

# KASVUA HILLITSEVIEN AINEIDEN VAIKUTUS PAVUN TAIMIEN KASVUUN

## I. Vaikutuksen riippuvuus käsittelytavasta ja yölämpötilasta

ERKKI KAUKOVIRTA

*Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitos, Viikki*

Saapunut 16. 11. 1968

Sen jälkeen kun MITCHELL et al. (1949) totesivat eräiden nikotiiniyhdisteiden hillitsevän kasvien pituuskasvua, on useiden synteettisten valmisteiden osoitettu rajoittavan kasvien pituuskasvua, mutta vain kolme niistä on jäänyt vakiintuneeseen käyttöön puutarhanviljelyssä. Kyseiset kolme valmistetta ovat PRESTONIN ja LINKIN v. 1958 esittelemä Phosfon (2.4-diklorobentsyltributyl-fosfonium-kloridi), TOLBERTIN v. 1960 esittelemä CCC 1. Cycocel (2-kloroetyl-trimetylammonium-kloridi) ja DAHLGRENIN ja SIMMERMANIN (1963) tutkimuksista tunnetuksi tullut N,N-(dimetylamino)-meripihkahapon monoamidi (B 995, B-nine, Alar). Valmisteiden käyttö puutarhanviljelyssä perustuu siihen, että ne saavat aikaan niille alttiissa kasveissa varren pituuskasvun vähenemistä, mutta eivät vaikuta muulla tavoin formatiivisesti (CATHEY 1964).

Mainitut kasvunsäätteet ovat valikoivia ja soveltuvat käytettäväksi vain tiettyjen kasvien kasvun hillintään (CATHEY 1964). Lisäksi niiden käytöstä saadun tuloksen on todettu riippuvan käsittelytavasta. Phosfon voidaan sekoittaa kasvualustaan tai kasteluveteen. Ruiskutteenä tai pistokkasiini imeytettynä se aiheuttaa klorofyllin tuhoutumista (CATHEY 1960). Cycocelia käytetään alustan kastelemiseen ja ruiskutteenä (CATHEY l.c.). Useissa tutkimuksissa on kasvualustan Cycocel-käsittelyn todettu tehoavan paremmin kuin ruiskutuksen (LINDSTRÖM & TOLBERT 1960, KIPLINGER & MILLER 1965 ja 1966, HERMANN 1967). Lisäksi WILL (1966) on todennut kasteluna voitavan antaa suurempia Cycocel-määriä kuin ruiskutteenä kasveja vahingoittamatta. B-ninen sen sijaan on kasteluna annettaessa todettu vioittavan kasveja, joten sitä käytetään miltei yksinomaan ruiskutteenä (CATHEY l.c.).

Lisäksi käsittelyn ajankohdan on voitu osoittaa vaikuttavan tulokseen (KAUKOVIRTA 1963). Phosfon krysanteemilla (CATHEY & MARTH 1960) ja Cycocel joulutähdellä (LINDSTRÖM & TOLBERT 1960, CATHEY & MART 1960, KIPLINGER 1963) antoivat parhaan tulok-

sen silloin, kun käsittely suoritettiin vasta sitten, kun taimet olivat juurtuneet ja niiden kasvu alkanut.

Kasvunsäätteen vaikutus kasvien painoon on eri tutkimuksissa ollut toisistaan poikkeava. CATHEY (1960) totesi Phosfonin alentavan krysanteemin sekä CATHEY ja PIRINGER (1961) petunian varren painoa, mutta ei lehtien painoa, kun sen sijaan POOLE ja YING (1966) eivät havainneet Phosfonin vaikuttavan krysanteemin painoon. *Daruta feroxin* (SCIUCHETTI & MINGIS 1965) ja pavun (LAMBETH & DAS 1965) kuivapainoa Phosfon vähensi merkitsevästi. Cycocelin vaikutus on eräissä tapauksissa ollut käsittelymääristä riippuvainen siten, että pienet ainemäärät ovat edistäneet painona mitattua kasvua (TOLBERT 1960, WITTWER & TOLBERT 1960), mutta suuremmat määrät ovat vähentäneet sitä. (WITTWER & TOLBERT l.c.). LAMBETH ja DAS (1965) totesivat Cycocelin vaikutuksen olevan erilainen eri kasveilla. Pavun kuivapaino aleni sen vaikutuksesta merkitsevästi, mutta ei maissin. Krysanteemin tuore- ja kuivapainoon LINDSTRÖMIN ja TOLBERTIN (1960) mukaan Cycocel vaikuttaa vain vähän. Sen sijaan POOLE ja YING (1960) totesivat sen alentavan krysanteemin tuore- ja kuivapainoa.

B-ninen vaikutus kuiva-aineen määrään on yleensä ollut vähäinen (BUKOVAC et al. 1964, LAMBETH & DAS 1965).

On ilmeistä, että kasvunsäädekäsittelyistä saatujen tulosten erilaisuus eri tapauksissa on voinut ainakin osaltaan aiheutua käsittelytapojen ja olosuhteiden erilaisuudesta. Tiedetään esim., että kasvunsäätteen vaikutus eri vuodenaikoina voi olla erilainen (CATHEY & STUART 1961, KAUKOVIRTA 1963). Yhtenäisen kuvan saamiseksi siitä, miten olosuhteiden muuttuminen vaikuttaa kasvunsäädekäsittelyjen antamaan tulokseen, aloitettiin Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitoksella v. 1965 tutkia tätä kysymystä kontrolloiduissa olosuhteissa kasvatuskasveissa. Lämpötila, valo ja kasvualustan laatu olivat ne muuttuvat tekijät, joiden vaikutusta haluttiin selvittää. Koekasviksi valittiin papu, jossa kasvunsäätteen vaikutuksen tiedetään ilmenevän herkästi (CATHEY 1964). Seuraavassa selostetaan tämän tutkimuksen tuloksia käsittelytavan ja yölämpötilan vaikutuksen osalta.

#### *Kokeiden suoritus*

Yliopiston puutarhatieteen laitoksella tehtiin v. 1966—1967 viisi koetta kasvatuskasveissa, joissa valonlähteenä oli 22 kpl 80 W:n 'Kuulas valkea'-loisteputkia. Valoisuus kasveissa oli 5000 luksia, suhteellinen kosteus valojakson aikana 65—70 % ja pimeäjakson aikana 85—90 %. Valotuksen pituus oli 14 tuntia. Koekasvina oli *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* 'Juli'.

Sienet peitattiin Orthocide-valmisteella (0.75 g/½ kg siemeniä) ja esi-idätettiin sen jälkeen 2 vrk imupapereiden välissä 25° C:ssa. Kuusi itänyttä siementä istutettiin hiekkään 4':n muoviruukkuihin, jotka siirrettiin kasvatuskasveihin. Ruukut kasteltiin kerran päivässä 0.02 %:sella Hoaglandin liuoksella (WENT, 1957) ja lisäksi tarvittaessa deionisoidulla vedellä. Taimet harvennettiin niin, että jokaiseen ruukkuun jäi 2 yhtä voimakasta tainta, ja kutakin kasvunsäädekäsittelyä kohti tuli 10 ruukkuu. Lämpötilat olivat seuraavat: I 10° C yöllä, II 13° C yöllä, III 18° C yöllä ja 18—20° C päivällä.

Kasvunsäätteitä oli kokeessa mukana kolme. Ne samoin kuin käsittelytavat ilmenevät asetelmasta:

	Vaikuttavan aineen määrä	
1. Käsittelemätön		
2. Cycocel kasvualustaan sekoitettuna	0.1	g/200 ml vettä/ruukku
3. » kastelu varhaislehtiasteella		»
4. » ruiskutus	0.1	g/ 50 ml vettä/ruukku
5. » + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus varhaislehtiasteella		»
6. Phosfon kasvualustaan sekoitettuna	0.015	g/200 ml vettä/ruukku
7. » kastelu varhaislehtiasteella		»
8. B-nine » »	0.1	g/200 ml vettä/ruukku
9. » ruiskutus »	0.1	g/ 50 ml vettä/ruukku
10. » » + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus varhaislehtiasteella		»

Käsittelyssä 5 ja 10 ruiskutteeseen lisättiin 0.1 %:n DMSO:a (dimetyylisulfoksidi) vaikuttavan aineen imeytymisen edistämiseksi. Kastelu- ja ruiskutus-käsittelyt suoritettiin, kun varhaislehdet olivat täysin avautuneet (18° C:ssa kasvaneilla kasveilla 7 vrk, 13° C:ssa 8 vrk ja 10°:ssa 12 vrk kylvön jälkeen).

Kokeissa mitattiin käsittelyjen vaikutus pituuskasvuun, tuore- ja kuivapainoon sekä lehdistön pinta-alaan. Kolmessa kokeessa mittaukset suoritettiin 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen. Kahdessa kokeessa mittaukset suoritettiin kehitysasteen mukaan silloin, kun verrannekasvit olivat 4-lehtiasteella. Tämä kehitysaste oli sama kuin kolmessa ensin mainitussa kokeessa 18° C:n verrannekasvien kehitysaste.

Lehdistön pinta-ala mitattiin LAURILAN suunnittelemana ja VTT:n hienomekaanisessa työpajassa rakennetulla lehtiplanimetrillä. Kuivapaino punnittiin 105° C:ssa kuivatuista näytteistä.

Kokeet suoritettiin osaruutujen menetelmää käyttäen, ja tulosten tilastollisessa tarkastelussa seurattiin COCHRANIN ja COXIN (1962) esittämiä periaatteita.

### Tulokset

Käsittelyn vaikutus pituuskasvuun. Taimien pituus varhaislehtiasteella ilmenee taulukosta 1, 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen taulukosta 2 ja neljälehtiasteella taulukosta 3. Tulokset ilmoitetaan kerrannekokeiden keskiarvoina.

Yölämpötila vaikutti selvästi taimien kasvunopeuteen (kuva 1). Taimien pituus 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen oli merkittävästi pienempi 10° C:ssa kuin 13 ja 18° C:ssa ja samoin 13° C:ssa pienempi kuin 18° C:ssa (taulukko 2). Neljälehtiasteella taimien pituserot eri lämpötilojen välillä olivat pienempiä kuin 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen (taulukko 3), mutta edelleenkin tilastollisesti merkitseviä.

Kasvunsaateiden vaikutus taimien pituuskasvuun oli suurempi 18° C:ssa ja 13°:ssa kuin 10° C:ssa. Kasvunsaatekäsittelyjen ja lämpötilan välillä ei ollut merkitsevää vuorovaikutusta 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen ( $F = 0.36$ ), mutta sen sijaan 4-lehtiasteella vuorovaikutus oli erittäin merkitsevä ( $F = 14.46$ ).

Cycocel vähensi päivittäistä pituuskasvua keskimäärin 14.6 mm 18° C:ssa, 5.5 mm 13° C:ssa ja 1.4 mm 10° C:ssa 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen suoritettujen mittausten mukaan ja 4-lehtiasteella vastaavasti 9.9 mm, 4.4 mm ja 3.4 mm (kuva 1). Kasvualustaan sekoitettuna Cycocel vaikutti eniten ja lähes kaikissa tapauksissa heikoimmin ruiskutteena. Käsittelytapojen väliset erot olivat merkitseviä 4-lehtiasteella 13° C:ssa ja 18° C:ssa.

DMSO lisäsi Cycocelin tehoa, mutta tehon lisäys oli tilastollisesti merkitsevä vain 4-lehtiasteella (taulukko 2 ja 3).

Phosfon lyhensi päivää kohden laskettua pituuskasvua keskimäärin 20.5 mm 18° C:ssa, 11.0 mm 13° C:ssa ja 3.4 mm 10° C:ssa 10 vuorokautta varhaislehtiasteen jälkeen ja 4-lehtiasteella vastaavasti 18.3 mm, 9.0 mm ja 5.6 mm (kuva 1). Käsitelytapojen välillä ei ollut merkitsevää eroa (taulukko 2 ja 3).

B-ninellä käsiteltyjen kasvien pituuskasvu päivässä oli 11.5 mm vähemmän 18° C:ssa

Taulukko 1. Taimien pituus varhaislehtiä avauduttua.

Table 1. Height of plants at fully expanded primary leaves.

Lämpötila <i>Temperature</i>	Käsittelemätön <i>Check</i>	Kasvunsäädekäsittely <i>Treatment with growth retardants</i>	
		Cycocel	Phosfon
18° C	5.8 cm	6.0 cm	5.9 cm
13° C	6.0 »	6.3 »	5.9 »
10° C	5.9 »	3.5 »	4.1 »

Taulukko 2. Kasvien pituus keskimäärin 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen.

Table 2. Average height of plants 10 days after the stage of primary leaves.

Kasvunsäädekäsittely <i>Treatment with growth retardants</i>	Kasvien pituus <i>Height of plants</i>						
	10° C		13° C		18° C		Keskim. <i>Mean</i>
	cm	sl. <i>rel.</i>	cm	sl. <i>rel.</i>	cm	sl. <i>rel.</i>	cm
Verranne <i>Check</i>	8.3	100	17.5	100	27.7	100	16.5
Cycocel alustaan sekoitettuna	6.6	80	10.5	60	11.6	42	9.6
» <i>mixed in soil</i>	7.3	88	12.1	69	14.1	51	11.2
» <i>kastelu drench</i>	7.3	88	13.4	77	16.4	59	12.4
» <i>ruiskutus spray</i>	6.5	80	11.8	67	12.6	45	10.3
» <i>+ 0.1 %:n DMSO -ruiskutus</i>	6.5	80	11.8	67	12.6	45	10.3
» <i>+ 0.1 % DMSO spray</i>	6.5	80	11.8	67	12.6	45	10.3
Keskim. <i>Mean</i>	6.9		12.0		13.8		
Phosfon alustaan sekoitettuna	4.9	59	6.2	35	7.2	26	6.1
» <i>mixed in soil</i>	5.6	67	6.8	39	7.2	26	6.5
» <i>kastelu drench</i>	5.2		6.5		7.2		
Keskim. <i>Mean</i>	5.2		6.5		7.2		
B-nine <i>kastelu drench</i>	6.3	76	10.4	59	12.2	44	9.6
» <i>ruiskutus spray</i>	7.3	88	15.5	89	18.6	67	13.8
» <i>+ 0.1 %:n DMSO -ruiskutus</i>	7.1	86	14.4	82	17.6	64	13.0
» <i>+ 0.1 % DMSO spray</i>	7.1	86	14.4	82	17.6	64	13.0
Keskim. <i>Mean</i>	6.9		13.4		16.1		

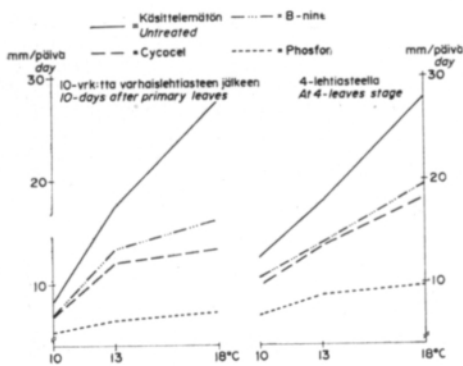
PME 5 % — kahden kasvunsäädekäsittelyn keskiarvojen välillä samassa lämpötilassa 4.9 cm  
 LSD 5 % — between two growth retardant means at the same temperature level  
 — kahden lämpökäsittelyn keskiarvojen välillä samassa tai eri kasvunsäädekäsittelyssä 3.2 cm  
 — between two temperature means at the same or different level of growth retardants

Taulukko 3. Kasvien pituus keskimäärin 4-lehtiasteella.  
 Table 3. Average height of plants at 4-leaf stage.

Kasvunsäädekäsittely <i>Treatment with growth retardants</i>	Kasvien pituus <i>Height of plants</i>						
	10° C		13° C		18° C		Keskim. <i>Mean</i>
	cm	sl. <i>rel.</i>	cm	sl. <i>rel.</i>	cm	sl. <i>rel.</i>	
Verranne <i>Check</i>	18.8	100	23.3	100	28.0	100	23.4
Cycocel alustaan sekoitettuna	13.1	70	15.9	68	16.7	60	15.2
» <i>mixed in soil</i>							
» <i>kastelu drench</i>	15.8	84	16.1	69	18.3	65	16.7
» <i>ruiskutus spray</i>	15.4	82	19.9	85	19.8	71	18.3
» + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus	14.0	74	17.9	77	17.4	62	16.4
» + 0.1 % DMSO <i>spray</i>	14.0	74	17.9	77	17.4	62	16.4
Keskim. <i>Mean</i>	14.6		17.5		18.1		
Phosfon alustaan sekoitettuna	9.7	52	10.8	50	10.1	36	10.2
» <i>mixed in soil</i>	9.7	52	12.0	55	10.5	38	10.7
» <i>kastelu drench</i>	9.7	52	12.0	55	10.5	38	10.7
Keskim. <i>Mean</i>	9.7		11.4		10.3		
B-nine <i>kastelu drench</i>	12.6	67	13.5	60	13.4	48	13.2
» <i>ruiskutus spray</i>	17.7	94	20.8	89	24.4	87	21.0
» + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus	17.2	91	19.3	83	20.8	74	19.1
» + 0.1 % DMSO <i>spray</i>	17.2	91	19.3	83	20.8	74	19.1
Keskim. <i>Mean</i>	15.8		17.9		19.5		

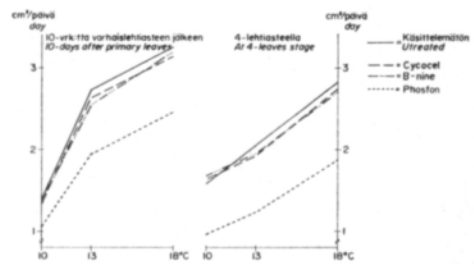
PME 5 % — kahden kasvunsäädekäsittelyn keskiarvojen välillä samassa lämpötilassa 1.2 cm  
*LSD 5 % — between two growth retardant means at the same temperature level*

— kahden lämpökäsittelyn keskiarvojen välillä samassa tai eri kasvunsäädekäsittelyssä 1.3 cm  
*— between two temperature means at the same or different level of growth retardants*



Kuva 1. Käsittelyjen keskimääräinen vaikutus verson kasvuun (mm/päivässä).

Fig. 1. The average effect of treatments on the growth of stem per day.



Kuva 2. Käsittelyjen keskimääräinen vaikutus päivää kohden laskettuna lehtipinta-alan kasvuun.

Fig. 2. The average effect of treatments on the increase of leaf area  $\text{cm}^2/\text{day}$ .

ja 13° C:ssa sekä 10° C:ssa vastaavasti 4.1 mm ja 1.4 mm vähemmän kuin verrannekasvien 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen. Nelilehtiasteella väheni pituuskasvu 8.5 mm, 4.1 mm ja 3.1 mm vastaavien verrannekasvien kasvusta. (kuva 1). Kastelukäsittely oli tehokkaampi kuin ruiskutus. DMSO lisäsi B-ninen tehoa merkitsevästi 13° C:ssa ja 18° C:ssa nelilehtiasteella olleissa kasveissa (taulukot 2 ja 3).

Käsittelyjen vaikutus nivelvälien lukumäärään (taulukko 4). Yölämpötilan vaikutus nivelvälien määrään oli samansuuntainen kuin vaikutus pituuskasvuun, mutta selvästi vähäisempi. Kasvunsäädekäsittelyt vähensivät nivelvälien määrää, joskin vaikutus riippui kasvunsääteistä ja käsittelytavasta. Fosfonilla käsitellyissä kasveissa oli nivelväljää vähemmän kuin Cycocelilla ja B-ninellä käsitellyissä.

Taulukko 4. Nivelvälien luku keskimäärin

Table 4. Average No. of internodes.

Kasvunsäädekäsittely <i>Treatment with growth retardants</i>	Nivelväljää kpl <i>No. of internodes</i>					
	10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen <i>10 days after primary leaf stage</i>			4-lehtiasteella <i>At 4-leaf stage</i>		
	10° C	13° C	18° C	10° C	13° C	18° C
Verranne <i>Check</i>	4.0	5.2	5.8	5.1	5.0	5.1
Cycocel alustaan sekoitettuna						
» <i>mixed in soil</i>	3.7	4.4	5.4	4.9	4.9	4.9
» <i>kastelu drench</i>	4.0	4.9	5.8	5.0	4.9	5.0
» <i>ruiskutus spray</i>	4.0	5.0	5.5	4.9	4.7	4.9
» + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus						
» + 0.1 % <i>DMSO spray</i>	4.0	5.1	5.4	4.9	4.8	5.0
Phosfon alustaan sekoitettuna						
» <i>mixed in soil</i>	3.0	4.0	4.3	3.6	3.2	3.1
» <i>kastelu drench</i>	3.4	4.0	4.3	3.6	3.2	3.1
B-nine <i>kastelu drench</i>	3.7	4.8	5.4	4.8	4.6	4.6
» <i>ruiskutus spray</i>	3.7	5.0	5.6	5.1	5.0	5.0
» + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus						
» + 0.1 % <i>DMSO spray</i>	3.8	5.0	5.5	5.1	5.0	5.0

Käsittelyjen vaikutus lehdistön kokoon. (kuva 2). Erot lämpötilakäsittelyjen välillä olivat merkitseviä kaikissa koejäsenissä 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen, mutta 4-lehtiasteella erot eivät olleet enää merkitseviä kaikissa kasvunsäädekäsittelyissä.

Kasvunsääteiden vaikutus lehtien kokoon oli riippuvainen käsittelytavasta ja yölämpötilasta. Cycocel-kastelu lisäsi lehtien kokoa käsittelytavasta ja kehitysasteesta riippumatta. Muissa Cycocel-käsittelyissä lehdistön koko oli vähän pienempi tai käytännöllisesti katsoen yhtäsuuri kuin vastaavissa verrannekäsittelyissä.

Phosfon rajoitti lehtien kasvua kaikissa käsittelyissä. Multaan sekoitettuna Phosfon pienensi lehtien kokoa 10° C:ssa enemmän kuin Phosfon-kastelu.

B-nine vaikutti lehtien kokoon keskimääräisesti samalla tavoin kuin Cycocel. B-nine-



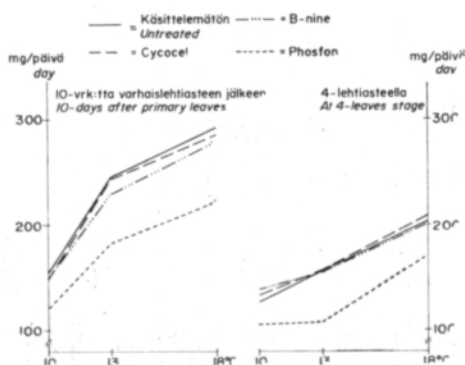
C:ssa selvästi suurempi kuin 10° C:ssa, mutta 4-lehtiasteella lämpötiläkäsittelyjen välillä oli merkitseviä eroja vain verrannekasveissa (taulukko 6). Kuiva-aineen määrä mg/g tuoreainetta oli sen sijaan 10° C:ssa merkitsevästi suurempi kuin 18° C:ssa ja 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen myös suurempi kuin 13° C:ssa.

Kasvunsäädäkäsittelyjen ja lämpötilan välinen vuorovaikutus koko kasvin tuorepainossa oli merkitsevä sekä 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen ( $F = 11.64$ ) että 4-lehtiasteella ( $F = 15.77$ ) samoin kuin lehtien tuorepainossa ( $F =$  arvot vastaavasti 7.0 ja 151.27).

Cycocel-käsittelyt eivät vaikuttaneet merkitsevästi tuorepainoon. Tosin Cycocel-käsitelty lisäsi jonkin verran tuorepainoa muihin Cycocel-käsittelyihin ja verrannekasveihin verrattuna. Kuiva-ainemäärä oli merkitsevästi suurempi Cycocel-käsittelyissä kuin verranteessa 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen, mutta 4-lehtiasteella merkitsevästi pienempi. DMSO ei merkitsevästi muuttanut Cycocel-ruiskutuksen vaikutusta.

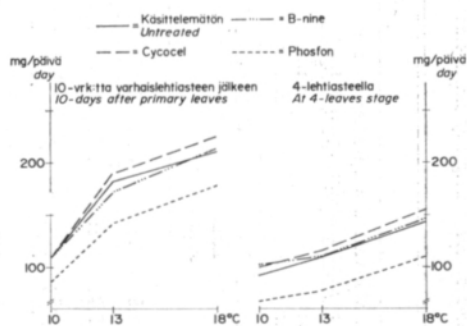
Phosfon-käsittelyt vähensivät merkitsevästi tuorepainoa. Sen sijaan lehtien kuiva-ainepitoisuus oli merkitsevästi suurempi Phosfon-käsittelyissä kuin verranteessa.

B-nine ruiskutteenä käytettynä lisäsi 4-lehtiasteella olleiden kasvien lehtien tuorepainoa alhaisissa lämpötiloissa, mutta lisäys ei ollut merkitsevä. B-nine alensi kuiva-aineen määrää 4-lehtiasteella olleissa kasveissa. Käsittelytapojen vaikutus riippui kasvien kehitystasesta. DMSO B-ninen kanssa käytettynä alensi kuiva-aineen määrää jonkin verran enemmän kuin B-nine-ruiskutus.



Kuva 3a. Käsittelyjen keskimääräinen vaikutus päivää kohden laskettuun koko kasvin painon lisäykseen.

Fig 3a. The average effect of treatments on the increase of fresh weight (mg/day) of whole plant.



Kuva 3b. Käsittelyjen keskimääräinen vaikutus päivää kohden laskettuun lehtien tuorepainon kasvuun.

Fig 3b. The average effect of treatments on the increase of leaf fresh weight (mg/day).

### Tulosten tarkastelu

Yleisesti ottaen voidaan kasvien kasvun katsoa riippuvan lämpötilasta samalla tavalla kuin entsyymien aktiivisuuden (LEOPOLD 1964). Tämä merkitsee sitä, että lämpötilan kohoaminen 0° C:sta 15° C:seen saa aikaan voimakkaan kasvun nopeutumisen, mutta vähäisemmän nopeutumisen lämpötila-alueella 15° C—30° C. Suoritetuissa tutkimuksissa yölämpötilan vaikutus pavun kasvuun oli 10 ensimmäisen vuorokauden aikana varhaislehtiasteen jälkeen tämän mukainen sikäli, että yölämpötilan aleneminen 18° C:sta 13° C:seen sai aikaan vähäisemmän kasvunopeuden alenemisen kuin lämpötilan aleneminen



Taulukko 6. Koko kasvin ja lehtien tuorepaino g/taimi.  
 Table 6. Fresh weight of whole plant and leaves g/plant.

Kasvnsäädäkäsittely Treatment with growth regulators	Paino g/kasvi Weight g/plant														
	10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen 10 days after primary leaf stage					4-lehtiasteella At 4-leaf stage									
	Koko kasvi Whole plant		Lehdet Leaves			Koko kasvi Whole plant		Lehdet Leaves							
	10° C	13° C	18° C	Kes- kim. Mean	10° C	13° C	18° C	Kes- kim. Mean	10° C	13° C	18° C	Kes- kim. Mean			
Verranne Check	1.52	2.47	2.92	2.30	1.08	1.83	2.12	1.68	1.90	2.05	2.04	2.00	1.37	1.44	1.44
Cyocel alustaan sekoitettuna » mixed in soil	1.42	2.28	2.78	2.16	1.03	1.82	2.19	1.68	1.94	1.97	2.00	1.97	1.60	1.63	1.68
» kastelu drench	1.56	2.55	2.92	2.34	1.12	1.96	2.39	1.79	2.19	2.23	2.27	2.24	1.62	1.66	1.71
» ruiskutus spray	1.51	2.37	2.87	2.25	1.09	1.86	2.23	1.73	1.98	1.86	2.00	1.98	1.44	1.42	1.38
» + 0.1 %:n DMSO-ruiskutus	1.46	2.59	2.95	2.33	1.08	1.94	2.32	1.78	1.94	1.99	1.97	1.97	1.44	1.41	1.47
» + 0.1 % DMSO spray	1.49	2.45	2.88		1.08	1.90	2.26		2.01	2.01	2.06		1.53	1.53	1.56
Keskim. Mean															
Phosfon alustaan sekoitettuna » mixed in soil	1.17	1.92	2.27	1.79	0.82	1.51	1.84	1.39	1.51	1.53	1.68	1.57	1.00	1.06	1.17
» kastelu drench	1.25	1.74	2.15	1.71	0.89	1.32	1.73	1.31	1.59	1.41	1.71	1.57	1.01	1.00	1.10
Keskim. Mean	1.21	1.83	2.21		0.86	1.42	1.79		1.55	1.47	1.69		1.00	1.03	1.14
B-nine kastelu drench	1.34	2.08	2.59	2.00	0.97	1.56	2.04	1.52	2.03	1.87	2.00	1.97	1.53	1.33	1.59
» ruiskutus spray	1.57	2.54	3.01	2.37	1.14	1.92	2.25	1.77	2.07	2.04	2.01	2.04	1.49	1.44	1.39
» + 0.1 %:n DMSO-ruiskutus	1.56	2.29	2.77	2.21	1.14	1.67	2.14	1.65	2.16	2.15	2.01	2.11	1.57	1.53	1.47
» + 0.1 % DMSO spray	1.49	2.30	2.79		1.08	1.72	2.14		2.09	2.02	2.01		1.53	1.43	1.48
Keskim. Mean															

PME 5 % — kasvnsäädäkäsittelyn keskiarvojen välillä  
 LSD 5 % samassa lämpötilassa

0.54 » — between two growth retardants means of same temperature level

0.65 » — lämpötilakäsittelyn keskiarvojen välillä sa-  
 massa tai eri kasvnsäädäkäsittelyssä

0.64 » — between two temperature means at the same or  
 different level of growth retardants

0.42

0.49 »

0.54 »

0.65 »

0.64 »

0.42

0.15

0.16

Taulukko 7. Kuiva-aineen määrä keskimäärin eri käsittelyissä.  
 Table 7. Dry matter content of plants in different treatments.

Kasvunsaadekäsitely Treatment with growth retardants	Kuiva-aine mg/g tuore-ainetta Dry matter mg/g fresh matter															
	10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen 10 days after primary leaf stage						4-lehtiasteella At 4 leaf stage									
	Koko kasvi Whole plant		Lehdet Leaves		Koko kasvi Whole plant		Lehdet Leaves		Koko kasvi Whole plant		Lehdet Leaves					
	10° C	13° C	18° C	Kes- kim. Mean	10° C	13° C	18° C	Kes- kim. Mean	10° C	13° C	18° C	Kes- kim. Mean				
Verranne Check	83	73	69	75.0	86	74	70	76,6	91	82	82	85.0	89	87	86	87.3
Cycocel multaan sekoitettuna » mixed in soil	90	80	69	79.7	91	78	70	79.7	85	82	75	80.1	83	85	80	82.7
» kastelu drench	93	74	72	79.7	95	76	72	81.0	87	83	77	80.2	87	84	78	83.0
» ruiskutus spray	90	77	71	79.3	91	77	72	80.0	85	83	75	81.0	83	88	82	84.3
» + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus	91	76	72	79.7	92	80	73	81.7	85	82	75	80.7	88	87	81	85.3
» + 0.1 % DMSO spray	91.0	76.8	71.0		93.0	77.8	71.8		85.5	82.5	75.4		85.3	86.0	80.2	
Keskim. Mean																
Phosfon multaan sekoitettuna » mixed in soil	91	77	72	80.0	96	79	73	82.7	93	90	84	89.0	95	98	98	97.0
» kastelu drench	95	82	76	83.0	96	88	78	87.3	93	92	84	89.7	99	100	94	97.7
Keskim. Mean	93.0	79.5	74.0		96.0	83.5	75.5		93.0	91.0	84.0		97.0	99.0	96.0	
B-nine kastelu drench	89	75	70	78.0	89	76	72	79.0	84	82	77	81.0	85	85	85	85.0
» ruiskutus spray	82	69	68	73.0	83	70	69	74.0	87	82	80	81.3	90	84	84	86.0
» + 0.1 %:n DMSO -ruiskutus	79	68	67	71.3	81	71	68	73.3	83	77	79	79.7	87	82	82	83.7
» + 0.1 % DMSO spray	79	68	67	71.3	81	71	68	73.3	83	77	79	79.7	87	82	82	83.7
Keskim. Mean	83.3	70.7	68.3		84.3	72.3	69.7		84.7	83.7	78.7		87.3	83.7	83.7	

PME 5 % — kasvunsaadekäsitellyn keskiarvojen välillä  
 LSD 5 % — samassa lämpötilassa  
 — between growth retardant means at the same temperature level  
 — lämpötilakäsittelyn keskiarvojen välillä sama-  
 massa tai eri kasvunsaadekäsitelyssä  
 — between temperature means at the same or different level of growth retardants

6(5.8)  
 7(6.7)

6(5.6)  
 7(6.5)

5(4.9)  
 5(5.4)

5(4.7)

13° C:sta 10° C:seen. Tämä suunta oli havaittavissa verson pituuskasvussa, lehtipinta-alan kasvussa ja tuorepainon lisääntymisessä (kuvat 1, 2 ja 3). Sen sijaan 4-lehtiasteella lämpötilan vaikutus taimien kasvunopeuteen oli koko tutkitulla alueella lähes suoraviivainen. Todettu ero, joka taimien kasvunopeudessa oli 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen ja 4-lehtiasteella suoritetuissa mittauksissa johtui todennäköisesti siitä, että alhaisimmassa lämpötilassa kasvaneet taimet saavuttivat suurimman kasvunopeutensa myöhemmin. Tätä käsitystä tukevat EVANSIN (1957) suorittamat lämpötilatutkimukset *Vicia faba*n eri lajikkeilla. Kolmessa ensimmäisessä kokeessa taimien kasvu oli yleensäkin jonkin verran nopeampaa kuin kahdessa viimeisessä. Tämä ilmeisesti johtui siemenen iästä. Kahdessa viimeisessä kokeessa siemen oli jo lähes vuotta vanhempaa kuin ensimmäisessä kokeessa. Vaikka erot taimien kasvunopeudessa olivatkin vähäiset, ne mahdollisesti myös voivat heijastua yölämpötilan vaikutuksessa taimien kehitykseen.

Kirjallisuuden mukaan kasvunsäätteiden pituuskasvua hillitsevä vaikutus krysanteemilla (CATHEY 1960), petunialla (CATHEY & PIRINGER 1961), tomaatilla (WITTWER & TOLBERT 1960) ja vehnällä (TOLBERT 1960) on riippumaton lämpötilasta. Selostettavissa tutkimuksissa kasvunsäätteillä käsiteltyjen ja verrannekasvien pituusero oli sitä pienempi mitä alhaisempi yölämpötila oli. Tämä johtui ilmeisesti siitä, ettei taimen kehitysaste ollut täysin sama kaikissa lämpötiloissa. Tähän viittaa se, että 4-lehtiasteella kasvunsäätteiden vaikutus alhaisimmassa lämpötilassa oli lisääntynyt ja korkeimmassa lämpötilassa oli jonkin verran vähentynyt verrattaessa vaikutuksiin, joita oli todettu 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen suoritetuissa mittauksissa. Om myös merkille pantavaa, että lämpötilasta johtuvat erot olivat vähäisempiä Fosfonilla käsitellyissä kasveissa, joissa varren pituuskasvu oli hitainta.

Kasvunsäätteiden vaikutuksessa lehtipinta-alaan sekä tuore- ja kuivapainon lisääntymiseen oli havaittavissa samanlainen heikkeneminen alhaisemmissa lämpötiloissa kuin niiden vaikutuksessa pituuskasvuun, joskaan vaikutus ei ollut yhtä voimakas. Merkille pantavaa on myös, että kasvunsäädekäsittelyjen ja lämpötilan vuorovaikutus oli merkitsevä 4-lehtiasteella kaikkien mitattujen ominaisuuksien suhteen, kun taas 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen vuorovaikutus ei ollut merkitsevä pituuskasvun suhteen.

Lämpötilasta ja käsittelytavasta riippumatta Fosfon hidasti tuore- ja kuivapainon sekä lehtipinta-alan kasvua. Tulokset poikkeavat krysanteemilla (CATHEY 1960 ja POOLE & YING 1966) ja petunialla (CATHEY & PIRINGER 1961) saaduista tuloksista, mutta ovat ydenmukaiset LAMBETHIN ja DASIN (1965) pavulla saamien tulosten kanssa. Kuivapainon alenemisesta huolimatta kuiva-ainepitoisuus oli suurin Fosfonilla käsitellyissä kasveissa. Cycocelin ja B-ninen vaikutus oli vähäisempi ja riippui käsittelytavasta ja lämpötilasta (vrt. johdannossa TOLBERT 1960 ja WITTWER & TOLBERT 1960). Niissä tapauksissa, joissa kyseisten käsittelyjen vaikutus rajoitti selvimmin pituuskasvua, pieneni myös lehtipinta-ala käsittelemättömiin verrattuna, mutta kun pituuskasvua rajoittava vaikutus oli vähäinen, lehtipinta-ala suureni. Aikaisemmissa tutkimuksissa (KAUKOVIRTA 1967) pavulla voitiin todeta samanlainen suhde lehtien koon ja varren pituuskasvua rajoittavan vaikutuksen välillä. Sama voidaan havaita TOLBERTIN (1960 b) Cycocelilla ja JAFFEN ja ISENBERGIN (1965) B-ninellä saamista tuloksista sikäli, että he totesivat suurten käsittelymäärien alentavan lehtien kokoa, mutta pienten käsittelymäärien lisäävän.

Cycocelin p i t u s k a s v u a rajoittava vaikutus oli suurempi multaan sekoittamalla kuin kastelemalla tai ruiskuttamalla suoritetuissa käsittelyissä, mikä osittain lienee johtunut

vaikutusajan pituudesta ja ruiskutuksessa tapahtuneesta ainehäviöstä. Kastelukäsittelyt rajoittivat pituuskasvua enemmän kuin ruiskutuskäsittelyt, kuten Cycocelista myös LINDSTRÖM ja TOLBERT 1960, KIPLINGER ja MILLER 1965 ja 1966 sekä HERMANN 1967 ovat todenneet. CATHEY (1964) mainitsee B-nine-kastelun aiheuttavan haittavaikutuksia. Selostettavissa kokeissa ei niitä ilmennyt.

SCIUCHETTI ja MINGIS (1965) havaitsivat DMSO:n lisäävän Cycocelin ja B-ninen pituuskasvua ja kasvua ehkäisevää vaikutusta. Suoritetussa kokeessa DMSO:n vaikutus pituuskasvuun oli yhdenmukainen mainitun tuloksen kanssa. Sen sijaan DMSO Cycocelin kanssa käytettynä lisäsi taimien painoa, mutta B-ninen kanssa käytettynä alensi tuorepainoa ja kuiva-ainepitoisuutta.

### Tiivistelmä

Yliopiston puutarhatieteen laitoksen kasvatustutkimuksissa suoritettiin v. 1966—1967 viisi koetta käsittävä tutkimus, jossa selvitettiin kasvunsäätteiden (Cycocel, Fosfon ja B-nine) vaikutuksen riippuvuutta yölämpötilasta ja käsittelytavasta. Valolähteenä olivat Kuulas valkea-loisteputket, valoisuus oli 5000 luksia ja valojakson pituus 14 t. Kasvunsäätteiden vaikutus pavun *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*, kasvuun mitattiin taimivaiheessa kahtena ajankohtana: 10 vrk varhaislehtiasteella suoritettujen käsittelyjen jälkeen ja verrannettavien ollessa 4-lehtiasteella kaikissa lämpötiläkäsittelyissä.

Pavun taimien pituuskasvuun vaikutti yölämpötila merkitsevästi. Taimien korkeus oli 10° C:ssa pienempi kuin 13 ja 18 asteessa. Yölämpötilojen väliset verson pituuden erot olivat varhaislehtiasteella suurempia kuin 4-lehtiasteella. Yölämpötilan pituuskasvua rajoittava vaikutus oli jonkin verran suurempi käsittelemättömissä kasveissa kuin kasvunsäätteillä käsitellyissä kasveissa.

Kaikki kasvunsäädekäsittelyt hillitsivät pituuskasvua. Niiden aiheuttama pituuskasvun rajoittuminen oli suurempi 18°:ssa kuin 13 ja 10° C:ssa. Fosfonilla käsiteltyjen taimien pituuskasvu oli vähäisintä. Cycocelin ja B-ninen kasvualustakäsittelyt rajoittivat pituuskasvua keskimääräisesti enemmän kuin ruiskutuskäsittelyt. Lämpötilan ja kasvunsäädekäsittelyjen välinen vuorovaikutus taimien pituuskasvussa ei ollut merkitsevä 10 vrk varhaislehtiasteen jälkeen, mutta oli merkitsevä 4-lehtiasteella.

Lehtien koko, tuore- ja kuivapaino oli pienin Fosfonilla käsitellyissä kasveissa, mutta kuiva-ainepitoisuus sen sijaan korkein. Cycocelin ja B-ninen vaikutus lehtien kokoon ja painona mitattuun kasvuun oli keskimääräisesti vähäinen ja riippui käsittelytavasta ja yölämpötilasta. Cycocel-kastelu lisäsi jonkin verran lehtien kasvua sekä tuore- ja kuivapainoa, kun sen sijaan B-nine kasteluna käytettäessä vaikutti päinvastaisesti. Ruiskutteenä B-nine sen sijaan lisäsi sekä lehtien kokoa kasvun alkuvaiheessa että 4-lehtiasteella olleiden kasvien lehtien kokoa alhaisimmassa lämpötilassa.

DMSO lisäsi Cycocel- ja B-nine-ruiskutusten pituuskasvua rajoittavaa vaikutusta. B-ninen kanssa käytettynä DMSO alensi selvästi kuiva-ainepitoisuutta, mutta ei Cycocelin kanssa käytettynä.

### KIRJALLISUUS

- BUKOVAC, M. J., LARSEN, R. P. & ROBB, W. R. 1964. Effect of N,N-dimethylaminosuccinamic acid on shoot elongation and nutrient composition of *Vitis labrusca* L.cv. Concord. Quart. Bull. Mich. Agric. Exp. Sta. 46: 488—494.

- 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. *An. Rev. Pl. Physiol.* 15: 271—302.
- »— & MARTH, P. C. 1960. Effectiveness of a quarternary ammonium carbamate and a phosphonium in controlling growth of *Crysanthemum morifolium* Ramat. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 76: 607—608.
- »— & PIRINGER, A. A. 1961. Relation of phosfon to photoperiod, kind of supplemental light and night temperature on growth and flowering of garden annuals. *Ibid.* 77: 608—619.
- »— & STUART, N. W. 1961. Comparative plant growth retarding activity of Amo-1618, Phosfon and CCC. *Bot. Gaz.* 123: 5—57.
- COCHRAN, W. G. & COX, G. M. 1962. *Experimental designs.* 595 p. New York.
- DAHLGREN, G. & SIMMERMAN, N. L. 1963. Intra molecular catalysis of the hydrolysis of N-dimethylamino maleamic acid. *Science* 140: 485—486.
- EVANS, L. 1957. The broad bean. WENT, F. W. 1967. The experimental control of plant growth. *Chronica Botanica* 17: 124—138.
- HERMANN, P. 1967. Weitere Einsatzmöglichkeiten für Cycocel bei Topfplanzen. *Gartenwelt* 67: 263—264.
- JAFFE, M. J. & ISENBERG, F. M. 1965. Some effects of N-dimethylaminosuccinic 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. 1963. Kasvua hillitsevien aineiden käytöstä krysanteemin ja joulutähden viljelyssä. *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 35: 109—126.
- »— 1967. Effects of growth retardants on plants grown in peat. *Acta Hort.* 8: 32—37.
- KIPLINGER, D. C. 1963. Culture and use as potted plants. *Poinsettias.* *Ohio Agric. Expl. Sta. Bull.* SB 15: 49—57.
- »— & MILLER, R. O. 1965. Controlling height of poinsettias. *Ohio. Rep. Rev.* 50: 76—77.
- »— & MILLER, D. E. 1966. Natural season poinsettia tests in 1965. *Ohio. Flor. Ass. Bull.* 443: 3—6.
- KRUG, H. 1961. Wachstumsbeeinflussung von Kartoffel-Augenstecklingen durch quaternäre Ammoniumverbindungen und Gibberellin. *Landbauforschung (Völkenrode)* 11: 88—93.
- LAMBETH, V. H. & DAS, R. C. 1965. Growth regulator effects on top rootratio and cation exchange capacity of snap bean and sweet cornroots. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 86: 357—360.
- LEOPOLD, C. A. 1964. *Plant growth and development.* 466 p. New York.
- LINDSTRÖM, R. S. & TOLBERT, N. E. 1960. 2-chloroethyl trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. IV. Effect of chrysanthemums and poinsettias. *Mich. Agr. Exp. Sta. Quart. Bull.* 49: 917—928.
- POOLE, R. T. & YING, H. K. 1966. Effects of growth regulators on growth, flowering and chemical composition of *Chrysanthemum morifolium* »Bluechip». *Proc. Fla. Sta. Hort. Soc.* 78: 428—433.
- PRESTON, W. H. Jr & LINK, C. B. 1958. Use of 2,4-dichlorobenzyltributylphosphonium chloride to dwarf plants. *Pl. Physiol. Suppl.* 33. 19., p. 49.
- SCIUCHETTI, L. A. & MINGIS, N. C. 1965. The effect of dimethylsulfoxide (DMSO) and tributyl 2,4-dichlorobenzylphosphonium chloride (Phosfon) on growth and alkaloid synthesis in *Datura ferox*. *Lloydia* 28: 230—236.
- TOLBERT, N. E. 1960. (2-chloroethyl)-trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. I Chemical structure and bioassay. *J. Biol. Chem.* 235: 475—479.
- »— 1960 b. (2-chloroethyl)-trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. *Pl. Physiol* 35: 380—385.
- WENT, F. N. 1957. *The experimental control of plant growth.* 343 p. New York.
- WILL, H. 1966. Erste Versuchsergebnisse mit Cycocel zu Tomaten. *Gartenbauwiss* 31: 115—123.
- WITTEW, 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

## I. Relation to night temperature and to the way of application

ERKKI KAUKOVIRTA

*Institute of Horticulture, University of Helsinki*

The effects of night temperature and growth retardants were studied on the growth of bean, *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* 'July'. The experiments were carried out in growth chambers equipped with 22 »Col White» 80 W-fluorescent tubes providing a light intensity of 5000 lux. The duration of the light period was 14 hours with a temperature of 20—22° C. The night temperatures were 10°, 13° and 18° C. The seeds were pregerminated at 25° C and planted in sand in 4'-plastic pots, 6 seeds per pot. When primary leaves had fully opened the plants were thinned from 6 to 2 per pot and all the plants were treated with growth retardants except those which had been treated before planting. The amount of Cycocel and B-nine in the treatments was 0.1 g and that of Phosfon 0.015 g per two seedlings. The pots were irrigated by modified (WENT 1957) Hoagland solution (0.02 %) daily and if additional watering was needed, deionised water was used. The growth of the seedlings was measured by stem elongation, by increase of leaf area and by accumulation of fresh and dry weight. In the first three experiments this was done 10 days after the primary leaves had fully opened, and in later experiments at the time when the control plants were at the 4-leaf stage in each temperature treatment. The results are given in Tables 2—7 and in Figs 1—3.

Stem elongation was distinctly dependent on night temperature. The plants grown in 10° C were significantly shorter in height than those grown in 13° and 18° C. The differences in the heights of the plants between the temperature treatments were somewhat less marked on plants treated with growth retardants. The additional retardation of stem elongation obtained with growth retardants was greater at 18° C than at 13° and 10° C. Plants treated with Phosfon had the shortest stems. On the average, the soil applications of Cycocel and B-nine produced better retardation of stem than spray applications. The interaction of temperature and method of application was greater on the older seedlings than on the younger ones.

The area of leaves and fresh weight of plants were retarded most by the treatments with Phosfon, at the same time but the content of dry matter was highest in plants treated with Phosfon. The effect of Cycocel and B-nine on the area of leaves was dependent on night temperature and on the way of application. Soil drench with Cycocel had a tendency to increase the area of leaves. B-nine spray also increased the area of young seedlings and that of older seedlings at 10° C.

DMSO (dimethylsulphoxide) increased the growth retarding effect on spray applications of Cycocel and B-nine. Used in conjunction with B-nine DMSO decreased the dry matter content of seedlings, while it did not have this effect when used with Cycocel.