

KASVUA HILLITSEVIEN AINEIDEN VAIKUTUS PAVUN TAIMIEN KASVUUN

IV. Vaikutusasteen riippuvuus valo-oloista

ERKKI KAUKOVIRTA

Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitos

Saapunut 5. 12. 1969

Puutarhanviljelyssä käytettyjen kasvua hillitsevien aineiden vaikutusaste on erilainen kesällä kuin talvella. Fosfonin teho on suurempi kesällä kuin talvella, Cycocelin päinvastoin (CATHEY 1960, CATHEY & STUART 1961, KAUKOVIRTA 1963). Yksi käsittely Binellä talvella on riittävä useille krysanteemilajikkeille, kun taas kesällä käsittely on toistettava 2—3 kertaa saman vaikutuksen aikaansaamiseksi (CATHEY 1969). Tekijöistä, joista kyseiset tehovaihtelut aiheutuvat, ei olla täysin selvillä, mutta niiden otaksutaan johtuvan talven ja kesän erilaisista valo- ja lämpöoloista.

Pyrittäessä selvittämään kyseisiä tehovaihteluita talven ja kesän valo-olojen perusteella kiintyy huomio päivänpituuseroihin sekä valon intensiteetin ja valon koostumuksen eroihin. Näiden tekijäin mahdollista osuutta tarkasteltaessa on huomattava, että kasvua hillitsevien aineiden erilainen teho todetaan myös kasveilla, joiden viljelyssä päivän pituus säännöstellään kesällä ja talvella lisävaloa ja pimennyskäsittelyä hyväksi käyttäen samaksi. Näin ollen on epätodennäköistä, että päivän pituus olisi synnä tehovaihteluihin. Lisäksi aikaisemmin Puutarhatieteen laitoksella suoritetuissa kokeissa (KAUKOVIRTA 1963) päivän pituuden todettiin vaikuttavan samansuuntaisesti Fosfonin ja Cycocelin tehoon, kun taas kesän ja talven kasvuolot vaikuttavat vastakkaisesti kyseisten sääteiden tehoon.

LUNELUNDIN (1936, 1940) valon koostumusta koskevien mittausten perusteella havaitaan, että selvin kesän ja talven ajan valokoostumuksen ero on lyhytaaltoisen säteilyn suhteellisen osuuden erilaisuudessa. Talvella lyhytaaltoisen säteilyn suhteellinen määrä on selvästi pienempi kuin kesällä ja pitkäaaltoisen valon osuus taas suurempi.

Edellä selostetun huomioon ottaen Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitoksella suoritetuissa kokeissa, joissa tutkittiin valo-olojen vaikutusta kasvua hillitsevien aineiden tehoon, rajoituttiin selvittämään valon intensiteetin sekä lyhyt- ja pitkäaaltoisen säteilyn merkitystä. Seuraavassa tehdään selkoa näistä kokeista, jotka kuuluivat osana v. 1965 aloitettuun tutkimussarjaan, jonka tarkoituksena oli selvittää kasvua hillitsevien aineiden

vaikutusta erilaisissa kasvuoloissa. Muilta osin näistä tutkimuksista saatuja tuloksia on selostettu aikaisemmin (KAUKOVIRTA 1967, 1968a, 1968b, 1968c, 1969a, 1969b, 1969c ja 1969d).

Kokeiden järjestely

Kokeet suoritettiin v. 1967—1969 Viikissä puutarhatieteen laitoksella. Kockasvina oli papu, *Phaseolus vulgaris* var *vulgaris* 'Juli'.

Taimet esikasvatettiin ja hoidettiin samoin kuin aikaisemmissa tutkimussarjaan kuuluneissa kasvatuskäppikokeissa (vrt. KAUKOVIRTA 1969a).

Varhaislehtien avauduttua taimet harvennettiin niin, että jokaiseen ruukkuun jäi 4 yhtä voimakasta tainta. Kaksi taimista otettiin mittauksiin, joissa punnittiin tuore- ja kuivapaino sekä mitattiin varren pituus ja lehtien pinta-ala.

Jäljelle jääneet taimet käsiteltiin kasvunsääteillä ja siirrettiin sen jälkeen koeohjelman mukaisesti kasvuoloihin. Kasvunsääteitä oli kokeissa kolme. B-ninen (N,N-(dimetylamino)-meripihkahapon monoamidi) ja Cycocelin (2-kloroetyl-trimetylammoniumkloridi) vaikuttavan aineen määrä oli käsitellyissä 0.1 g ja Fosfonin (2,4-diklorobentsyltributylfosfoniumkloridi) 0.015 g ruukku kohti. Vaikuttavaa ainetta vastaava valmisteen määrä sekoitettiin 100 ml:aan vettä, jolla ruukut kasteltiin. Kasvatuskäppissä suoritetuissa kokeissa kerranteita oli 8 ja kasvihuonekokeissa 12.

Lehtipinta-ala mitattiin lehtiplanimetrillä (LAURILA/VTT). Käsitelyjen alettua lehtien lämpötila mitattiin neljänä perättäisenä päivänä klo 12 vastuslämpömittarilla siten, että ohuesta platinalangasta koostuva tuntoelin asetettiin kevyesti koskettamaan lehden alapintaa.

Assimilaattien nettokertyminen (*net assimilation rate*), josta seuraavassa käytetään termiä »assimilaattikertymä», laskettiin käyttäen seuraavaa GREGORYN (1926) kaavaa:

$$\text{assimilaattikertymä} = \frac{(W_2 - W_1) (\ln L_2 - \ln L_1)}{(L_2 - L_1) (t_2 - t_1)} \text{ missä}$$

W_1 ja W_2 = kuivapainot sekä L_1 ja L_2 = yhteyttävä pinta-ala näytteenottokerroilla t_1 ja t_2 . Juuriston kuivapainoa ei otettu huomioon.

Taimien pituus, lehtipinta-ala, tuore- ja kuivapaino mitattiin 10 vrk:n kuluttua käsittelyn suorittamisesta. Tulosten tilastollisessa tarkastelussa seurattiin COCHRANIN ja COXIN (1962) esittämiä periaatteita. Kokeiden erillispiirteet selostetaan tulosten yhteydessä.

Tulokset

Kokeet valon intensiteetin vaikutuksesta kasvua hillitsevien aineiden tehoon. Kokeet suoritettiin Sherer Cel 25-7HL -kasvatuskäppeissä, joissa valolähteenä käytettiin WHO 110 W -loisteputkia. Valoisuustasoja oli kolme, nimittäin 100 % (= 26000 luksia) 50 % a, 50 % b, 25 %. Valoisuustasot 50 % a ja 50 % b erosivat toisistaan sikäli, että ensiksi mainitussa kasvien etäisyys valolähteestä oli sama kuin 100 %:n tasolla, mutta lamppujen yhteenlaskettu wattimäärä pienempi, kun taas tasolla 50 % b yhteenlaskettu wattimäärä oli sama, mutta kasvien etäisyys valolähteestä suurempi kuin 100 %:n valoisuustasolla. Valon energia 100 %:n valoisuustasolla oli 2100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ mitattuna IL 150 -fotometrillä aaltoalueelta 400—800 nonometriä (= 4000—8000 Å).

Taulukossa 1 esitetään tulokset kolmen kokeen keskiarvoina sekä lehden ja ilman lämpötilan erotus.

Taulukko 1. Valon intensiteetin vaikutus käsittelytulokseen B-nine-, Cycocel- ja Phosfon-käsittelyissä.

Table 1. Effect of light intensity on the results obtained by treatments with B-nine, Cycocel and Phosfon.

Valon intensiteetti taimien korkeudella	Lehden ja ilman lämpötilojen erotus	Kasvunsäädekäsittelyt			
		Treatments with growth retardants			
<i>Light intensity at plant level</i>	<i>Difference between leaf and air temperature</i>	Verranne Check	B-nine	Cycocel	Phosfon
Varren kasvu 10 päivässä <i>Growth of stem in 10 days</i>					
100 % (= 2100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	+ 1.4° C	100 (= 14.4 cm)	50	36	16
50 % a	+ 1.3 »	100 (= 21.6 cm)	66	52	15
50 % b	+ 0.8 »	100 (= 16.1 cm)	52	37	19
23 %	+ 0.5 »	100 (= 34.8 cm)	54	37	15
Tuorepainon lisäys g/taimi <i>Increase of fresh weight g/seedling</i>					
100 %	+ 1.4° C	100 (= 3.47 g)	103	95	96
50 % a	+ 1.3 »	100 (= 2.53 g)	111	102	97
50 % b	+ 0.8 »	100 (= 3.11 g)	97	96	88
23 %	+ 0.5 »	100 (= 2.13 g)	93	93	78
Lehtipinta-ala cm^2 /taimi <i>Leaf area cm^2/seedling</i>					
100 %	+ 1.4° C	100 (= 115 cm^2)	83	95	72
50 % a	+ 1.3 »	100 (= 118 cm^2)	92	105	77
50 % b	+ 0.8 »	100 (= 99 cm^2)	95	97	83
23 %	+ 0.5 »	100 (= 114 cm^2)	83	83	74
Assimilaattikertymä $\text{mg. dm}^{-2} \cdot \text{vk}^{-1}$ <i>Net assimilation rate (NAR) $\text{mg. dm}^{-2} \cdot \text{week}^{-1}$</i>					
100 %	+ 1.4° C	381	490	449	521
50 % a	+ 1.3 »	319	313	312	301
50 % b	+ 1.8 »	382	372	374	360
23 %	+ 0.5 »	225	228	223	223

Verrannekasvien sekä kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien pituuskasvu oli vähäisintä 100 %:n valoisuustasolla, ja taimet kasvoivat eniten 23 %:n valoisuustasolla (PME 1.0). Käsittelemättömien taimien pituuskasvu oli 50 %:n valoisuustasolla erisuuri riippuen lehden lämpötilasta, joka puolestaan määräytyi kasvien ja valolähteen etäisyyden perusteella. Lehden lämpötilan ja ilman lämpötilan väliset erotukset 50 %:n valoisuustasolla olivat 1.3° C ja 0.8° C ja vastaavasti taimien pituuskasvu kokeen aikana oli 21.6 cm ja 16.1 cm.

Kasvua hillitsevät aineet rajoittivat pituuskasvua merkitsevästi kaikissa käsittelyissä. Valoisuustason ollessa 100 %, 50 % b ja 23 % B-ninellä ja Cycocelilla käsiteltyjen taimien pituuskasvu verrannekasveihin verrattuna oli miltei yhtäsuuri, mutta valoisuustason ollessa 50 % a niiden pituuskasvu oli suhteellisesti suurempi kuin muissa valoisuustasoissa. Phosfon rajoitti pituuskasvua lähes yhtä paljon kaikissa muissa paitsi 50 %:n valoisuustasossa silloin, kun lehden lämpötilan ja ilman lämpötilan välinen ero oli 0.8° C.

Verrannekasvien tuorepaino oli sitä suurempi, mitä enemmän kasvit saivat valoa (taulukko 1). Niiden taimien tuorepaino, jotka kasvoivat 50 %:n valoisuustasoissa oli mer-

kitsevästi suurempi silloin, kun lehden lämpötilan ja ilman lämpötilan erotus oli pienempi (PME 0.19 g).

Säädekäsittelyjen vaikutuksesta väheni tuorepainon kasvu eniten silloin, kun valoa oli vähiten. Tosin vain Phosfon rajoitti tuorepainon kasvua merkitsevästi (PME 0.18 g) ja sekkin vain 23 %:n valoisuustasossa ja 50 %:n valoisuudessa silloin, kun lehden lämpötila oli 0.8° C ilman lämpötilaa korkeampi. Cycocel ja B-nine lisäsivät tuorepainon kasvua 50 %:n valoisuustasossa silloin, kun lehden ja ilman lämpötilan erotus oli 1.3° C.

Lehtipinta-ala pieneni selvästi kaikissa Phosfon käsittelyissä (PME 19 cm²), mutta eniten 100 %:n ja 23 %:n valoisuustasoissa. B-nine rajoitti lehtien kasvua merkitsevästi 100 %:n ja 23 %:n valoisuudessa, Cycocel vain jälkimmäisessä.

Kasvunsääteillä käsiteltyjen kasvien assimilaattikertymä oli 100 %:n valoisuustasolla suurempi kuin verrannekasvien. Muissa valoisuustasoissa käsiteltyjen ja verrannekasvien väliset erot olivat vähäiset.

Kokeet valon laadun vaikutuksesta kasvua hillitsevien aineiden tehoon

Pavun taimet kasvoivat näissä kokeissa luontaisessa valossa, mustavalolampun (Philips HPW 125 W) valossa, hehkulampun valossa ja pimeässä. Mustavalolamppu lähettää pitkäaaltoista UV-säteilyä, ja maksimisäteilyn aallonpituus on 365,5 nm. Hehkulamput olivat 60 W:n lamppuja. Lamppujen etäisyys taimista oli 70 cm. Lampputeho neliometriä kohti oli HPW-koejäsenissä 125 W ja hehkulampuilla 120 W. Valojakson pituus oli 8 t.

Kokeet suoritettiin kasvihuoneessa, jossa kutakin valokäsittelyä varten oli mustalla peitekankaalla ja heijastavapintaisella sulkupallokankaalla peitetyt osastot. Osastojen korkeus oli 2 m ja pinta-ala 1.5 m². Kokeet suoritettiin tammi-maaliskuun aikana 1968.

Lämpötila kasvihuoneessa oli yöllä 18° C ja päivällä 20° C. Pilvisinä päivinä peitinkankaiden alla ilman lämpötila kasvien korkeudella oli sama kuin kasvihuoneissa. Aurinkoisina päivinä lämpötila oli 1–2° C korkeampi kuin kasvihuoneessa.

Keskimääräinen lehden lämpötilan ja ilman lämpötilan välinen erotus eri koejäsenissä ilmenee seuraavasta:

pimeä	— 0.1° C
UV-valo	+ 1.3 »
hehkulamput	+ 1.7 »
luontainen valo	+ 0.4 »

Tulokset esitetään taulukossa 2 kahden kokeen keskiarvoina. Käsittelemättömien ja Phosfonilla käsiteltyjen kasvien pituuskasvun lisäys oli suurin pimeässä (PME 1.3 cm) ja selvästi pienin luontaisessa valossa. UV- ja hehkulampun valo eivät vaikuttaneet merkitsevästi Cycocelilla käsiteltyjen taimien varrenkasvuun. Sen sijaan luontainen valo vähensi selvästi myös Cycocelia saaneiden taimien pituuskasvua.

Prosenttisesti päivän valon pituuskasvua estävä vaikutus oli suurempi kuin UV- ja hehkulampun valon. Kuten piirroksesta 1 havaitaan sen vaikutus Phosfonilla ja Cycocelilla käsiteltyihin kasveihin oli suurempi kuin käsittelemättömiin. Myös UV-valo rajoitti pituuskasvua enemmän Phosfonia saaneissa kasveissa kuin käsittelemättömissä. Sen sijaan Cycocelilla käsiteltyjen kasvien pituuskasvua UV-valo ei ehkäissyt, kuten ei myöskään hehku-

lampun valo. Hehkulampun valo rajoitti saman verran käsittelemättömien ja Phosfonia saaneiden kasvien varren pitenemistä.

Taulukko 2. Kasvunsäätöiden vaikutus pavun (*Phaseolus vulgaris* var *vulgaris*) taimien kasvuun erilaisissa valo-oloissa.

Table 2. Effect of growth retardants on the growth of bean (*Phaseolus vulgaris* var *vulgaris*) in different light conditions.

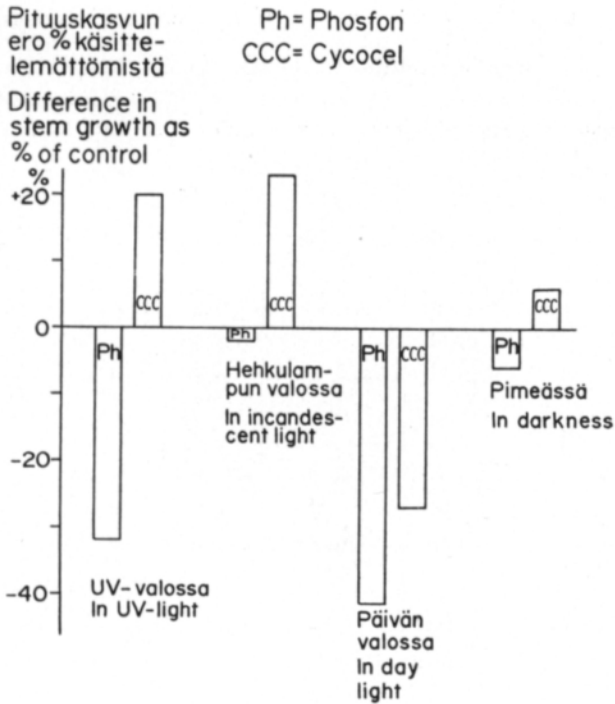
Valokäsittely <i>Light treatment</i>	Kasvun- säädökäsittely <i>Growth retardant treatment</i>	Lisäkasvu 10 päivän aikana <i>Additional growth in 10 days</i>				
		Varren pituus <i>Length of stem</i>	Lehtipinta- ala per taimi <i>Leaf area per seedling</i>	Tuorepaino per taimi <i>Fresh weight per plant</i>	Kuivapaino per taimi <i>Dry weight per seedling</i>	Assimilaatti- kertymä <i>mg. dm⁻². vk⁻¹</i> <i>Net assimilation rate mg. dm⁻². week⁻¹.</i>
Pimeä/mustan peitekankaan alla <i>Darkness/under black cloth</i>	0 Phosfon Cycocel	16.2 cm 15.3 » 17.1 »	5 cm ² 9 » 8 »	0 mg 295 » 260 »	(1) mg 16 » 15 »	(7) 79 74
UV-valo <i>UV-light</i>	0 Phosfon Cycocel	14.7 » 10.0 » 17.6 »	6 » 3 » 9 »	195 » 125 » 195 »	14 » 14 » 23 »	110 108 157
Hehkulampun valo <i>Incandescent light</i>	0 Phosfon Cycocel	14.3 » 14.0 » 17.6 »	7 » 9 » 7 »	225 » 120 » 250 »	25 » 10 » 22 »	175 70 151
Luontainen päivän valo <i>Natural day light</i>	0 Phosfon Cycocel	17.1 » 4.1 » 5.2 »	56 » 43 » 53 »	1080 » 770 » 1020 »	96 » 84 » 96 »	338 331 339

Phosfon rajoitti pituuskasvua merkitsevästi UV-valossa ja päivänvalossa (PME 1.2 cm) mutta ei pimeässä eikä hehkulampun valossa. Cycocel ehkäisi varren kasvua vain päivänvalossa. Se stimuloi pituuskasvua merkitsevästi UV- ja hehkulampun valossa (piirros 2).

Käsittelemättömien kasvien tuore- ja kuivapaino ei muuttunut pimeässä 10 vuorokauden aikana. Sen sijaan kasvunsäätöillä käsiteltyjen kasvien tuore- ja kuivapaino lisääntyi, Phosfonia saaneiden tuorepaino jopa enemmän kuin UV- ja hehkulampun valossa. Phosfon hillitsi tuorepainon kasvua kaikissa muissa valokäsittelyissä paitsi pimeässä. Kuivapaino ja assimilaattikertymä pieniä sen vaikutuksesta selvästi vain hehkulampun valossa.

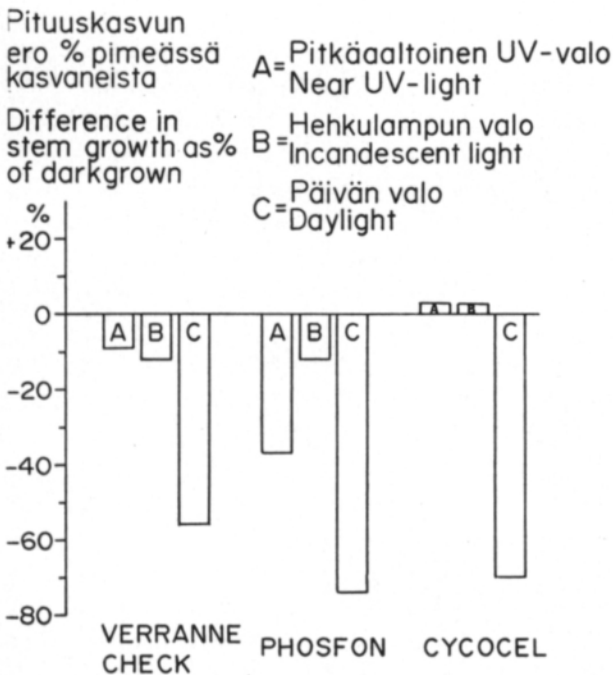
Cycocelilla käsiteltyjen kasvien tuorepainon lisäys oli suurempi tai yhtä suuri kuin verrannekasvien muulloin paitsi päivän valossa. Cycocelia saaneiden kasvien assimilaattikertymä oli pienempi kuin verrannekasvien hehkulampun valossa.

Lehtipinta-alan kasvussa säädökäyttelyjen välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja vain päivänvalossa, missä Phosfonilla käsiteltyjen kasvien lehdet kasvoivat vähemmän kuin käsittelemättömien ja Cycocelia saaneiden (PME 4 cm²). Tosin myös UV-valossa Phosfon ehkäisi lehtien kasvua, prosenttisesti jopa enemmän kuin päivänvalossa.



Kuva 1. Pitkäaaltoisen UV-valon, hehkulampun valon ja päivän valon vaikutus pavun taimien pituuskasvuun.

Fig. 1. Effect of near UV-light, incandescent light and natural day light on stem elongation of bean seedlings.



Kuva 2. Valon laadun vaikutus Cycocelin ja Phosfonin pituuskasvua rajoittavaan tehoon.

Fig. 2. Effect of light quality on stem growth retarding activity of Cycocel and Phosfon.

Tulosten tarkastelu

Valo intensiteetin vaikutus. Suoritetuissa kokeissa B-nine, Cycocel ja Phosfon rajoittivat pavun pituuskasvua prosenttisesti yhtä paljon 100 %:n (= 2100 uW) 50 %:n ja 25 %:n valoisuustasoissa (taulukko 1). Samoin on voitu todeta Cycocelin rajoittavan suhteellisesti yhtä paljon tomaatin pituuskasvua 5000 luksin kuin 30000 luksin valoisuudessa (WITTWER & TOLBERT 1960a). On siis ilmeistä, että valon määrässä tapahtuvien muutosten perusteella ei voida selittää kyseisten sääteiden erilaista vaikutusta kesällä ja talvella.

Kuitenkin on huomattava, ettei kyseisten sääteiden vaikutus ole ilmeisestikään täysin valon määrästä riippumaton. TOLBERT (1960) totesi, ettei Cycocel vaikuttanut lainkaan vehnän pituuskasvuun pimeässä eikä silloin, kun valoisuus oli alle 100 luksia. Samoin WITTWER ja TOLBERT (1960b) havaitsivat, että Cycocel hillitsi pavun ja herneen pituuskasvua pimeässä vasta käytettäessä huomattavasti suurempia käsittelymääriä, kuin mitä valossa oli tarpeen. Selostettavissa kokeissa käytetty Cycocel-määrä lisäsi pituuskasvua pimeässä, kun taas päivänvalossa sillä oli selvä hillitsevä vaikutus (taulukko 2). Phosfon ehkäisi pituuskasvua myös pimeässä, mutta sen teho oli selvästi vähäisempi kuin luontaisessa valossa.

Lehden lämpötilan vaikutus. Lehden lämpötilan kohoaminen ei vaikuttanut sääteiden vaikutusasteeseen silloin, kun lämpötilan kohotessa myös valon määrä lisääntyi. Sitä vastoin silloin, kun lehden lämpötila kohosi ilman, että säteilyn määrä lisääntyi, pieni B-ninen ja Cycocelin teho vaikutus (taulukko 1), mutta Phosfon pystyi estämään lehden lämpötilan kohoamisesta johtuneen varren venymisen. Tämä osaltaan selittänee sen, että Phosfonin teho on kesällä hyvä.

Verrattaessa tuorepainon lisäystä 50 %:n valoisuustason käsittelyissä havaitaan, että verrannekasvien tuorepaino oli selvästi pienempi siinä käsittelyssä, missä myös B-ninen ja Cycocelin teho oli pieni. Tuorepainon kasvun väheneminen johtui todennäköisimmin solukkojen liiallisesta lämpenemisestä, mihin viittaavat lehden lämpötilasta suoritettujen mitaukset sekä assimilaattikertymän pieneneminen. Samalla tavoin kesällä, jolloin valoa on enemmän kuin kasvit voivat käyttää, on osoitettu tapahtuvan kasvihuonekasvien kasvun heikkenemistä optimitilanteesta, joka saavutetaan maaliskuu-toukokuun valo-oloissa (LAVAGETTO & MCNEIL 1967). Tuntuu luonnolliselta olettaa, että yhtenä syynä kasvun vähenemiseen olisi samanlainen solukkojen lämpeneminen, kuin voitiin todeta selostettavissa kokeissa (taulukko 1). Solukkojen lämpenemisestä seuraa ilmeisestikin, että ne aineenvaihduntareaktiot häiriintyvät, joiden välityksellä Cycocel ja B-nine vaikuttavat pituuskasvua ehkäisevästi. Samalla heikkenevät Cycocelin ja B-ninen vaikutusmahdollisuudet. Myös kyseisten sääteiden inaktivoituminen voi mahdollisesti nopeutua kuvatuissa oloissa ja käsittelytulos siitä syystä jäädä heikommaksi.

Valon laadun vaikutus. Kirjallisuudessa esitetyt tulokset, jotka koskevat valon laadun vaikutusta kasvuun hillitsevien aineiden tehoon puutarhakasveilla, rajoittuvat lähinnä lisävalon vaikutuksien tarkasteluun. Vertailun kohteina ovat lähinnä olleet loistelamput ja hehkulamput lisävalon lähteinä (mm. CATHEY & STUART 1961, CATHEY & PIRINGER 1961, KRUG 1961). Näissä tutkimuksissa on todettu että Phosfon- tai Cycocel-käsittelyn saaneet kasvit suhtautuivat lisävaloon samoin kuin käsittelemättömät. Puutarhatieteen laitoksella aikaisemmin suoritetuissa kokeissa voitiin todeta, että pitkäaaltoinen

UV-lisävalo lisäsi käsittelemättömien ja Cycocelia saaneiden krysanteemin taimien kasvua. Phosfon pystyi ehkäisemään tämän vaikutuksen.

Selostettavissa kokeissa tutkittiin Cycocelin ja Phosfonin tehoa oloissa, joissa taimet kasvoivat pelkästään pitkäaaltoisessa UV- tai hehkulampun valossa, ja verrattiin niiden tehoon päivänvalossa ja pimeässä (taulukko 2 ja piirros 1). UV-valossa Phosfonin ja Cycocelin antama tulos oli samansuuntainen kuin aikaisemmin UV-lisävalossa saatu tulos. Phosfon rajoitti pavun pituuskasvua UV-valossa, mutta Cycocel lisäsi sitä.

Hehkulampun valossa Phosfonin ja Cycocelin vaikutus sitä vastoin poikkesi niistä tuloksista, mitä kyseisillä sääteillä on saatu silloin, kun hehkulampun valoa on käytetty päivänvalon lisänä. Cycocel lisäsi pituuskasvua kuten UV-valossakin, ja Phosfonilla käytännöllisesti katsoen ei ollut mitään vaikutusta pituuskasvuun. Sen sijaan Phosfon rajoitti tuore- ja kuivapainon kasvua sekä assimilaattien kertymistä hehkulampun valossa. On mahdollista, että sääteiden heikko teho hehkulampun valossa johtui solukkojen lämpenemisestä. Tosin lehden lämpötila UV-valossa oli lähes yhtäsuuri kuin hehkulampun valossa, joten on ilmeistä, että ainakaan Phosfonin tehon heikkoutta hehkulampun valossa ei tämän seikan perusteella voida täysin selittää.

Phosfonin vaikutuksella lehtien kokoon sekä tuore- ja kuivapainoon ei ollut selvää ja yhdenmukaista yhteyttä pituuskasvua rajoittavan vaikutuksen kanssa. Cycocelin vaikutus tuore- ja kuivapainoon oli samansuuntainen kuin pituuskasvuun, joskaan vaikutusaste näissä ei ollut aina yhtä suuri. Mielenkiintoista on panna merkille, että pimeässä lisääntyi Phosfonilla ja Cycocelilla käsiteltyjen taimien tuorepaino, mutta ei käsittelemättömien kasvien.

Kasvunsäätteiden vaikutustapa. Selostettavien kokeiden perusteella ei voida tehdä varmoja johtopäätöksiä siitä, mistä johtui Cycocelin ja Phosfonin erilainen vaikutus UV-valossa sekä osin myös hehkulampun valossa ja pimeässä. BRUINSMA (1966) päätyi kasvunsäätteiden vaikutusmekanismia koskevien tutkimusten tarkastelussaan johtopäätökseen, että Cycocel ja Phosfon rajoittavat kasvua estämällä gibberelliinin biosynteesin. Toisaalta JONESIN ja LANGIN (1968) herneellä suorittamat tutkimukset eivät osoittaneet mitään eroa pimeässä ja valossa kasvaneiden taimien gibberelliinimäärissä. Näin ollen olettaisi Cycocelin ja Phosfonin vaikuttavan yhtäläillä pimeässä ja valossa kasvaneiden taimien kasvuun. Onkin otaksuttava, että Cycocelin ja Phosfonin kasvua hillitsevä vaikutus ei yksistään perustu siihen, että ne estävät gibberelliinin biosynteesiä. Cycocelin ja Phosfonin vaikutuksessa todettujen erojen perusteella on myös ilmeistä, että niiden vaikutus kasvureaktioihin on osittain erilainen.

Vaikutusasteen erilaisuus kesällä ja talvella. Suoritetujen kokeiden perusteella ei voida katsoa valon määrällä olevan suoranaista vaikutusta kasvua hillitsevien aineiden vaikutusasteen erilaisuuteen kesällä ja talvella. Välillisesti säteilyn määrä voi vaikuttaa Cycocelin ja B-ninen tehoa alentavasti, silloin kun siitä aiheutuu solukkojen liiallista lämpenemistä kuten kesällä voi tapahtua. Lisäksi Cycocelin pituuskasvun stimuloiva vaikutus pitkäaaltoisessa UV-valossa viittaa siihen, että lyhytaaltoisen valon suurempi osuus kesän ajan valosäteilyssä voi heikentää Cycocelin tehoa kesällä.

Phosfonin teho ei heikentynyt lehden lämpötilan kohoamisen vaikutuksesta, mikä osittain selittänee Phosfonin hyvän tehon kesällä. Pitkäaaltoisen säteilyn suurempi osuus talvi-ajan kuin kesäajan valosäteilyssä voi olla yhtenä syynä Phosfonin heikkokseen tehoon talvella. Tähän viittaa se, että se ei rajoittanut pituuskasvua hehkulampun valossa.

Tiivistelmä

Kasvia hillitsevien sääteiden, B-ninen, Cycocelin ja Fosfonin vaikutusta pavun (*Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*) taimien kasvuun tutkittiin 100 %:n (= 26000 luksia, 2100 μ W aaltoalueella 400—800 nm), 50 %:n ja 23 %:n valoisuustasoissa loistelamppujen valossa. Lehden lämpötilan vaikutuksen selvittämiseksi oli kokeissa 50 %:n valoisuustasoja kaksi ja niissä kasvien etäisyydet valolähteestä ja lampputehot erisuuret. Lehden lämpötila mitattiin vastuslämpömittarilla. Lisäksi selvitettiin Cycocelin ja Fosfonin vaikutusta pimeässä, pitkä-aaltoisessa UV-valossa, hehkulampun valossa ja päivänvalossa (tammi-maaliskuun aikana). Kokeiden tarkoituksena oli selvittää mikä osuus valo-oloilla on siihen, että Fosfonin teho on kesällä todettu paremmaksi kuin talvella ja Cycocelin ja B-ninen päinvastoin.

Suoritetuissa kokeissa todettiin seuraavaa:

Valon määrä ei vaikuttanut suoranaisesti B-ninen, Cycocelin ja Fosfonin pituuskasvua rajoittavaan tehoon tutkituilla valoisuusalueilla.

Sääteiden vaikutusaste ei riippunut lehden lämpötilasta silloin, kun lehden lämpötilan kohotessa lisääntyi myös säteilyn määrä aaltoalueella 400—800 nm. Sen sijaan, jos lehden lämpötila kohosi mutta säteilyn määrä ei lisääntynyt, pieneni B-ninen ja Cycocelin vaikutusaste merkitsevästi.

Kokeissa käytetty Cycocel-määrä stimuloi pituuskasvua pimeässä, UV-valossa ja hehkulampun valossa, mutta ehkäisi sitä päivänvalossa.

Fosfon rajoitti selvästi pituuskasvua päivänvalossa ja UV-valossa mutta ei hehkulampun valossa. Pimeässä Fosfon hillitsi pituuskasvua merkitsevästi, mutta selvästi vähemmän kuin UV- ja päivänvalossa.

Sääteillä käsitellyissä taimissa assimilaattien nettokertyminen (assimilaattikertymä) oli 100 %:n valoisuustasolla suurempi kuin käsittelemättömissä kasveissa. Hehkulampun valossa Cycocel ja etenkin Fosfon pienensi assimilaattikertymää.

Sääteiden vaikutus lehtipinta-alaan sekä tuore- ja kuivapainoon ei ollut yhtäsuuri eikä aina samansuuntainen kuin pituuskasvuun. Fosfon ja Cycocel lisäsivät tuore- ja kuivapainon kasvua pimeässä. Muissa käsitellyissä Fosfon yleensä vähensi niitä. Cycocel ja B-nine lisäsivät tai vähensivät muista käsitteilyistä riippuen.

KIRJALLISUUS

- 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 Fosfon and CCC for controlling mum height. Flor. Rev. 126: 17—18, 43—44, 52.
- »— 1969. Enhancing the activity of chemical growth retardants. Ibid. 144, 3719: 56—57, 135.
- »— & PRINGER, A. A. 1961. Relation of Fosfon to photoperiod, kind of supplemental light and night temperature on growth and flowering of garden annuals. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77: 608—619.
- »— & STUART, N. W. 1961. Comparative plant growth-retarding activity of Amo 1618, Fosfon and CCC. Bot. Gaz. 123, 51—57.
- COCHRAN, W. G. & COX, G. M. 1962. Experimental designs. p. 595. New York.
- GREGORY, F. G. 1926. The effect of climatic conditions on the growth of barley. Ann. Bot. 40: 1—26.
- JONES, R. L. & LANG, A. 1968. Extractable and diffusible gibberellins from light- and dark grown pea seedlings. Pl. Physiol. 43: 629—634.

- KAUKOVIRTA, E. 1963. Kasvua hillitsevien aineiden käytöstä krysanteemin ja joulutähden viljelyssä. *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 35: 109—126.
- »— 1967. Effect of growth retardants on plants grown in peat. *Acta Horticult.* 8: 32—37.
- »— 1968a. Pitkäaaltoisen UV-valon sekä kasvunsäätteiden vaikutus krysanteemin kasvuun. *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 40: 67—78.
- »— 1968b. Kasvua hillitsevien aineiden vaikutus pavun taimien kasvuun. I. Vaikutuksen riippuvuus käsittelytavasta ja yölämpötilasta. *Ibid.* 41: 12—25.
- »— 1968c. Kasvua hillitsevien aineiden vaikutus pavun taimien kasvuun. II. Vaikutuksen riippuvuus yölämpötilasta ja kasvualustasta. *Ibid.* 41: 26—36.
- »— E. 1969a. Kasvua hillitsevien aineiden vaikutus pavun taimien kasvuun. III. Vaikutuksen riippuvuus lämpötilasta. *Ibid.* 41: 165—178.
- »— 1969b. Tutkimuksia kasvua hillitsevien aineiden käytöstä turveviljelyssä. *Ibid.* 41: 298—306.
- »— 1969c. The bulk density and cation exchange capacity of peat and the effect of growth retardants on plants grown in peat. *Acta Horticult.* 52, 1: 120—122.
- »— 1969d. The dependance of stem growth restriction effect of growth retardants on light intensity, temperature and growth base. *Nord. jordbr. forskn. Painossa.*
- KRUG, H. 1961. Wachstumsbeeinflussung von Kartoffel-Augenstecklingen durch quaternäre Ammoniumverbindungen und Gibberellin. *Landbauforschung (Völkenrode)* 11: 88—93.
- LAVAGETTO, F. & McNEIL, S. J. 1967. Spectral distribution of daylight. *Flor. Rev.* 141, 3650: 31, 76—77, 88—90.
- LUNELUND, H. 1936. Värmestrålning och ljusstrålning i Finland. 162 s. Helsinki.
- »— 1940. In Finland eingestrahelte Lichtmengen. *Soc. Sci. Fenn. Comm. Physic. Math.* XI, 3: 1—15.
- TOLBERT, N. E. 1960. (2-chloroethyl-)trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. *Pl. Physiol.* 35: 380—385.
- WITTEW, S. H. & TOLBERT, N. E. 1960a. (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.
- »— 1960b. (2-chloroethyl-)trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. V. Growth, flowering and fruiting responses as related to those induced by auxin and gibberellin. *Pl. Physiol.* 35: 871—877.

SUMMARY

EFFECT OF GROWTH RETARDANTS ON THE GROWTH OF BEAN SEEDLINGS.

IV. Relation to light intensity and to light quality

ERKKI KAUKOVIRTA

Institute of Horticulture, University of Helsinki

The intensity of growth retardation of B-nine, Cycocel and Phosfon at three levels of light intensity (100 % = 26000 lux = 2100 μ W in spectral band from 400 to 800 nm, 50 % and 23 %) was studied in experiments carried out in growth chambers equipped with WHO 110 Watt fluorescent tubes. In addition, the effect of near UV-light and incandescent light on the growth retarding activity of Phosfon and Cycocel were compared to their effect in darkness and in natural daylight. Philips HPW 125 W lamps were used as a source of near UV-light. One HPW 125 W lamp and two 60 W incandescent lamps were placed to cover the area of 1 m², and the distance from lamps to plants was 70 cm. The duration of the light period was 8 hours.

Seeds of *Phaseolus vulgaris* var *vulgaris* were pregerminated at 25° C and then grown in 4" plastic pots in sand at 18° C average night and 21° C day temperatures and in experimental light conditions. When the primary leaves were fully opened the plants were treated with growth retardants. The amount

of Cycocel and B-nine in the treatments was 100 mg and that of Phosfon 15 mg of active compound per pot of two seedlings. The pots were irrigated by modified (WENT 1957) Hoagland solution (0.02 %) daily.

Leaf temperatures were measured on four successive days 4 hours after the beginning of the light period by using thermocouples fastened to the leaves from below. Stem length, leaf area (by optical leaf planimeter) and fresh and dry weights were measured before the application of retardants, and 10 days after the application. From these data the net assimilation rates (NAR) were calculated by using the formula of GREGORY (1926). The dry weights of roots were not included. The results are given in Tables 1—2 and in Figures 1—2.

The percentages of stem growth retardation of B-nine, Cycocel and Phosfon were practically the same at all light intensities studied. The increase of fresh and dry weight of seedlings was restricted most by all retardants at 23 % level of light intensity.

Increase in leaf temperature caused by the increase in the energy within the spectral band from 400 to 800 nm did not affect the intensity of stem growth retardation. If the leaf temperature was increased without any increase in the light intensity, the effectiveness of B-nine and Cycocel, but not that of Phosfon, in restricting stem growth decreased.

The amount of Cycocel used in the experiments retarded the stem growth by 27 % in natural daylight, but stimulated it in near UV-light, in incandescent light and in darkness respectively by 20, 23 and 6 %. Phosfon inhibited the stem growth by 42 % in natural daylight, by 32 % in near UV-light, but significantly less in darkness (by 6 %) and in incandescent light (by 2 %).

The NAR of treated plants was greater than that of untreated at 100 %-level of light intensity, but not at lower light intensities. Cycocel and Phosfon reduced the NAR in incandescent light, Phosfon more pronouncedly than Cycocel.

The fresh and dry weights of seedlings treated with Cycocel or Phosfon increased in darkness, but not those of untreated plants. In other light treatments, Phosfon reduced the fresh weight independently of the light quality, but Cycocel only in natural day light.

It is suggested that the differences in plant response to growth retardants in winter and in summer are caused, at least partly, by the seasonal variations in the quality of natural daylight.