

KASVUSTON TIHEYDEN JA LÄMPÖTILAN VAIKUTUS JAUHOSAVIKAN (*CHENOPODIUM ALBUM* L.) JA SEN SADON KEHITTYMISEEN

LEILA-RIITTA ERVIÖ

Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitos

Saapunut 12. 12. 1971

EFFECT OF GROWTH DENSITY AND TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT AND YIELD OF *CHENOPODIUM ALBUM* L.

LEILA-RIITTA ERVIÖ

Institute of Plant Husbandry, University of Helsinki

Abstract. Pot experiments with *Chenopodium album* were carried out in phytotrons and outside in a roofed coolhouse in 1969—70. Number of branches per plant was higher in a sparse than in a dense stand at phytotron temperature of 12° C. Leaf area index (LAI) was smaller, leaf area per plant larger in a sparse than in a dense stand. Root and leaf yield as well as total plant weight were larger in a sparse than in a dense stand. Total *C. album* yield per unit area was higher from a dense than from a sparse stand. Growth density and temperature had a notable effect on the shape of the yield curve (Figs. 4—5). Daily yield increase per plant was larger but the increase per unit area smaller in a sparse than in a dense stand. Length of the period vegetative growth of *C. album* was reduced and plant development accelerated at 24° C. The temperature summations required for the various developmental stages of the plant differed from each other at 24° C and 12° C. In phytotrons at 24° C plants matured in 90 days, in the coolhouse (15.4° C) in 116 days; the corresponding temperature summations were 2160° and 1837°. LAI at 24° C was at its highest during flowering and at 12° C just before flowering. The phytotron temperature of 12° C increased the weight of roots and leaves as well as the total individual weights of plants at a similar developmental stage. Portions of roots and leaves remained smaller at 24° C than at 12° C. At 12° C the most intense growth took place in an earlier stage of plant development than at 15.4° C (coolhouse) or 24° C.

Kasviyksilön kasvuun vaikuttavat luontainen kasvupotentiaali ja ympäristötekijät, jotka voivat olla kasvulle suotuisia tai rajoittaa sitä. Ympäristötekijöistä valaistus ja lämpötila vaikuttavat kasvien assimilaatiotehoon ja sen kautta myös kilpailukykyyn. Kullakin kasvilajilla on optimilämpötilansa, jossa assimilaatio tapahtuu voimakkaimmin. Lauhkean ilmaston rikkakasveilla se on yleensä noin 25° C. (MEYER ja ANDERSSON 1963). Tutkimuksissa, jotka koskevat lämpötilan vaikutusta rikkakasveihin, on pääasiallisesti käsitelty rikkasiementen itämistä (KOLK 1947, BARTON 1953, STEINBAUER ja GRIGSBY

1957). Sen sijaan kirjallisuudesta löytyy vain vähän tietoja lämpötilan vaikutuksesta rikkakasvien kasvamiseen ja kehittymiseen (SCHEER 1934, HULL 1958, JORDAN ja DAY 1967, HÄKANSSON 1969). Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitoksella Viikissä suoritettiin vuosina 1969—70 astiakokeita, joissa tutkittiin jauhosavikan (*Chenopodium album* L.) sadon muodostumista tiheydeltään erilaisissa kasvustoissa kahdessa lämpötilassa.

Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Kokeet järjestettiin kasvinviljelytieteen laitoksen fytotroneissa ja astiakoehallissa. Jauhosavikat kasvatettiin muoviastioissa, joiden pinta-ala oli 200 cm² ja tilavuus 2½ litraa. Kasvualustana käytettiin hiekan ja lannoitetun kasvuturpeen seosta suhteessa 1:3. Kasvien runsaasta veden ja ravinteiden saannista huolehdittiin kokeiden kestäessä.

Fytotroneissa suoritetuissa kokeissa jauhosavikat kylvettiin muoviastioihin ja taimien noustua pinnalle harvennettiin kasvutiheyksiin 5 ja 23 kpl/astia, jotka vastasivat 256 ja 1152 yksilöä/m². Kerranteita oli neljä. Fytotronien lämpötila säädettiin 24° ja 12° C:ksi ja suhteellinen kosteus 65 %:ksi. Valoisan ajan pituus vuorokaudessa oli 20 tuntia ja valaistuksen voimakkuus kasvien korkeudella 16 000 luxia. Kahden viikon kuluttua kylvöstä korjattiin ensimmäinen kasviera. Sen jälkeen korjuut toistettiin aluksi n. viikon välein, myöhemmin, kun kehitys oli hitaampaa, n. 12 vrk:n välein. Korjuukertoja kertyi kaikkiaan yhdeksän, kun koe lopetettiin kasvien ollessa tuleentuneita 24° C:ssa (= 90 vrk kylvöstä).

Astiakoehallin koetta varten jauhosavikat kylvettiin laatikoihin kasvihuoneeseen. Taimet kouluttiin turveruukkuihin (4 × 4 cm) ja istutettiin 4-lehtiasteella astiakoehalliin muoviastioihin tiheyksin 2 ja 5 tainta/astia, jotka vastasivat 100 ja 256 yksilöä/m². Kerranteita oli 12. Istutusvaiheessa punnittiin varsiston ja juuriston painot 2 × 5 kappaleen erästä. Tämän perusteella voitiin myöhemmin laskea istutuksen jälkeen tapahtunut kasvien painonlisäys. Kasvit korjattiin viidellä kehitysasteella: 1) versoasteella, 2) kukintaasteella, 3) siementen kehittyessä, 4) kasvien kellastuessa ja 5) tuleentuneina.

Korjattaessa punnittiin kasvien kuiva-ainesato sekä määritettiin juuri-, varsi- ja lehtisatojen osuudet. Lisäksi fytotroneissa kasvaneitten jauhosavikoitten lehtiala mitattiin optisella planimetrilla.

Tulokset

K a s v i e n k e h i t y s. Fytotroneissa korkea lämpötila lyhensi jauhosavikan vegetatiivisen kasvun aikaa ja joudutti kehitystä. Ensimmäiset kasvulehtiparit kehittyivät kasveihin 24° C:n lämpötilassa jo 15 vuorokauden kuluttua kylvöstä, kun ne 12° C:ssa muodostuivat vasta 28 vuorokauden kuluttua (taulukko 1). Nuput muodostuivat pääversoon 24° C:ssa samanaikaisesti ensimmäisten kasvulehtien kanssa. Sen sijaan 12° C:ssa nuppuastetta edelsi taimiasteelta lähtien 53 vuorokauden pituinen vegetatiivisen kasvun kausi.

Kasvit tarvitsivat haarojen muodostumiseen 12° C:ssa vain hiukan korkeamman lämpötilasumman kuin 24° C:ssa (taulukko 1). Sen sijaan nuppuasteen saavuttamiseen käytetty lämpötilasumma oli 12° C:ssa noin 2.5-kertainen ja kukinnan alkamiseen tarvittu noin 2.1-kertainen 24° C:een verrattuna. Jauhosavikka tulentui fytotroneissa 24° C:n lämpötilassa 90 vuorokaudessa saatuaan 2160° C:n lämpötilasumman.

Taulukko 1. Lämpötilan vaikutus jauhosavikan kehittymiseen fytotroneissa.
 Table 1. Effect of temperature on development of *Chenopodium album* in phytotrons.

Kehitysaste <i>Stage of development</i>	Lämpötila <i>Temperature</i>			
	24° C		12° C	
	Vrk kylvöstä <i>Days from sowing</i>	Lämpötila- summa <i>Temperature summation</i>	Vrk kylvöstä <i>Days from sowing</i>	Lämpötila- summa <i>Temperature summation</i>
Taimistunut <i>Emerged</i>	4	96	7	84
Ensimmäiset kasvulehdet kehittyneet <i>First foliage leaves out</i>	12	288	28	336
Haarojen kehitys alkanut <i>Start of branching</i>	20	480	43	516
Nuppuaste ¹ <i>Flower bud stage</i>	14	336	70	840
Kukinta alkanut ¹ <i>Start of flowering</i>	20	480	84	1008
Siemenet kehittymässä <i>Seeds developing</i>	35	840	—	—
Kukinta päättynyt <i>End of flowering</i>	43	1032	—	—
Siemenet alkaneet varista <i>First seeds shed</i>	43	1032	—	—
Tuleentunut <i>Maturity</i>	90	2160	—	—

¹ Pääverso 24° C:ssa.
 Main shoot at 24° C.

Astiakoehallissa, jossa keskimääräinen lämpötila koeaikana oli 15.4° C (vaihtelu 14.0—16.5° C), nousivat eri kehitysasteisiin tarvittavat lämpötilasummat jonkin verran korkeammiksi kuin fytotroneissa 24° C:n lämpötilassa lukuunottamatta haarojen kehittymis- ja kasvien tuleentumisvaihetta (taulukko 2). Jauhosavikka tuleentui astiakoehallissa 116 vuorokaudessa vastaavan lämpötilasumman ollessa 1837° C.

H a a r o j e n l u k u m ä ä r ä. Kasvuston tiheys ja lämpötila eivät yksinään vaikuttaneet merkittävästi haarojen lukumäärään. Sen sijaan haaroja kehittyi fytotroneissa merkittävästi enemmän harvan kuin tiheän kasvuston yksilöihin lämpötilan ollessa 12° C (vuorovaikutuksen F-arvo 12.0*). Niitä oli harvassa kasvustossa 11.5 kpl ja tiheässä 6.8 kpl yksilöä kohti kokeen päättyessä.

L e h t i e n p i n t a - a l a. Fytotroneissa kasvaneitten jauhosavikoitten lehtialaindeksi (LAI) kohosi suuremmaksi tiheässä kuin harvassa kasvustossa kummassakin lämpötilassa (taulukko 3). Sen sijaan lehtiala yksilöä kohti oli huomattavasti pienempi tiheässä kuin harvassa kasvustossa.

Lämpötilan vaikutus jauhosavikan lehtialaindeksin kehitykseen ilmenee kuvasta 1. LAI

Taulukko 2. Jauhosavikan kehitysasteiden saavuttamiseen kulunut aika ja lämpötilasumma astiakoehallissa.

Table 2. Time and temperature summations required for the various developmental stages of *C. album* grown in coolhouse.

Kehitysaste Stage of development	Vrk kylvöstä Days from sowing	Lämpötilasumma Temperature summation
Haarojen kehitys alkanut Start of branching	32	448
Nuppuaste Flower bud stage	41	574
Kukinta alkanut Start of flowering	47	696
Kukinta päättynyt End of flowering	67	1039
Siemenet kehittymässä Seeds developing	67	1039
Siemenet alkaneeet varista First seeds shed	79	1304
Tuleentunut Maturity	116	1837

Taulukko 3. Kasvutiheyden ja lämpötilan vaikutus jauhosavikan keskimääräiseen lehtialaindeksiin (LAI) ja lehtien pinta-alaan/yksilö.

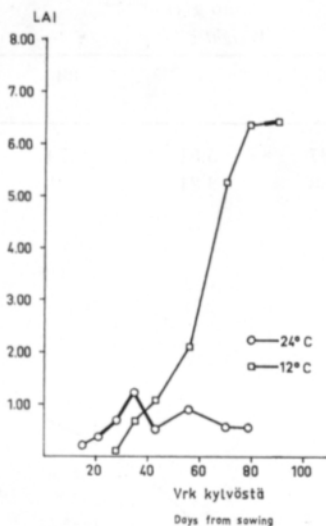
Table 3. Effect of growth density and temperature on mean leaf area index (LAI) and leaf area per plant of *C. album* grown in phytotrons.

Kasvutiheys kpl/m ²	LAI		Lehtiala/yksilö sl. Relative leaf area/plant	
	24° C	12° C	24° C	12° C
Growth density plants/m ²				
256	0.37	2.81	15 cm ² = 100	747
1152	0.91	3.50	53	200
Tiheyden F-arvot F-values for density	106.7**	684.0***	67.0**	99.0**

kasvoi 24° C:ssa versoasteelta lähtien kukinta-asteen puoliväliin saakka (= 24 vrk ensimmäisten kasvulehtien muodostumisesta), jonka jälkeen se alkoi pienentyä lehtien kuivumisen vuoksi. Lämpötilan ollessa 12° C LAI nousi jo versoasteella, mutta nousu hidastui voimakkaasti noin viisi vuorokautta ennen kukinnan alkamista (= 51 vrk kasvulehtien ilmaantumisen). LAI ja lehtiala yksilöä kohti (taulukko 3) kehittyivät huomattavasti suuremmiksi 12° C:n kuin 24° C:n lämpötilassa.

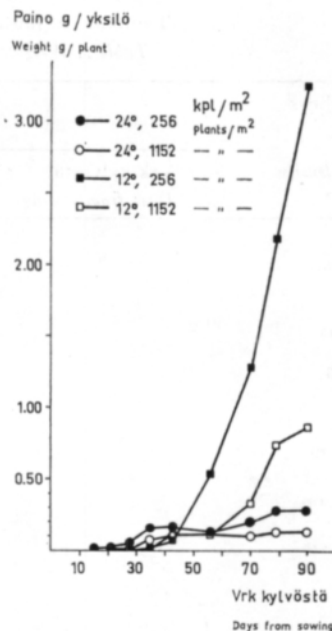
Yksilön painot. Juuriston paino yksilöä kohti oli fytotroneissa kasvien samalla kehitysasteella suurempi harvassa kuin tiheässä kasvustossa ja myös suurempi 12° C:n kuin 24° C:n lämpötilassa, kuten oheiset suhdeluvut jauhosavikan kukintavaiheessa osoittavat:

Kasvutiheys	24° C	12° C
256 kpl/m ²	6 mg = 100	3700
1152 „	33	1050



Kuva 1. Jauhosavikan lehtialaindeksin (LAI) kehitys fytotroneissa. Kukinnan ajankohta on merkitty kuvaajiin paksunnoksella.

Fig. 1. Leaf area index (LAI) in *C. album* grown in phytotrons. Heavy line indicates the date of flowering.



Kuva 2. Jauhosavikan yksilönpainon kehitys fytotroneissa.

Fig. 2. Weight per plant of *C. album* grown in phytotrons.

Astiakoehallissa juuriston paino yksilöä kohti kehittyi niinikään selvästi suuremmaksi harvassa (0.31 g = 100) kuin tiheässä (48) kasvustossa.

Oheisesta asetelmasta ilmenee, että yksilöitten keskimääräinen lehtisato oli runsaampi harvassa kuin tiheässä kasvustossa varsinkin fytotroneissa lämpötilan ollessa 12° C. Alhainen lämpötila kohotti huomattavissa määrin jauhosavikan keskimääräistä lehtisatoa yksilöä kohti:

Kasvutiheys	24° C	12° C	Astiakoehalli
100 kpl/m ²	—	—	740 mg = 100
256 „	30 mg = 100	2133	65
1152 „	70	600	—

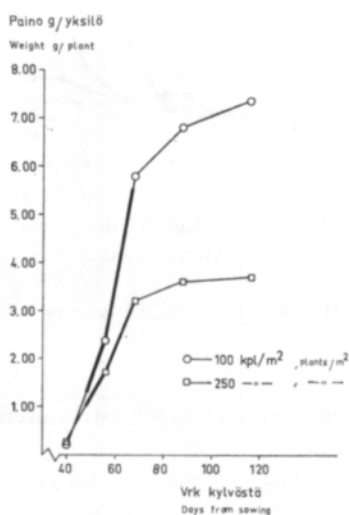
Fytotroneissa jauhosavikkayksilöitten kokonaispaino oli keskimäärin pienempi tiheässä (0.22 g*) kuin harvassa (0.74 g) kasvustossa. Kasvit jäivät myös pienemmiksi 24° C:ssa kuin 12° C:ssa samalla kehitysasteella ollessaan. Oheisista suhdeluvuista ilmenevät yksilönpainot jauhosavikan kukinta-asteella:

Kasvutiheys	24° C	12° C
256 kpl/m ²	0.16 g = 100	2025
1152 „	69	580

Kun kylvöstä oli kulunut 56 vuorokautta, astiakoehallissa näytti jauhosavikkayksilöitten kokonaispaino astiakoehallissa olevan jo jonkin verran korkeampi harvassa kuin tiheäs-

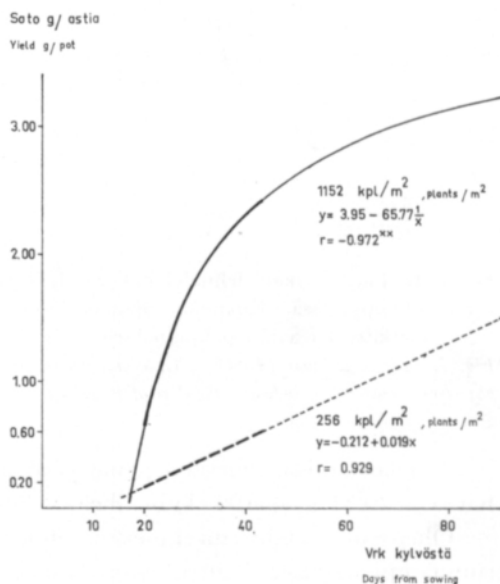
Taulukko 4. Jauhosavikan yksilönpainot astiakoehallissa.
 Table 4. Weights per plant of *C. album* grown in coolhouse.

Kasvutiheys kpl/m ²	Paino g/yksilö Weight g/plant					
	Vrk kylvöstä Days from sowing	40	56	67	88	116
<i>Growth density</i> plants/m ²						
100		0.22	2.37	5.81	6.79	7.35
256		0.25	1.68	3.21	3.61	3.62
PME _{0.05}	2.00 g					
LSD _{0.05}						



Kuva 3. Jauhosavikan yksilönpainon kehitys astiakoehallissa. Kukinnan ajankohta on merkitty kuvaajiin paksunnoksella.

Fig. 3. Weight per plant of *C. album* grown in coolhouse.
 Heavy line indicates the date of flowering.



Kuva 4. Jauhosavikan sadon kehittyminen fyto-
 tronissa 24° C:ssa. Kukinnan ajankohta on mer-
 kitty kuvaajiin paksunnoksella.

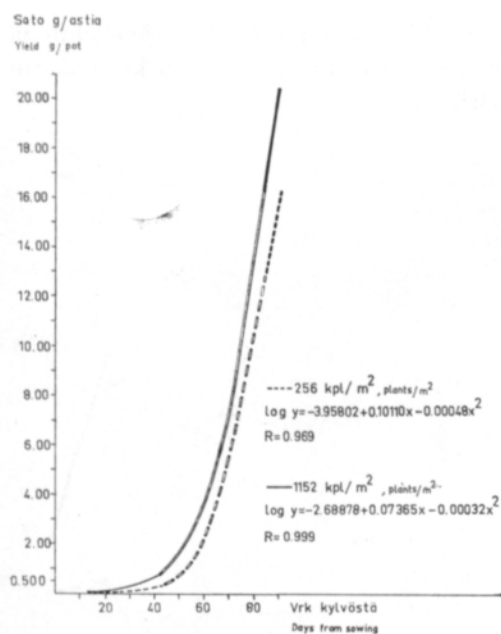
Fig. 4. Yield of *C. album* grown in phytotron at 24° C.
 Heavy line indicates the date of flowering.

sä kasvustossa. Ero kävi yhä selvemmäksi ja tilastollisesti luotettavaksi kasvukauden edis-
 tyessä (taulukko 4).

K o k o n a i s s a t o. Tiheä jauhosavikkokasvusto tuotti pinta-alayksikköä kohti har-
 vaa runsaamman kuiva-ainesadon molemmissa kokeissa (kuvat 4—6). Fytotroneissa jau-
 hosavikan keskimääräinen kuiva-ainesato astiaa kohti oli merkittävästi suurempi 12° C:ssa
 (4.62 g*) kuin 24° C:ssa (1.33 g). Satokäyrän muotoon vaikuttivat huomattavassa määrin
 kasvuston tiheys ja lämpötila. Sato nousi 24° C:ssa lineaarisesti kasvien tuleentumiseen
 saakka, kun jauhosavikoita oli 256 kpl/m² (kuva 4). Sen sijaan tiheässä kasvustossa samassa
 lämpötilassa satokäyrää kuvasi parhaiten funktio $y = a + b \frac{1}{x}$. Sato nousi tällöin jyrkästi
 verso- ja kukinta-asteella. Kukinnan loppupuolella lajinsisäisen kilpailun kasvua rajoitta-

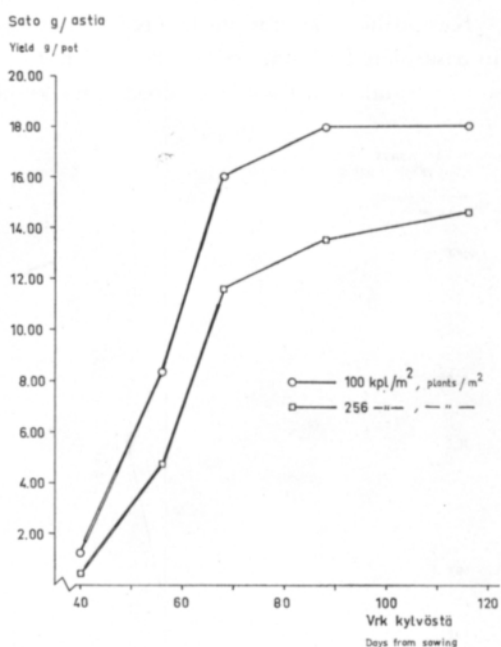
va vaikutus alkoi tuntua yhä selvempänä ja sadonlisäys hidastui, joskin sato nousi koko kokeen kestoajan. Sadon kehittymistä 12° C:ssa kuvasi etsityistä matemaattisista malleista parhaiten funktio $\log y = a + bx + cx^2$ (kuva 5) kummassakin tiheydessä. Tällöin sadon lisääntyminen oli kasvun alkuvaiheessa hidasta. Vasta, kun jauhosavikoissa oli 4–8 lehteä ja ensimmäiset haarat alkoivat muodostua, muuttui sadon nousu erittäin jyrkäksi. Kun koe lopetettiin 90 vuorokauden kuluttua kylvöstä, jauhosavikka oli kukinta-asteella, eikä sadon nousu ollut hidastunut tiheässäkään kasvustossa.

Astiakochallissa jauhosavikan kokonaissato nousi jyrkästi, kunnes kasvien kukinta päättyi ja siemenet alkoivat muodostua. Sen jälkeen painonlisäys hidastui, eivätkä satoerot kehitysasteiden välillä olleet enää tilastollisesti merkitseviä siementen kehittymisvaiheesta (= 67 vrk kylvöstä) eteenpäin (kuva 6).



Kuva 5. Jauhosavikan sadon kehittyminen fyto-
tronissa 12° C:ssa. Haarojen ja nuppujen muo-
dostumisen ajankohta on merkitty kuvaajiin va-
lealla, kukinta tummalla paksunnoksella.

Fig. 5. Yield of *C. album* grown in phytotron at 12° C. White heavy line indicates the date of branching and flower buds, black heavy line the date of flowering.



Kuva 6. Jauhosavikan sadon kehittyminen astia-
kochallissa. Nuppujen muodostumisen ajankohta
on merkitty kuvaajiin vaalealla, kukinta tum-
malla paksunnoksella.

Fig. 6. Yield of *C. album* grown in coolhouse. White heavy line indicates the date of flower buds, black heavy line the date of flowering.

Juurien, varsien ja lehtien osuudet. Kasvuston tiheys ei kummassakaan kokeessa vaikuttanut merkittävästi juuri-, varsi- ja lehtisatojen prosentisiin osuuksiin kokonaissadosta. Fyto-
troneissa olivat juurien ja lehtien keskimääräiset osuudet sadosta pie-
nemät, varsien vastaavasti suuremmat 24° kuin 12° C:ssa:

	24° C	12° C
Juuria %	5.1***	15.3
Varsia % ¹	70.7***	29.6
Lehtiä %	24.2***	55.1

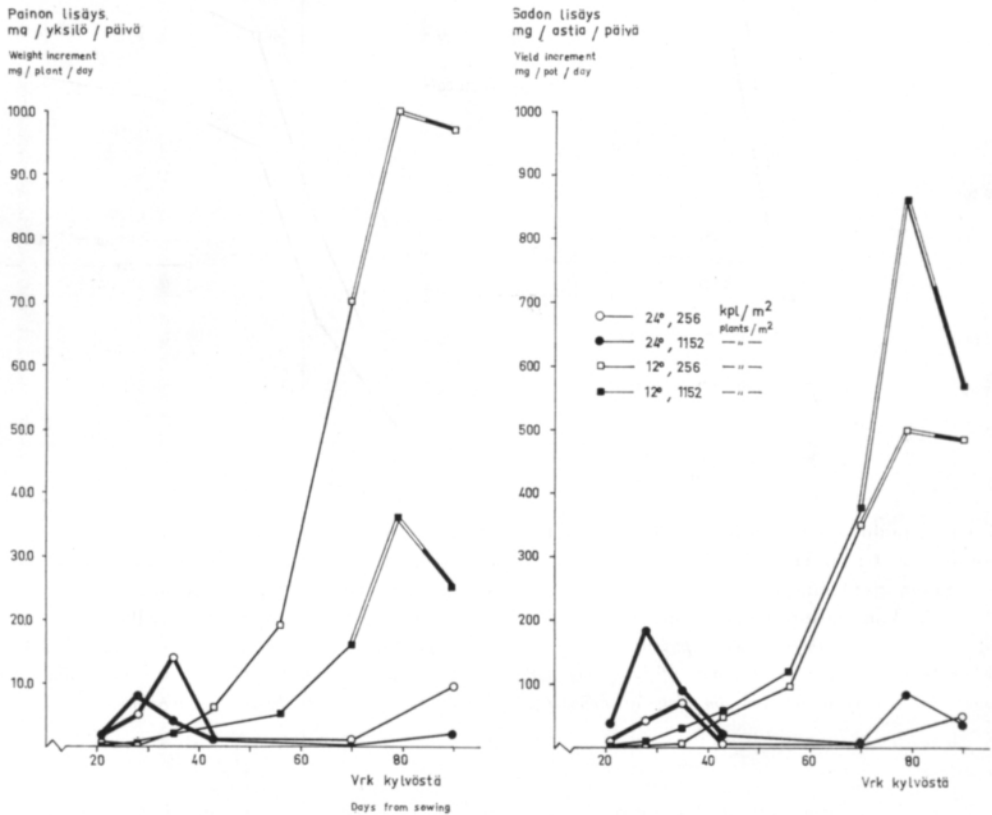
¹Sisältää myös siemensadon 24° C:ssa.

Astiakoehallissa kokonaissato jakautui keskimäärin seuraavasti:

Juuria %	8.7
Varsia ja siemeniä %	60.8
Lehtiä %	30.5

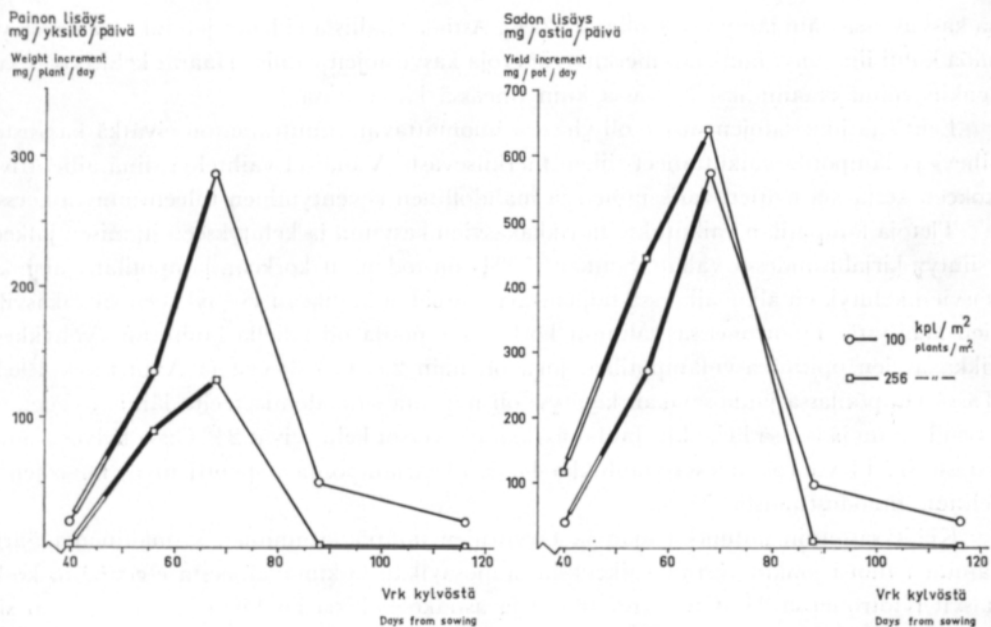
Jauhosavikan juurisadon osuudessa ilmeni fytoatroneissa vain satunnaisia vaihteluja eri kehitysasteilla. Sen sijaan astiakoehallissa juurten ja lehtien osuus sadosta aleni versoas- teelta lähtien kasvien vanhetessa.

Kasvutiheys ja lämpötila eivät aiheuttaneet merkitseviä muutoksia kasvien lehti- ja juurisatojen keskinäisessä suhteessa. Fytoatroneissa se oli kukinnan alkaessa keskimäärin 4.3 ja astiakoehallissa koko koeaikana keskimäärin 3.0.



Kuva 7. Jauhosavikan päivittäiset painonlisäykset fytoatroneissa. Nuppujen muodostumisen ajankohta on merkitty kuvaajiin vaalealla, kukinta tummalla paksunnoksella.

Fig. 7. Daily weight increments of *C. album* grown in phytotrons. White heavy line indicates the date of flower buds, black heavy line the date of flowering.



Kuva 8. Jauhosavikan päivittäiset painonlisäykset astiakoehallissa. Nuppujen muodostumisen ajankohta on merkitty kuvaajiin vaalealla, kukinta tummalla paksunnoksella.

Fig. 8. Daily weight increments of *C. album* grown in coolhouse. White heavy line indicates the date of flower buds, black heavy line the date of flowering.

Sadon kasvunopeus. Päivittäinen sadonlisäys yksilöä kohti oli molemmissa koeksissa suurempi harvassa kuin tiheässä kasvustossa. Sadonlisäys pinta-alayksikköä kohti oli fyto-troneissa suurempi tiheässä kuin harvassa kasvustossa. Astiakoehallissa se oli kukinnan päättymiseen saakka jonkin verran suurempi, kasvien tuleentumisvaiheessa taas pienempi tiheässä kuin harvassa kasvustossa.

Päivittäinen sadonlisäys oli fyto-troneissa 24° C:ssa voimakkaimmillaan jauhosavikan kukkiessa (kuva 7). Kun kukinta oli lopullaan ja siemenet alkoivat kehittyä, pieneni painonlisäys jyrkästi. Alhaisessa lämpötilassa (12° C) sadonlisäys kasvoi versoasteella ja kukintojen kehittyessä, mutta alkoi vähentyä jo muutamia päiviä ennen kukintaa. Astiakoehallissa päivittäinen sadonlisäys suureni voimakkaasti nuppujen muodostumisesta kukinnan päättymiseen saakka (kuva 8). Sen jälkeen painonlisäys pieneni erittäin jyrkästi kasvien kellastumiseen asti.

Tulosten tarkastelu

Kasvuston tiheys vaikutti jauhosavikkaan tässä tutkimuksessa osittain samalla tavalla kuin ulkomaisessa kirjallisuudessa (WILLIAMS 1964) ja kasvinviljelytieteen laitoksella aikaisemmin suoritetuissa kenttäkokeissa (ERVIO 1971) on todettu. Kasvuston tihentyessä yksilöitten paino ja lehtipinta-ala pienenevät (asetelma s. 33, taulukko 3). Sen sijaan lehti-alaindeksi kehittyi fyto-tronikokeissa suuremmaksi tiheässä kuin harvassa kasvustossa (taulukko 3), kun se kenttäkokeissa vastaavissa tiheyksissä oli lähes samansuuruinen (ERVIO 1971). Myös haarojen lukumäärään kasvutiheys vaikutti po. astiakokeissa toisin kuin kenttäkokeissa. Yksilöihin kehittyi fyto-troneissa vähemmän haaroja tiheässä kuin harvas-

sa kasvustossa vain lämpötilan ollessa 12° C. Astiakoehallissa ei haarojen lukumäärässä yksilöä kohti ilmennyt lainkaan merkitseviä eroja kasvustojen välillä. Haarat kehittyivät kuitenkin voimakkaammiksi harvassa kuin tiheässä kasvustossa.

Lehti- ja juurisatojen suhde oli yleensä huomattavan muuttumaton eivätkä kasvuston tiheys ja lämpötila vaikuttaneet siihen merkitsevästi. Vähäistä vaihtelua siinä aiheuttivat kokeen kestäessä lehtien variseminen ja mahdollinen keventyminen tuleentumisvaiheessa.

Tietoja lämpötilan vaikutuksesta rikkakasvien kasvuun ja kehitykseen itämisen jälkeen esiintyy kirjallisuudessa vähän. SCHEER (1934) on todennut korkean lämpötilan varsinkin kasvien kehityksen alkuvaiheessa nopeuttavan useiden lauhkean vyöhykkeen rikkakasvilajien kehitystä. Fytotroneissa valinnut korkea lämpötila oli lähellä lauhkean vyöhykkeen rikkakasvien optimikasvulämpötilaa, joka on noin 25° C (MEYER ja ANDERSSON 1963). Tässä lämpötilassa jauhosavikan kehitys oli nopeata sirkkalehtiasteelta lähtien vegetatiivisen kasvun jäädessä heikoksi. Jauhosavikan pääversot kehittyivät 24° C:ssa kylvöstä nuppuasteelle 14 vuorokaudessa (taulukko 1). Korkea lämpötila nopeutti myös haarojen ja lehtien muodostumista.

Kehitystasoihin kuluneen ajan ja tarvittujen lämpötilasummien täsmällinen määrittäminen tuotti jonkin verran vaikeuksia jauhosavikan kukintavaiheesta eteenpäin, koska kasvit fytotroneissa 24° C:n lämpötilassa ja astiakoehallissa kukkivat ja muodostivat siemeniä samanaikaisesti.

Jauhosavikan kehitysnopeus samoin kuin lämpötilasummat olivat erilaiset 12° kuin 24° C:ssa (taulukko 1). Alkukehityksen aikana haarojen muodostumiseen saakka lämpötilasummat poikkesivat toisistaan vain vähän, mutta nuppuasteeseen ja kukinnan alkamiseen jauhosavikka tarvitsi 12° C:ssa yli kaksinkertaisen lämpötilasumman 24° C:een verrattuna. Juuri näissä kehitysvaiheissa 12° C:n lämpötilassa tapahtui voimakas vegetatiivinen kasvu (kuva 5), johon kasvit käyttivät energiaa.

Vaikka jauhosavikka kehittyi nopeammin 24° kuin 12° C:ssa, jäi kasvien sato yksilöä kohti pienemmäksi korkeassa kuin alhaisessa lämpötilassa (asetelmat s. 33) päivittäisen sadonlisäyksen ollessa kokeen aikana 24° C:ssa keskimäärin 2 mg ja 12° C:ssa 23 mg yksilöä kohti. Tämä on osaksi saattanut johtua valaistuksen ja lämpötilan suhteesta, joka 24° C:ssa ei ehkä ollut kasvulle optimaalinen. Lämpötilaan nähden heikon valon intensiteetin on nimittäin todettu pienentävän kasvien kuiva-ainesatoa (WENT 1957, NÖSBERGER 1971). Viileän yölämpötilan puuttuminen on myös osaltaan voinut vaikuttaa sadon määrään 24° C:ssa, sillä eräiden tutkimusten mukaan (CLAUSEN ym. 1948) viileään ilmastoon totuneet kasvit kasvavat paremmin, kun yölämpötila on huomattavasti päivälämpötilaa (20—30° C) alhaisempi.

Fytotronikokeiden harva kasvusto oli tiheydeltään lähes puolet keskimääräisestä rikkakasvien runsaudesta sellaisilla kevätiljamaillamme, joilla torjuntaa ei ole suoritettu (MUKULA ym. 1969). Yksilöitten vegetatiivisen kasvun jäädessä 24° C:ssa heikoksi ei tässä kasvustossa syntynyt voimakasta kilpailua kokeen aikana, koska sato nousi lineaarisesti jauhosavikan tuleentumiseen asti (kuva 4). Kun kasveja oli samoissa oloissa 1152 kpl/m² vastaava määrä, sato nousi aluksi jyrkästi, kunnes yksilöitten keskinäinen kilpailu alkoi rajoittaa kasvua ja sadon nousu hidastui kukinnan loppupuolella kuitenkin kokonaan lakkaamatta. Päivittäinen sadon lisääntyminen yksilöä kohti osoittaa kuitenkin, ettei yksilöitten välinen kilpailu tässäkin kasvustossa muodostunut erityisen ankaraksi, koska keskimääräinen sadonlisäys kokeen aikana oli sama kuin harvassakin kasvustossa, 2 mg yksi-

löö kohti. Fytotronikokeissa käytetty 12° C:n lämpötila oli suunnilleen samansuuruinen kuin toukokuun lopun ja kesäkuun alkupäivien keskilämpötila Etelä-Suomessa, joskaan se vaikutukseltaan kasveihin ei täysin vastaa tuota ajankohtaa korkeampien päivälämpötilojen ja alhaisempien yölämpötilojen puuttuessa. Kasvien alkukehitys oli tällöin hidasta sirkkalehtiasteelta haarojen muodostumiseen saakka. Sitä seurasi voimakkaan vegetatiivisen kasvun kausi, jolloin kasvit rehevöityivät. Rehevästä kasvusta johtuneen kilpailun voimakkuutta näissä kasvustoissa kuvastaa kokeen aikana tapahtunut yksilöittäin päivittäinen painonlisäys joka oli harvassa kasvustossa keskimäärin 36 mg, mutta tiheässä vain 10 mg yksilöä kohti. Kilpailun vaikutuksesta olisi sadon nousu oletettavasti jossakin kehitysvaiheessa hidastunut ainakin tiheässä kasvustossa, jolloin sadon kehitystä olisi kuvannut sigmoidinen kasvukäyrä (KORMONDY 1970). Kun koe kuitenkin lopetettiin kasvien ollessa 12° C:ssa kukinta-asteella, ei sadon nousu ehtinyt hidastua kokeen aikana, vaan satoikäyrä tässä kokeessa oli kuvassa 5 esitetyn mukainen.

Tiivistelmä

Tutkimukset suoritettiin astiakokeina fytotroneissa, joissa lämpötilat olivat 24° ja 12° C, sekä astiakoehallissa. Jauhosavikan haarojen lukumäärä yksilöä kohti oli suurempi harvassa kuin tiheässä kasvustossa lämpötilan fytotroneissa ollessa 12° C. Lehtialaindeksi (LAI) oli pienempi, lehtiala yksilöä kohti suurempi harvassa kuin tiheässä kasvustossa. Yksilöittäin juuri- ja lehtisato sekä kokonaispaino kehittyivät suuremmiksi harvassa kuin tiheässä kasvustossa. Kokonaissato pinta-alayksikköä kohti oli runsaampi tiheässä kuin harvassa kasvustossa. Kasvutiheys ja lämpötila vaikuttivat huomattavasti satokäyrän muotoon (kuvat 4—5). Kasvuston tiheys ei vaikuttanut merkitsevästi lehti- ja juurisatojen keskinäiseen suhteeseen. Sadon päivittäinen kasvu yksilöä kohti oli suurempi, lisäys pinta-alayksikköä kohti taas pienempi harvassa kuin tiheässä kasvustossa.

Jauhosavikan vegetatiivisen kasvun aika lyheni ja kehitys nopeutui 24° C:n lämpötilassa. Jauhosavikan eri kehitystasoiinsa tarvitsemat lämpötilasummat poikkesivat toisistaan 24° ja 12° C:ssa. Kasvit tuleantuivat fytotroneissa 24° C:ssa 90 vuorokaudessa ja astiakoehallissa (15.4° C) 116 vuorokaudessa vastaavien lämpötilasummien ollessa 2160° ja 1837°. Jauhosavikan LAI ja lehtiala yksilöä kohti kehittyivät suuremmiksi 12° kuin 24° C:ssa. LAI oli 24° C:ssa suurimmillaan kasvien kukkiessa ja 12° C:ssa ennen kukinnan alkamista. Fytotroneissa alhainen lämpötila (12° C) kohotti juurien ja lehtien painoa sekä kokonaispainoa yksilöä kohti kasvien ollessa samalla kehitystasolla. Juurien ja lehtien osuus sadosta muodostui pienemmäksi, varsien vastaavasti suuremmaksi 24° kuin 12° C:ssa. Lämpötila ei vaikuttanut merkitsevästi lehti- ja juurisatojen keskinäiseen suhteeseen. Lämpötilan ollessa 12° C sadon voimakkain päivittäinen kasvu tapahtui varhaisemmalla kehitystasolla kuin 15.4° (astiakoehalli) ja 24° C:ssa.

KIRJALLISUUTTA

- BARTON, L. V. 1953. Dormancy in seeds. Rep. 13th Int. hort. Congr. Lond. 1952, 2:1001—1012.
 CLAUSEN, J., KECK, D. D. & HIESEY, W. M. 1948. Experimental studies on the nature of species. III. Environmental responses of climatic races of *Achillea*. Carnegie Inst. Wash., Publ. 520: 1—129.

- ERVIÖ, L.-R. 1971. The effect of intra-specific competition on the development of *Chenopodium album* L. *Weed Res.* 11:124—134.
- HULL, H. 1958. The effect of day and night temperature on growth, foliar wax content and cuticle development of velvet mesquite. *Weeds* 6:133—141.
- HÄKANSSON, S. 1969. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. 7. Temperature and light effects upon development and growth. *Lantbr. Högsk. Ann.* 35: 953—987.
- JORDAN, L. & DAY, B. 1967. Effect of temperature on growth of *Oxalis cernua* Thund. *Weeds* 15: 285.
- KOLK, H. 1947. Groningsbiologiska studier på ogräsarter. *Växtodling* 2:108—167.
- KORMONDY, E. J. 1971. *Ekologia*. 205 p. (Suom. P. BORG). Jyväskylä.
- MEYER, B. & ANDERSON, P. 1963. *Plant Physiol.* 784 p. New York.
- MUKULA, J., RAATIKAINEN, M., LALLUKKA, R. & RAATIKAINEN, T. 1969. Composition of weed flora in spring cereals in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 8:59—109.
- NÖSBERGER, J. 1971. Einfluss der Bestandeshichte auf die Ertragsbildung bei Mais. *Z. Acker-, Pfl.bau* 133:215—232.
- SCHEER, W. 1934. Vergleichende Untersuchungen über den Entwicklungsrhythmus verschiedener Unkraut-Arten in seiner Abhängigkeit von der Witterung und in seiner Beziehung zu dem der Deckfrüchte. *Arb. biol. Reichsanst. Land. Forstw.* 21:153—196.
- STEINBAUER, G. P. & GRIGSBY, B. 1957. Interaction of temperature, light and moistening agent in the germination of weed seeds. *Weeds* 5:175—182.
- WILLIAMS, J. T. 1964. A study of the competitive ability of *Chenopodium album*. Interference between kale and *C. album* in pure stands and in mixtures. *Weed Res.* 4: 283—295.
- WENT, F. W. 1957. *The experimental control of plant growth.* 343 p. Waltham.