
	B-nine	0.29	0.36	0.37	0.37	0.31	0.36
	Cycocel	0.30	0.33	0.36	0.41	0.36	0.38
	Phosfon	0.28	0.32	0.38	0.39	0.34	0.37
Koe 3. <i>Experiment 3.</i>							
18° C	Verranne	0.22	0.25	0.32	0.33	0.33	
	Check						
	B-nine	0.21	0.24	0.30	0.27	0.25	
	Cycocel	0.23	0.26	0.30	0.33	0.39	
	Phosfon	0.20	0.23	0.27	0.30	0.32	

#### Tulosten tarkastelu

Edellä selostetut kokeet olivat luonteeltaan tarkentavia täydennyskokeita. Niissä haluttiin mm. varmistua siitä, mikä osuus koeoloilla oli ollut aikaisemmissa tutkimuksissa todettuun kasvunsäätteen ja lämpötilan väliseen vuorovaikutukseen (KAUKOVIRTA 1969 a ja b). Tästä syystä tarkasteltavina olevissa kokeissa lämpötilakombinaatiot olivat osittain erilaiset, kokeet suoritettiin erityyppisessä kasvatuskäytössä sekä lisäksi luontaisissa valo-oloissa, fyto-tronityyppisissä kasvihuoneissa, joissa kokeisiin oli mahdollista sisällyttää useampia eri lämpötiloja kuin kasvatuskäytössä.

Kasvunsäädekäsittelyjen ja lämpötilan välinen vuorovaikutus oli merkitsevä kaikissa kokeissa. Tulostaulukoista käy ilmi, että lämpötilan vaikutus verrannekasveihin oli osittain erilainen kuin kasvunsäätteillä käsiteltyihin kasveihin. Näin ollen tilastollisen analyysin osoittama vuorovaikutus voi mahdollisesti aiheutua 0-käsittelyn ja kasvunsäätteitä saaneiden kasvien erilaisesta suhtautumisesta lämpötilaan. Tämän toteamiseksi varianssi-analyysi suoritettiin taulukoissa 2—4 esitettyjen tulosten osalta myös niin, että verrannekäsittelyt jätettiin pois. Verrannekäsittelyjen eliminoiminen ei muuttanut analyysin tulosta, vaan vuorovaikutuksen merkitsevyys pysyi samana kuin täysjäsenisessä analyysissä.

Taulukko 6. Lämpötilan ja kasvunsäätteen vaikutus lehtien kokoon luontaisessa valossa.

Table 6. The effect of temperature and growth retardants on leaf area in natural light condition.

Päivälämpötila <i>Day temperature</i>	Kasvunsäade <i>Growth retardant</i>	12	Pinta-ala cm <sup>2</sup> /taimi <i>Leaf area cm<sup>2</sup>/plant</i>				27
			Yölämpötila °C <i>Night temperature °C</i>	15	18	21	
Koe 1. <i>Experiment 1.</i>							
Sama päivä- ja yö- lämpötila <sup>2</sup> <i>Constant day and night temperature</i>	Verranne	65	80	171	204	221	178
	Check						
	B-nine	60	84	143	152	163	157
	Cycocel	46	54	154	188	205	160
	Phosfon	45	63	123	162	167	159
Koe 2. <i>Experiment 2.</i>							
24° C	Verranne	127	153	191	197	221	210
	Check						
	B-nine	92	120	151	181	163	186
	Cycocel	97	108	178	214	205	212
	Phosfon	92	103	148	180	167	174
Koe 3. <i>Experiment 3.</i>							
18° C	Verranne	70	120	171	217	203	
	Check						
	B-nine	80	90	143	178	161	
	Cycocel	68	89	154	165	218	
	Phosfon	62	86	123	130	136	

Suoritetuissa kokeissa verrannekasvien ja kasvunsäateillä käsiteltyjen kasvien pituusero oli yleensä suurempi korkeammissa kuin alhaisemmissa lämpötiloissa. Sama suuntaus kasvunsäätteen vaikutuksessa voitiin todeta aikaisemmissa tutkimuksissa (KAUKOVIRTA 1969 a, 1969 b). Kuten piirroksessa 1 havaitaan, tämä pituusero suhtautui vuorokautiseen keskilämpötilaan lähes samalla lailla, riippumatta siitä, mikä oli yö- ja päivälämpötilan välinen suhde eri kokeissa.

Lämpötilasta johtunut muutos verrannekasvien ja kasvunsäateillä käsiteltyjen kasvien pituuserossa ei ollut yhtä suuri koko tutkitulla lämpötila-alueella. Lämpötila-alueella 12—18° C pituusero kasvoi suhteellisesti enemmän lämpötilan kohotessa kuin lämpötila-alueella 18—27° C (piirros 1).

Kasvia hillitsevien aineiden vaikutustavan huomioon ottaen edellä esitetty tulos tuntuu luonnolliselta. Nykyisen käsityksen mukaan kasvunsäätteet vaikuttavat kasvuun ehkäisemällä hormonien biosynteesiä (BRUINSMA 1966). Kasvien oma hormonitoiminta on taas vähäisempää alhaisemmissa kuin korkeammissa lämpötiloissa (OSBORNE 1965). Tämä ilmenee myös siitä, että useiden kasvien kasvu on saatu elpymään alhaisissa lämpötiloissa gibberelliiniruiskutusten avulla (mm. MORGAN & MEES 1958, LEBEN & BARTON 1957, WITTNER & BUKOVAC 1957). Näin ollen kasvia hillitsevät aineet vaikuttavat tehokkaasti vasta läm-

pötila-alueella, missä taimien oma hormonitoiminta oli vilkasta. Tällä alueella säädekäsittelyjen teho muuttui selvästi vähemmän lämpötilan muuttuessa kuin sitä alhaisemmissa lämpötiloissa.

Eräissä aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu lämpötilan vaikutuksen olleen vähäinen Cycocelin (WITTEW & TOLBERT 1960, TOLBERT 1960) ja Fosfonin (CATHEY 1960) tehoon. Nyt selostettavien kokeiden valossa vaikuttaa ilmeiseltä, että mainituissa tutkimuksissa on ollut kyseessä lämpötila-alue — kasvikohtaiset eroavuudet huomioon ottaen — jossa kasvunsäätteiden tehokkaan vaikutuksen mahdollisuudet ovat olleet olemassa.

Selostettavien tutkimusten antamaan tulokseen verrattuna selvästi vastakkainen riippuvuus kasvunsäätteiden tehon ja lämpötilan välillä käy ilmi CATHEYN ja PIRINGERIN (1960) tutkimuksista, joissa Fosfon rajoitti sekä absoluuttisesti että suhteellisesti enemmän petunian pituuskasvua 10° C:n (50° F) kuin 27° C:n (80° F) yölämpötilassa, kun päivälämpötila oli vähintään 21° C (70° F). On ilmeistä, että kasvuolot vaikuttavat eri tavoin eri kasvien sisäiseen hormonitoimintaan ja siten myös siihen tulokseen, mikä kasvunsäädäkäsittelyistä saadaan. Mielenkiintoista on panna merkille, että petunian kasvutavan on todettu olevan erilainen 10° C:ssa kuin 27° C:ssa (PIRINGER & CATHEY 1960).

Myös MAIRE ja SACHS (1967) havaitsivat oppineidenkukan reaktioherkkyyden B-ninekäsittelyyn olevan pienempi korkeammassa kuin alhaisemmassa lämpötilassa. He eivät kuitenkaan esitä tarkempia tietoja lämpötiloista. Mahdollisesti heidän tekemänsä havainto viittaa samankaltaiseen pituuskasvua rajoittavan tehon heikkenemiseen, mikä selostettavissa kokeissa tuli ilmi Cycocel- ja B-ninekäsittelyissä, joissa yölämpötila oli korkeampi kuin päivälämpötila (piirros 1).

Verrannekasvien ja käsiteltyjen kasvien painoeron ja lämpötilan välillä ei ollut samanlaista riippuvuutta kuin pituuskasvua hillitsevän vaikutuksen ja keskilämpötilan välillä. Sama koski myös lehtien kokoa ja painoa sekä myös kuivapainoa. Säätteiden vaikutus mainittuihin ominaisuuksiin vaihteli huomattavasti eri lämpökäsittelyissä. Cycocelilla käsiteltyjen kasvien paino muuttui lämpötilan vaikutuksesta verrannekasvien kanssa yhdenmukaisemmin kuin B-ninella ja Fosfonilla käsiteltyjen.

Kasvatuskaapeissa suoritetuissa kokeissa taimien paino sekä lehtien koko ja paino muuttuivat verrannekasveihin verrattuna vähemmän kuin kasvihuonekokeissa. Kirjallisuuden mukaan Cycocelin pienten käsittelymäärien on todettu lisäävän painoa ja lehtien kokoa, suurten pienentävän (mm. TOLBERT 1960, EMDEN & COCKSHULL 1967). Suoritetuissa kokeissa Cycocelin ja Fosfonin käyttömäärä oli kasvatuskaappikokeissa suurempi kuin kasvihuonekokeissa, joten käyttömäärien perusteella ei voida selittää kyseisten käsittelyjen tehoeroa. Sen sijaan B-ninen vähäinen taimien painoa ja lehtien kokoa pienentävä vaikutus kasvatuskaapeissa suoritetuissa kokeissa saattoi aiheutua pienemmästä käsittelymäärästä. Tosin se ei selittäne vaikutusaste-eroa kokonaan, sillä B-ninellä käsiteltyjen kasvien painon ja käsittelymäärien välillä ei aina ole todettu samanlaista korrelaatiota kuin Cycocelia ja Fosfonia käytettäessä (JAFTE & ISENBERG 1965). Onkin syytä olettaa, että säätteiden erilaiseen tehoon kasvatuskaapeissa ja kasvihuoneissa vaikutti valo-olojen erilaisuus. Tätä tukevat myös aikaisemmin tehdyt havainnot (CATHEY 1964, KAUKOVIRTA 1968).

Toisin kuin pituuskasvu ja selvemmin kuin koko kasvin paino pieneni lehtien paino suhteellisesti eniten silloin, kun yö- ja päivälämpötilat olivat 12° C. Samaten myös esim. 24° C:n päivä- ja 21° C:n yölämpötilassa, missä verrannekasvien kasvunsäätteillä käsitel-

tyjen kasvien pituusero oli suurin tai lähes suurin, oli kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien lehtien paino ja koko lähes yhtä suuri kuin verrannekasvien lehtien.

Onkin pidettävä ilmeisenä että lehtien koko ja paino ja niin ollen myös taimen paino riippui ensisijaisesti muista tekijöistä ja kasvunsääteiden vaikutus oli toissijaista. Tähän viittaavat myös aikaisemmissa tutkimuksissa saadut tulokset (KAUKOVIRTA 1969 b).

Suoritettujen kokeiden perusteella voidaan katsoa, että kasvunsääteitä kannattaa käyttää pituuskasvun hillitsemiseksi taimikasvatuksessa silloin, kun kasvatuslämpötila on suhteellisen korkea. Tällöin sääteiden pituuskasvua rajoittava teho on suuri, mutta niiden vaikutus lehtien kokoon vähäinen.

### Tiivistelmä

B-ninen, Cycocelin ja Fosfonin sekä lämpötilan vaikutusta pavun *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* 'Juli', taimien kasvuun tutkittiin kasvatuskaapeissa sekä kasvihuoneissa, joissa lämpötila voitiin säätää  $1/2^{\circ}\text{C}$ :n tarkkuudella. Kasvatuskaapeissa suoritetuissa kokeissa yölämpötila oli  $18^{\circ}\text{C}$  ja päivälämpötila  $24^{\circ}$ ,  $21^{\circ}$  ja  $18^{\circ}\text{C}$ . Kasvihuoneissa yölämpötila oli  $12^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $18^{\circ}$ ,  $21^{\circ}$ ,  $24^{\circ}$  ja  $27^{\circ}\text{C}$  ja päivälämpötila kokeesta riippuen sama kuin yölämpötila,  $24^{\circ}\text{C}$  tai  $18^{\circ}\text{C}$ .

B-nine, Cycocel ja Fosfon rajoittivat pituuskasvua kaikissa lämpötiloissa, mutta määrällisesti pituuskasvua hillitsevä vaikutus riippui lämpötilasta (taulukko 1 ja 2). Yö- ja päivälämpötilan ollessa  $12^{\circ}\text{C}$  verranne- ja kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien välinen pituusero ei ollut merkitsevä.

Verrannekasvien ja B-ninella sekä Fosfonilla käsiteltyjen kasvien välinen pituusero lämpötila-alueella  $12\text{--}21^{\circ}\text{C}$  ja verrannekasvien ja Cycocelilla käsiteltyjen kasvien pituusero lämpötila-alueella  $12\text{--}18^{\circ}\text{C}$  kasvoi selvästi lämpötilan kohotessa, mutta mainittuja lämpötila-alueita korkeammissa lämpötiloissa pituusero muuttui vähän (piirros 1).

Fosfonin pituuskasvua rajoittavan vaikutuksen suuruus riippuu keskilämpötilasta samansuuntaisesti huolimatta siitä, mikä oli yö- ja päivälämpötilan suhde. Sama voitiin todeta B-ninen ja Cycocelin vaikutuksen määristä silloin, kun yölämpötila oli sama tai alhaisempi kuin päivälämpötila. Jos taas yölämpötila oli korkeampi kuin päivälämpötila, Cycocelin ja yleensä myös B-ninen vaikutuksen määrä heikkeni keskilämpötilan kohotessa (piirros 1).

Kasvunsääteiden pituuskasvua rajoittava vaikutus jäi kasvatuskaapeissa vähäisemmäksi kuin luontaisissa valo-oloissa, mihin todennäköisesti oli syynä valo-olojen erilaisuus.

Kasvunsääteiden vaikutus taimien tuore- ja kuivapainoon, lehtien kokoon ja painoon oli vähäisempi kuin vaikutus pituuskasvuun, eikä sen ja keskilämpötilan välillä ollut samantyyppistä korrelaatiota kuin keskilämpötilan ja pituuskasvua rajoittavan vaikutuksen määrän välillä. Sääteiden vaikutus pituuskasvuun ja niiden vaikutus taimien painoon ja lehtien kokoon eivät myöskään olleet selvästi toisistaan riippuvia, joskin Cycocelilla käsiteltyjen taimien tuorepaino oli suhteellisesti pienin samassa lämpötilassa kuin pituus ja B-ninella ja Fosfonilla käsiteltyjen taimien suhteellinen tuorepaino siinä lämpötilassa, jota korkeammissa lämpötiloissa suhteellinen pituus ei enää merkitsevästi pienentynyt.

- BRUINSMA, J. 1966. Plant growth regulators: toys and tools. Meded. v. d. Rijksfacult. Landbouwetensch. Gent. 31, 3: 343—369.
- CATHEY, H. M. 1960. Growth retardants Phosfon and CCC for controlling mum height. Flor. Rev. 126: 17—18, 43—44, 52.
- »— 1964. Physiology of growth retarding chemicals. Ann. Rev. Pl. Physiol. 15: 271—302.
- »— 1960. & PIRINGER, A. A. 1960. Relation of Phosfon to photoperiod, kind of supplemental light and night temperature on growth and flowering of garden annuals. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77: 608—619.
- »— HALPERIN, J. & PIRINGER, A. A. 1965. Relation of N-dimethylaminosuccinamic acid to photoperiod, kind of supplementary light and night temperature, in its effect on the growth and flowering of garden annuals. Hort. Res. 5: 1—12.
- COCHRAN, W. G. & COX, G. M. 1962. Experimental designs, p. 595. New York.
- VAN EMDEN, H. F. & COCKSHULL, K. E. 1967. The effects of soil applications of (2-chloroethyl)-trimethylammonium chloride on leaf area and dry matter production by the Brussels sprout plant. J. Exp. Bot. 18: 707—715.
- JAFFE, M. J. & ISENBERG, F. M. 1965. Some effects of N-dimethylaminosuccinamic acid (B-nine) on the development of various plants, with special reference to the cucumber, *Cucumis sativus* L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 420—428.
- KAUKOVIRTA, E. 1968. Pitkääaltoisen UV-valon sekä kasvunsäätteen vaikutus krysanteemin kasvuun. J. Sci. Agric. Soc. Finland 40: 67—78.
- »— 1969a. Kasvua hillitsevien aineiden vaikutus pavun taimien kasvuun. I. Vaikutuksen riippuvuus käsittelytavasta ja yölämpötilasta. Ibid. 41: 12—24.
- »— 1969b. Kasvua hillitsevien aineiden vaikutus pavun taimien kasvuun. II. Vaikutuksen riippuvuus yölämpötilasta ja kasvualustasta. Ibid. 41: 24—36.
- LEBEN, C. & BARTON, L. V. 1957. Effects of gibberellic acid on growth of Kentucky bluegrass. Science 125: 494—495.
- MAIRE, R. G. & SACHS, R. M. 1967. Chemical growth retardants for bedding plants. Calif. Agric. 21 (8): 14.
- MORGAN, D. G. & MEES, G. C. 1958. Gibberellic acid and the growth of crop plants. J. Agric. Sci. 50: 49—59.
- OSBORNE, D. J. 1965. Interactions of hormonal substances in the growth and development of plants. J. Sci. Food Agric. 16: 1—13.
- PIRINGER, A. A. & CATHEY, H. M. 1960. Effect of photoperiod, kind of supplemental light and temperature on the growth and flowering of petunia plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76: 649—660.
- TIESSENS, H. 1962. The influence of various temperatures and (2-chloroethyl)-trimethylammonium chloride and (allyl) trimethylammonium bromide on peppers and tomatoes. Canad. J. Plant. Sic. 42: 142—149.
- TOLBERT, N. E. 1960. (2-chloroethyl)-trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. Plant Physiol. 35: 380—385.
- WENT, F. N. 1957. The experimental control of plant growth. 343 p. New York.
- WITTWER, S. H. & BUKOVAC, M. J. 1957. Gibberellin and higher plants. V. Promotion of growth in grass at low temperatures. Mich. Agric. Exp. Sta. Quart. Bull. 39: 682—686.
- WITTWER, S. H. & TOLBERT, N. E. 1960. (2-chloroethyl)-trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. III. Effect on growth and flowering of the tomato. Amer. J. Bot. 47: 560—565.

## SUMMARY

## EFFECT OF GROWTH RETARDANTS ON THE GROWTH OF BEAN SEEDLINGS

## III. Relation to temperature

ERKKI KAUKOVIRTA

*Institute of Horticulture, University of Helsinki*

The relation of growth retardants B-nine, Cycocel and Phosfon in different temperatures to the growth of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* 'July') was studied in artificial and natural light. The experiments in artificial light were carried out in growth chambers (Sherer Cell 27-7HL) equipped with WHO 110 watt fluorescent tubes providing a light intensity of 14000 lux at plant level. The duration of the light period was 14 hours at temperatures of 24°, 21° or 18° C. The night temperature was 18° C in all treatments. The experiments in natural daylight were carried out in temperature controlled ( $\pm 0.5^\circ$  C) greenhouses at the Agricultural College of Norway. The temperature treatments were as follows 1) constant day and night temperatures of 12°, 15°, 18°, 21°, 24° and 27°, 2) day temperature of 24° C with 12°, 15°, 18°, 21°, 24° and 27° C night temperatures and, 3) day temperature of 18° C with 12°, 15°, 18°, 21° and 24° C night temperatures. The duration of the night temperature was 14 hours and the daily duration of daylight was 14—13 hours.

The seedlings were grown in sand in 4 inch plastic pots and at 21° C initial day and night temperature. When the primary leaves were fully open, the plants were treated with growth retardants and subjected to experimental temperatures. The amount of Cycocel and B-nine was 100/mg and that of Phosfon 15 mg per pot of three seedlings in the experiments in artificial light. In the trials in natural daylight, the following amounts of growth retardants were used: B-nine 375 mg, Cycocel 75 mg and Phosfon 6.2 mg of active compound per pot of three seedlings. The pots were irrigated by modified (WENT 1957) Hoagland solution (0.02 %) daily. The data were recorded 13 days after the treatments and the results are given in Tables 1—6 and in Figs. 1—2.

All compounds retarded the stem growth at all temperatures, but the retardation was not significant at the constant day and night temperature of 12° C. The intensity of retardation was dependent on the temperature. At constant day and night temperatures the differences in stem length between untreated plants and plants treated with B-nine and Phosfon increased rapidly with the rise of the temperature in temperature ranges of 12° C to 21° C. This was the case also with the plants treated with Cycocel in temperature ranges of 12° C to 18° C. Temperatures higher than those did not cause significant changes in the differences in stem length between untreated and treated plants.

The intensity of stem retardation caused by Phosfon showed similar correlation to average day temperature regardless of the day and night temperatures. This was so also with Cycocel and B-nine providing the night temperature was not higher than the day temperature. When the night temperature was higher than the day temperature, the intensity of stem retardation caused by B-nine and Cycocel showed a tendency to decrease with the rise in the average daily temperature.

The fresh and dry weights and the area of leaves were decreased by growth retardants though not at all temperatures. Differences in weight and area of leaves between untreated and treated plants did not show similar correlation to average day temperatures as did the retardation of stem elongation. The fresh weight of leaves was retarded most (30 %) by all retardants at day and night temperatures of 12° C, while that of whole plants was retarded by B-nine (39 %) and Phosfon (40 %) at day and night temperatures of 21° C and by Cycocel (39 %) at 24° day and 18° C night temperature.

The effect of growth retardants on the growth of bean seedlings was in general less pronounced in artificial light than in natural daylight, probably because of the differences in light conditions.