

LÄMPÖTILAN, VALAISTUKSEN JA KASVUTIHEYDEN VAIKUTUS JAUHOSAVIKAN (*CHENOPODIUM ALBUM L.*) SATOON.

LEILA-RIITTA ERVIÖ

Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitos

Saapunut 30. 5. 1972

THE EFFECT OF TEMPERATURE, LIGHT INTENSITY AND PLANT DENSITY
ON THE YIELD OF *CHENOPODIUM ALBUM L.*

LEILA-RIITTA ERVIÖ

Institute of Plant Husbandry, University of Helsinki

Abstract. Pot experiments were carried out in phytotrons under day (20 h)—night (4 h) temperatures of 24°, 24°—14°, 12° and 12°—7° C and light intensities of 16 000 and 5 000 lux. *Chenopodium album* was grown in pots at densities of 50, 100, 200, 400, 800, 1 600 and 3 200 plants per m². The plants developed faster at the high temperatures (24°, 24°—14° C) than at the low temperatures (12°, 12°—7° C). Branching was scarcer at high than at low temperatures. The leaf area index (LAI) was lowest for plants grown at 24°, slightly higher at 24°—14°, at its highest at 12°, and fell again slightly in those grown at 12°—7° C. The dry matter yield was smaller at the high than at the low temperatures.

The light intensity of 16 000 lux gave rise to faster plant development and higher numbers of branches per plant than that of 5 000 lux. The low light produced leaves with a larger specific leaf area (area in relation to weight) than the leaves grown in the bright light. The total yield of plants was considerably higher but the leaves fraction proportionally smaller at 16 000 than at 5 000 lux.

A steep reduction in the number of branches per plant was found when the growing density was increased from 50 to 400 plants per m². In the same range of density the LAI increased sharply, but with more than 400 plants per m² the increase slowed down. Temperature and light intensity had notable effects on the growth model showing the variations in yield of *C. album* at increasing plant densities (Figs. 3—5). Under conditions where the plants remained small the increase in yield was linear, whereas under conditions of strong vegetative growth the yield increases became smaller in dense populations due to competition between individuals.

Johdanto

Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitoksella suoritetuissa tutkimuksissa (ERVIÖ 1972) on aikaisemmin selvitetty lämpötilan ja kasvuston tiheyden vaikutusta jauhosavikan satokäyrään kasvuajan puitteissa. Kun kasvuston tiheydellä ja lämpötilalla osoittautui olevan selvä vaikutuksensa satokäyrän muotoon, tutkimuksia jatkettiin vuonna 1971. Tällöin pyrittiin selvittämään, millaiseksi muodostuisi sadon kehittymistä tihevässä kasvustossa esittävä kuvaaja erilaisissa lämpötiloissa valon intensiteetin ollessa erilainen.

Valaistuksen voimakkuuden on nimittäin todettu vaikuttavan kasvien kuiva-ainesadon määrään (WENT 1957). Kasvutiheyden lisääntyminen taas on eräissä kenttäkokeissa aiheuttanut soijapavun (WIGGANS 1939) ja jauhosavikan (ERVIÖ 1971) sadon lisääntymisen tiettyyn tiheyteen saakka, minkä jälkeen sadon muutokset ovat olleet vähäisiä, vaikka yksilömäärä pinta-alayksiköllä lisääntyi edelleen.

Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimukset suoritettiin astiakokeina fytotroneissa, joissa lämpötilat olivat seuraavat:

- 1) 24° C ympäri vuorokauden
- 2) 24° C päivällä (20 t), 14° C yöllä (4 t)
- 3) 12° C ympäri vuorokauden
- 4) 12° C päivällä (20 t), 7° C yöllä (4 t).

Valaistuksen voimakkuudeksi kasvien korkeudella säädettiin 16 000 ja 5 000 luxia muuttamalla kasvien etäisyyttä valonlähteestä.

Kasvatusastiat ja kasvualustat olivat samanlaiset kuin aikaisemmin selostetuissa fytotronikokeissa (ERVIÖ 1972). Astioihin kylvettiin jauhosavikoita kolmena kerranteena seuraavat määrät:

1 kpl vastaten	50 yksilöä/m ²
2 ” ”	100 ”
4 ” ”	200 ”
8 ” ”	400 ”
16 ” ”	800 ”
32 ” ”	1 600 ”
64 ” ”	3 200 ”

Tarkoitus oli korjata kasvit siementen kehittymisvaiheessa. Näin meneteltiinkin lämpötiloissa 24° ja 24°—14° C kasvaneille sadolle, mutta 12° ja 12°—7° C:n lämpötiloissa jauhosavikoihin ei alkanut kehittyä siemeniä, vaan kasvit osoittivat lakastumisen oireita kukkimisensa jälkeen. Sen vuoksi ne jouduttiin korjaamaan kukinnan päätyttyä. Korjattaessa punnittiin kasvien kuiva-ainesato sekä määritettiin lehtisadon osuus ja lehtien pinta-ala.

Tulokset

Lämpötilan vaikutus. Alhainen lämpötila hidasti jauhosavikan kehitystä. Esi-merkiksi kukinta alkoi 12° ja 12°—7° C:ssa noin kaksi kuukautta myöhemmin kuin korkeammissa (24°, 24°—14° C) koelämpötiloissa. Sitäpaitsi jauhosavikan reproduktiivinen kehitys estyi kokonaan 12° ja 12°—7° C:ssa. Kukinnan päätyttyä kasvit alkoivat näissä lämpötiloissa kuihtua muodostamatta siemeniä.

Jauhosavikkayksilöt haarautuivat runsaammin alhaisissa kuin korkeissa koelämpötiloissa:

	Haaroja kpl/yksilö ¹⁾
24° C	3,5 ^a
24°—14° C	3,6 ^a
12° C	8,2 ^c
12°—7° C	7,2 ^b

¹⁾ Samalla yläindeksillä merkityt luvut eivät poikkea toisistaan 0.05:n varmuudella.

Ympäri vuorokauden vallinnut 12° C:n lämpötila osoittautui haarojen muodostumiselle edullisemmaksi kuin 12°—7° C:n vaihtolämpötila. Sen sijaan 24° C:n tasa- ja 24°—14° C:n vaihtolämpötila vaikuttivat haarojen muodostumiseen samalla tavoin.

Jauhosavikan lehtialaindeksi (LAI) muodostui kaikissa koelämpötiloissa erilaiseksi (taulukko 1). Se jäi pienimmäksi lämpötilan ollessa kautta vuorokauden 24° C. Viileämmän yölämpötilan (14° C) vaikutuksesta LAI kohosi jonkin verran ja muodostui suurimmaksi, kun lämpötila oli ympäri vuorokauden 12° C. Yölämpötilan laskeminen tästä 7 asteeseen alensi lehtialaindeksiä merkitsevästi. Vuorokauden aikana tapahtuvan lämpötilan vaihtelun merkitys jauhosavikan lehtialaindeksin kehittämisessä ei ilmeisesti ollut yhtä suuri kuin lämpötilatason merkitys.

Taulukko 1. Lämpötilan vaikutus jauhosavikan lehtialaindeksiin (LAI) sekä lehtialan ja lehtien painon väliseen suhteeseen (L:P).

Table 1. Effect of temperature on the leaf area index (LAI) and the leaf area: leaf weight ratio (L:P) in *C. albium*.

Lämpötila Temperature °C	LAI ¹⁾	L:P ¹⁾
24	0.3 ^a	295 ^{bc}
24—14	1.1 ^b	384 ^c
12	5.6 ^d	241 ^b
12—7	4.5 ^c	190 ^a

¹⁾ Samassa sarakkeessa olevat luvut, joiden yläindeksiin sisältyy sama kirjain, eivät poikkea merkitsevästi toisistaan.

¹⁾ The values which include the same letter in the same columns are not significantly different at the level of 0.05.

Kun 5 000 luxin valaistuksessa kasvaneitten jauhosavikoitten lehtien oli silmävaraisesti havaittu olevan ohuempia, mutta pinta-alaltaan laajempia kuin 16 000 luxin valaistuksessa kasvaneitten, pyrittiin tätä ominaisuutta kuvaamaan laskemalla lehtialan suhde lehtien painoon (L:P). Tällöin ilmeni, että myös lämpötila muutti tuota suhdetta (taulukko 1). Kautta vuorokauden tasalämpötiloissa kasvaneitten jauhosavikoitten L:P-suhde ei poikennut merkitsevästi toisistaan. Sen sijaan L:P oli huomattavasti pienempi ts. lehdet paksumpia ja pinta-alaltaan pienempiä 12°—7° C:n kuin 24°—14° C:n vaihtolämpötilassa kasvaneissa jauhosavikoissa.

Tutkittujen lämpötilojen vaikutus jauhosavikan satoon ilmeni varsin selvänä, sillä kaikki seuraavien satojen väliset erot osoittautuivat tilastollisesti merkitseviksi:

	Sato/astia, suhdeluku
24° C	8
24°—14° C	16
12° C	110
12°—7° C	100

Jauhosavikan kuiva-ainesato pinta-alayksiköltä nousi voimakkaan vegetatiivisen kasvun ja hitaasti tapahtuneen kehityksen vuoksi alhaisissa koelämpötiloissa moninkertaiseksi korkeisiin verrattuna. Rehusadon kannalta 12° ja 12°—7° C:n lämpötilat olivat siten edullisempia kuin korkeammat koelämpötilat. Vuorokauden aikana tapahtuva lämpötilan vaihtelu vaikutti edullisesti sadon määrään silloin, kun päivälämpötila oli 24° C, mutta vähensi satoa päivälämpötilan ollessa 12° C. Lehtien osuus sadosta oli merkittävästi pienempi korkeissa kuin alhaisissa koelämpötiloissa, mutta tasa- ja vaihtolämpötilat eivät siihen vaikuttaneet, kuten oheisesta asetelmasta ilmenee:

Lehtien osuus sadosta	
24° C	24.4 %
24°—14° C	23.1 %
12° C	36.3 %
12°—7° C	36.7 %

Valaistuksen vaikutus. Lämpötilan ollessa 24° ja 24—14° C kehittyivät voimakkaammassa ja heikossa valaistuksessa kasvaneet jauhosavikat kukkimiseensa saakka jokseenkin yhtä nopeasti. Kukinnan päätyttyä hidastui jauhosavikoitten kehitys 5 000 luxin valaistuksessa. Niinpä niiden siementen kehittyminen oli havaittavissa 24° C:ssa noin 8 vrk ja 24°—14° C:ssa noin 20 vrk myöhemmin kuin 16 000 luxin valaistuksessa kasvaneissa yksilöissä. Alhaisissa koelämpötiloissa (12°, 12°—7° C) jauhosavikan kehitys oli koko ajan hitaampaa heikossa kuin voimakkaammassa valaistuksessa. Esimerkiksi yksilöitten haarautumisen alkoi 5 000 luxin valaistuksessa noin 20 vrk ja kukinta noin 27 vrk myöhemmin kuin 16 000 luxin valaistuksessa.

Haarojen lukumäärä yksilöä kohti oli suurempi voimakkaammassa kuin heikossa valaistuksessa kasvaneissa jauhosavikoissa. Valaistuksen ollessa 16 000 luxia niihin kehittyi keskimäärin 7.3 haaraa, mutta 5 000 luxin valaistuksessa vain puolet siitä eli 3.6 kpl.

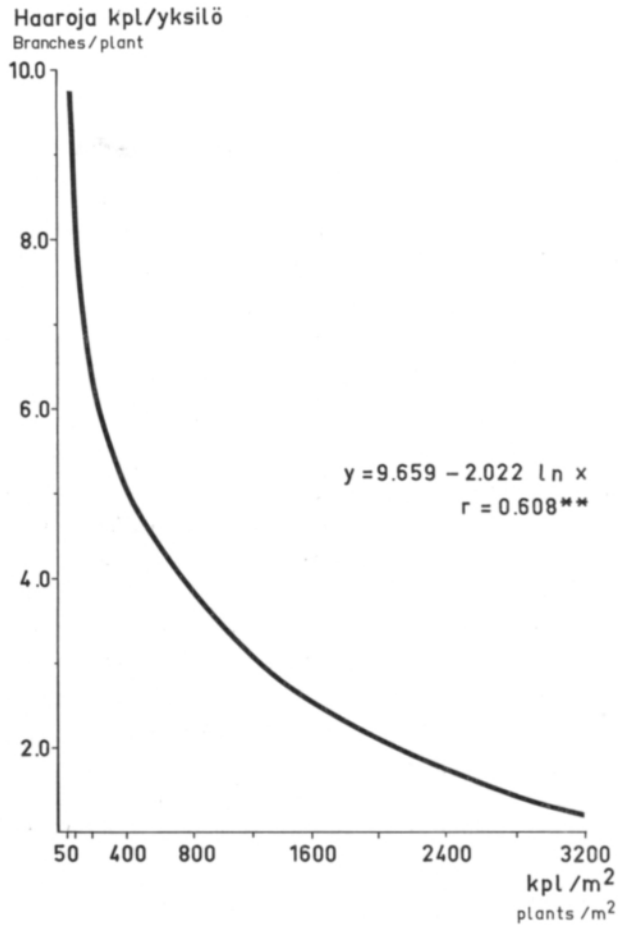
Valaistuksen voimakkuudella ei ollut merkittävä vaikutusta lehtialaindeksiin. Sen sijaan heikossa valaistuksessa jauhosavikoitten L:P oli yli kaksinkertainen voimakkaammassa valaistuksessa kasvaneisiin yksilöihin verrattuna:

	L:P
Valaistus 16 000 luxia	172 ^a
Valaistus 5 000 luxia	383 ^b

Heikossa valaistuksessa jauhosavikat olivat jo silmävaraisesti arvostellen selvästi hennompiä ja pienempiä kuin voimakkaamman valaistuksen saaneet yksilöt. Näiden keskimääräinen yksilönpaino oli 3.8 g, kun heikossa valaistuksessa kasvaneet yksilöt painoivat vain 0.8 g. Niinpä 16 000 luxin valaistuksessa kehittynyt jauhosavikan kokonaisuuskin oli 16.0 g astiaa kohti, mutta jäi 5 000 luxin valaistuksessa 6.2 grammaan.

Lehtien osuus jauhosavikkasadosta 16 000 luxin valaistuksessa oli 29.2 % ja 5 000 luxin valaistuksessa 31.1 %. Pienuudestaan huolimatta ero oli tilastollisesti luotettava 0.05:n varmuudella.

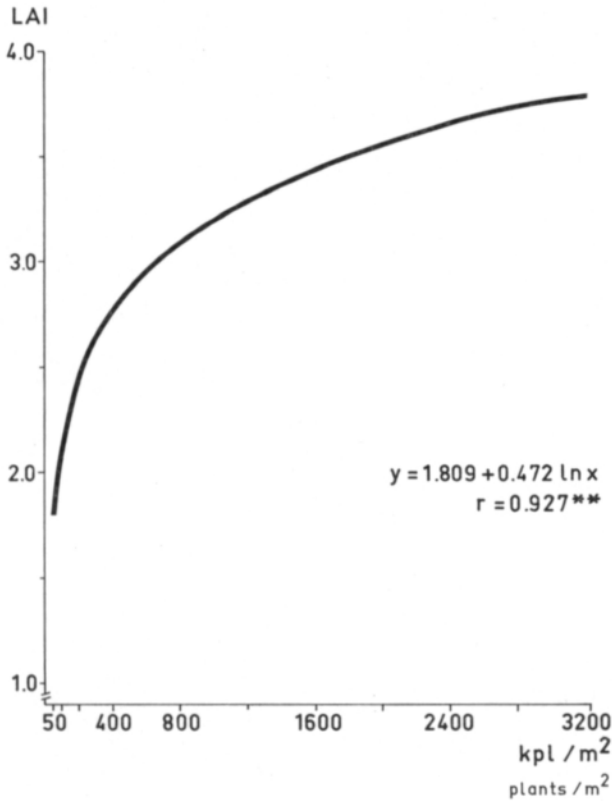
Kasvuston tiheyden vaikutus. Kasvuston tihentymisen vaikutus jauhosavikan haarojen lukumäärään ilmeni samansuuntaisena kaikissa koejäsenissä, joten kuvassa 1 on esitettyä ainoastaan koko aineistoa kuvaava käyrä. Kun kasvutiheys lisääntyi, pieneni



Kuva 1. Kasvuston tiheyden vaikutus jauhosavikan haarojen lukumäärään.
Fig. 1. Effect of plant density on the number of branches in *C. album*.

jauhosavikkayksilöitten haarojen lukumäärä. Sen kuvaamiseen soveltui viisi regressio-käyrää melko hyvin korrelaatiokerrointen vaihdellessa -0.608 — -0.551 . Kuvaajista paras oli muotoa $y = 9.659 - 2.022 \ln x$. Siitä ilmenee, että haarojen lukumäärä väheni jyrkimmin kasvuston tihentyessä 50:stä 400 yksilöön neliometriä kohti. Kokeen päättyessä oli harvimman kasvuston yksilöissä keskimäärin 9.2 haaraa, mutta tiheimmässä vain 1.2 haaraa yksilöä kohti.

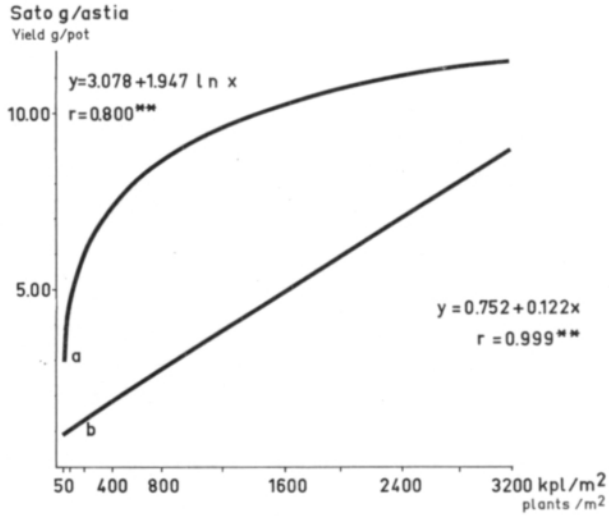
Jauhosavikan lehtialaindeksin (LAI) muuttumista tiheyden kasvaessa kuvasi erittäin hyvin regressiokäyrä, jonka yhtälö oli $y = 1.809 + 0.472 \ln x$ (kuva 2). Kuvaaja osoittaa, että jauhosavikan yksilömäärän lisääntyessä pinta-alayksikköä kohti LAI suureni aluksi jyrkästi. Kun yksilöitten lukumäärä kohosi yli 400 kpl/m², LAI kasvoi edelleen, mutta erot kasvustojen välillä eivät olleet yhtä huomattavat kuin harvemmissä kasvustoissa.



Kuva 2. Kasvuston tiheyden vaikutus jauhosavikan lehtialaindeksiin (LAI).
 Fig. 2. Effect of plant density on the leaf area index (LAI) in *C. album*.

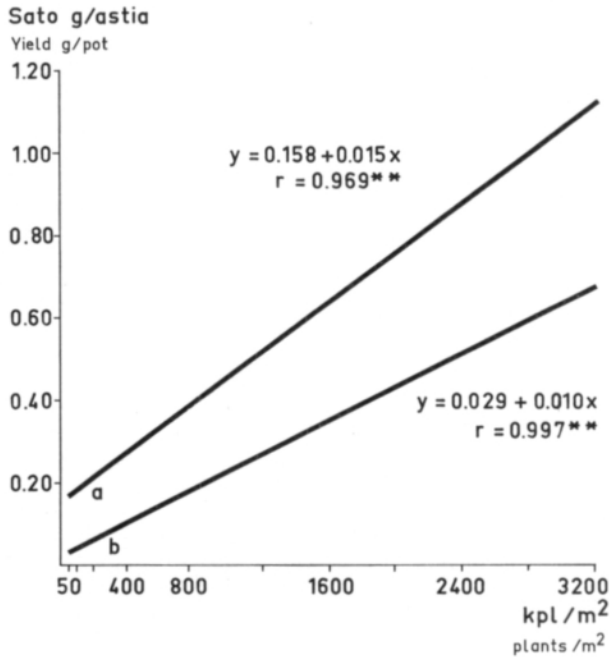
Jauhosavikan satokäyrän muoto kasvutiheyden lisääntyessä vaihteli lämpötilasta ja valaistuksen voimakkuudesta riippuen. Kun lämpötila molemmissa valaistuksissa oli 24° ja heikossa valaistuksessa 24°—14° C, nousi jauhosavikan sato lineaarisesti yksilöitten lukumäärän lisääntyessä pinta-alayksiköllä (kuvat 3 ja 4). Sen sijaan 16 000 luxin valaistuksessa 24°—14° C:n vaihtolämpötilassa sadon muutoksia ilmensi parhaiten logaritminen funktio $y = 3.078 + 1.947 \ln x$ (kuva 3). Se osoittaa sadon nousevan voimakkaasti kasvien lukumäärän lisääntyessä 50:stä 400 yksilöön neliometriä kohti. Tiheyden lisääntyessä edelleen sadon nousu hidastui kilpailun rajoittaessa kasvua.

Jauhosavikan vegetatiivinen kasvu oli erilaista alhaisessa kuin korkeassa lämpötilassa. Yölämpötilan alentaminen 16 000 luxin valaistuksessa 24° C:sta 14° C:ksi voimisti vegetatiivista kasvua ja hidasti vastaavasti kehitystä aiheuttaen tällöin huomattavasti korkeamman sadon muodostumisen kuin 24° C:n tasalämpötilassa erityisesti kasvustoissa,



Kuva 3. Lämpötilan ja kasvuston tiheyden vaikutus jauhosavikan satoon valaistuksen voimakkuuden ollessa 16 000 luxia. a = 24°—14° C, b = 24° C.

Fig. 3. Effect of temperature and plant density on the yield of *C. album* at light intensity of 16 000 lux. a = 24°—14° C, b = 24° C.

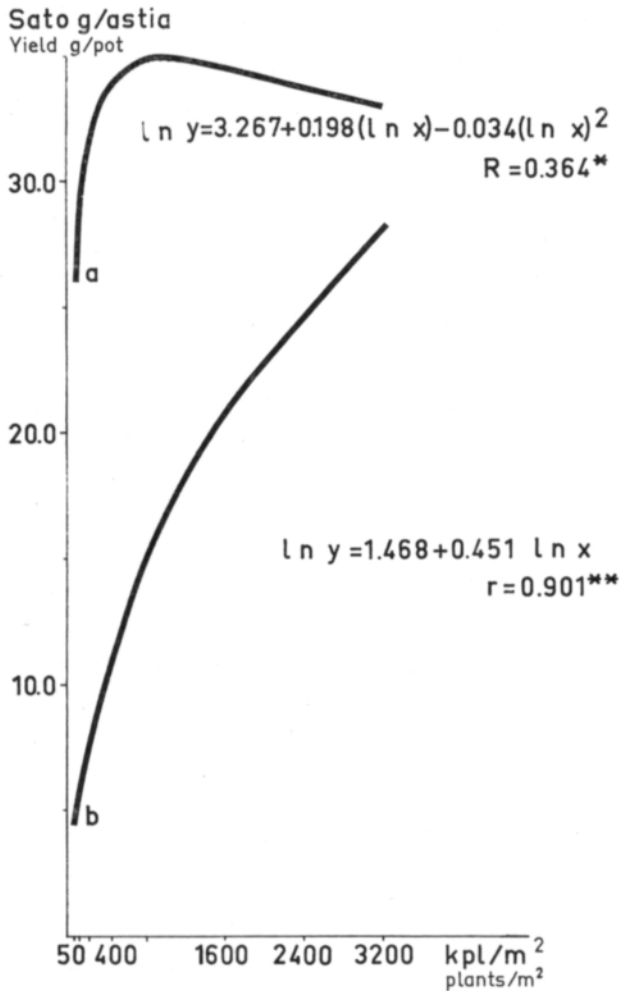


Kuva 4. Lämpötilan ja kasvuston tiheyden vaikutus jauhosavikan satoon valaistuksen voimakkuuden ollessa 5 000 luxia. a = 24°—14° C, b = 24° C.

Fig. 4. Effect of temperature and plant density on the yield of *C. album* at light intensity of 5 000 lux. a = 24°—14° C, b = 24° C.

joiden tiheydet olivat 200—1 600 kpl/m² (kuva 3). Sen sijaan 5 000 luxin valaistuksessa yölämpötilan alentaminen lisäsi kasvien satoa samoissa tiheyksissä vain vähän.

Alhaisissa koelämpötiloissa (12°, 12°—7° C) valaistus vaikutti satokäyrän muotoon enemmän kuin vaihto- tai tasalämpötila. Useista tutkituista funktioista soveltui 16 000 luxin valaistuksessa 12° ja 12°—7° C:n lämpötiloissa parhaiten kuvaamaan jauhosavikan sadon muuttumista kasvutiheyden lisääntyessä parabeli, jonka regressioyhtälö oli $\ln y = 3.267 + 0.198(\ln x) - 0.034(\ln x)^2$, joskaan korrelaatio ei ollut varsin korkea (kuva 5). Sato nousi tällöin erittäin voimakkaasti kasvutiheyden lisääntyessä 800 yksilöön/m²



Kuva 5. Valaistuksen ja kasvuston tiheyden vaikutus jauhosavikan keskimääräiseen satoon 12° C ja 12°—7° C:n lämpötiloissa. a = valaistus 16 000 luxia, b = valaistus 5 000 luxia.

Fig. 5. Effect of light intensity and plant density on the average yield of *C. album* at temperatures of 12° C and 12°—7° C. a = 16 000 lux, b = 5 000 lux.

saakka ja alkoi tämän jälkeen lievästi laskea. Kyseisissä lämpötiloissa ja valaistuksen ollessa riittävän voimakas vegetatiivinen kasvu kohotti satoa erityisen huomattavasti harvoissa kasvustoissa, joissa rehevöitymiselle oli mahdollisuuksia. Yksilöitten rehevä kasvu aiheutti kuitenkin tiheimmissä kasvustoissa ankaran kilpailun, jonka vaikutuksesta sato jäi hiukan pienemmäksi kuin optimikasvutiheydessä, joka tässä tapauksessa oli 800 kpl/m².

Samoissa lämpötiloissa 5 000 luxin valaistuksessa kuvasi sadon kehittymistä parhaiten kauttaaltaan jyrkästi nouseva regressiokäyrä, jonka yhtälö oli $\ln y = 1.468 + 0.451 \ln x$ (kuva 5). Sato kasvoi siten erittäin voimakkaasti kasvuston tiheyden lisääntyessä, mutta käyrän lievä kaartuminen oikealle osoittaa kasvustossa esiintyneen myös yksilöitten välistä kilpailua, joka jonkin verran hillitsi kasvua.

Lehtien osuus jauhosavikkasadosta oli jokseenkin samansuuruinen kaikissa tiheyksissä.

Tulosten tarkastelu

Lämpötila säätelee kasvua vaikuttamalla kaikkiin kasvin aineenvaihduntatoimintoihin. Nämä kiihtyvät korkeissa lämpötiloissa ja seurauksena on koko kasvutapahtuman nopeutuminen. Jo aikaisemmissa tutkimuksissa (ERVIO 1972) todettiin korkean lämpötilan (24° C) jouduttavan jauhosavikan kehitystä, ja sama ilmiö oli havaittavissa myös nyt selostettavissa kokeissa. Sen sijaan oli yllättävää, että jauhosavikan reproduktiivinen kehitys estyi kukinnan jälkeen molemmissa alhaisissa koelämpötiloissa. Kirjallisuuden mukaan (mm. HARDER ym. 1965, BLACK ja EDELMAN 1970) tiedetään vielä hyvin vähän prosesseista, jotka liittyvät lämpötilan kasvua säätelevään vaikutukseen. Kasvun ääriämpötilojen lyhytaikaisenkin vaikutuksen on kuitenkin todettu aiheuttaneen muutoksia monien kasvien kehityksenkulussa ja kasvussa. Niinpä mm. *Beta-* ja *Brassica*-sukujen kaksivuotiset kasvit sekä useat sarjakukkaiset eivät kuki, vaan saattavat jäädä vuosikausiksi vegetatiiviselle asteelle, elleivät joudu alttiiksi alhaisille lämpötiloille. Sitäpaitsi kasvit voivat jossakin kehitysvaiheessaan olla tavallista herkempiä lämpötilan vaikutukselle. Vaikka jauhosavikka on lähes kaikkialle maailmassa levinnyt kosmopoliitti, on mahdollista, että se olisi jossain määrin lämpöä vaativa laji. Tähän viittaisi HULTENIN (1971) maininta, että jauhosavikka esiintyy harvinaisena havumetsävyöhykkeen pohjoispuolella. Kun jauhosavikka ei muodostanut siemeniä 12° ja 12°—7° C:n lämpötiloissa, mutta niitä alkoi kehittyä 24°—14° C:ssa, on otaksuttavissa, että kasvit olisivat mahdollisesti tarvinneet täydellisesti kehittyäkseen myös 12° C korkeampia lämpötiloja edes lyhytaikaisesti kasvuaikanaan tai erityisesti jollakin tietyllä kehitysstadiolla.

Vaikuttamalla jauhosavikan vegetatiiviseen kasvuun lämpötila samalla aiheutti muutoksia lehtialaindeksissä. Korkeassa lämpötilassa (24° C) kasvien lehdet olivat pieniä, joten myös LAI jäi alhaiseksi (taulukko 1). Kun lämpötilaa alennettiin osaksikin vuorokautta, nousi LAI. Toisaalta lämpötilan alentaminen yöksi silloin, kun päivälämpötila oli vain 12° C, hidasti ilmeisesti yksilöitten vegetatiivistakin kasvua siinä määrin, että myös LAI jäi pienemmäksi kuin 12° C:n tasalämpötilassa.

Lämpötila vaikutti myös huomattavassa määrin jauhosavikan pinta-alayksiköltä tuottaman kuiva-ainesadon määrään. Pienimmäksi se jäi lämpötilan ollessa 24° C (asetelma s. 184), sillä kehitys oli tällöin niin nopeata ja dissimilaatiotappiot todennäköisesti suurehkoja, että vegetatiivista rehevöitymistä ei ehtinyt tapahtua. Kasviyksilöt jäivät pieniksi ja niihin muodostui vain vähän haaroja sekä pieniä lehtiä. Kuten aikaisemminkin

todettiin (ERVIÖ 1972), on myös mahdollista, että fytotronien suurin valon voimakkuus 16 000 luxia ei ollut korkeaan lämpötilaan nähden täysin riittävä runsaan sadon tuottamiseksi. Kun lämpötila alennettiin yöksi, nousi sato 100 %, mikä ilmeisesti johtui ainakin osaksi dissimilaatiotappioiden pienenemisestä. Sitäpaitsi on todettu useiden viileän ilmaston kasvien kasvavan paremmin yölämpötilan ollessa päivälämpötilaa alhaisempi (CLAUSEN ym. 1948, LUNDEGÅRDH 1957). Yölämpötilan ollessa fytotroneissa vain 7° C lienevät jauhosavikan elintoiminnat hidastuneet siinä määrin, että vegetatiivinen kasvukin heikentyi, ja sato jäi sen vuoksi jonkin verran alhaisemmaksi kuin lämpötilan ollessa kautta vuorokauden 12° C.

Valaistuksen vaikutus kasvuun ilmenee kahdella tavalla, joista toinen liittyy fotosynteesiin, toinen säätelee kasvin morfologista muovautumista, kuten lehtien kokoa ja versojen pituutta. Valon puute hidastaa kehitystä ja kasvua, sillä heikossa valaistuksessa nettoassimilaatio jää pieneksi varsinkin lämpötilan ollessa korkea. Niinpä useita kasvilajeja koskeissa tutkimuksissa (mm. WENT 1957, PALMER 1958, HÅKANSSON 1969, NÖSBERGER 1971) on sadonalennus heikossa valaistuksessa ollut ilmeinen. Fytotroneissa 5 000 luxin valaistus vastasi suunnilleen valaistuksen intensiteettiä tiheydeltään normaalissa vehnäkasvustossa tähkimisen aikaan, kun taas 16 000 luxia vastannee valaistuksen voimakkuutta suhteellisen harvassa kasvustossa samana ajankohtana. Näistä 5 000 luxin valaistus aiheutti jauhosavikassa muutoksia, joita heikon valaistuksen on edellä todettu aiheuttavan. Sen kehitys oli hitaampaa ja haarojen lukumäärä yksilöä kohti sekä sato jäivät pienemmiksi 5 000 kuin 16 000 luxin valaistuksessa (vrt. s. 185). Sitäpaitsi sadon alennus oli suhteellisesti suurempi korkeissa kuin alhaisissa koelämpötiloissa. Jauhosavikan lehtien pinta-alan ja painon välinen erilainen suhde 16 000 ja 5 000 luxin valaistuksissa osoitti heikossa valaistuksessa kasvaneitten yksilöitten pyrkineen laajentamaan lehti-alaansa kaikin tavoin.

Lämpötila ja valaistus vaikuttivat kasvumalliin, joka kuvasi jauhosavikan sadon muuttumista kasvutiheyden lisääntyessä. Oloissa, joissa yksilöt jäivät pieniksi (kuva 3 ja 4) sato nousi lineaarisesti yksilömäärän lisääntyessä pinta-alayksiköllä, eikä tiheissäkään kasvustoissa ilmennyt satoa rajoittavaa kilpailua. Lämpötilan ollessa 24°—14° C (kuva 4), yksilöt rehevöityivät 16 000 luxin valaistuksessa siinä määrin, että sato nousi harvoissa kasvustoissa voimakkaasti. Kasvuston tihentyessä yksilöt kuitenkin joutuivat kilpailemaan keskenään yhä ankarammin, mikä puolestaan hillitsi kasvua ja pienensi sadon lisäystä tiheimmissä kasvustoissa. Molemmissa alhaisissa koelämpötiloissa (12°, 12°—7° C) jauhosavikat kasvoivat voimakkaasti rehevöitymisen ollessa kuitenkin runsaampaa ja kilpailun vastaavasti ankarampaa 16 000 kuin 5 000 luxin valaistuksessa. Sen vuoksi myös sadon nousu tiheimmissä kasvustoissa voimakkaammassa valaistuksessa lakkasi kokonaan, kun yksilömäärä lisääntyi yli 800 kpl/m², mutta heikossa valaistuksessa jatkui edelleen tiheimpään kasvustoon saakka.

Tiivistelmä

Edellä selostettujen tutkimusten tarkoituksena oli selvittää erilaisten lämpötilojen sekä valaistuksen voimakkuuden vaikutusta jauhosavikan sadon muuttumiseen eri kasvutiheyksissä. Tulokset osoittivat jauhosavikan kehittyneen nopeammin ja muodostaneen vähemmän haaroja yksilöä kohti korkeissa (24°, 24°—14° C) kuin alhaisissa (12°, 12°—

7°) koelämpötiloissa. Sen lehtialaindeksi (LAI) sekä kuiva-ainesato jäivät pienimmiksi 24° C:ssa, kohosivat jonkin verran 24°—14° C:ssa, olivat suurimmillaan 12° C:ssa ja laskivat edelliseen verrattuna, kun lämpötila oli 12°—7° C.

Jauhosavikan kehitys oli nopeampaa ja haarojen lukumäärä/yksilö suurempi 16 000 kuin 5 000 luxin valaistuksessa. Heikossa valaistuksessa muodostuneet lehdet olivat painonsa nähden laajempia pinta-alaltaan kuin voimakkaammassa valossa kehittyneet. Jauhosavikan sato pinta-alayksiköltä nousi huomattavasti korkeammaksi, mutta lehtien osuus sadosta jäi pienemmäksi 16 000 kuin 5 000 luxin valaistuksessa.

Jauhosavikan haarojen lukumäärä yksilöä kohti väheni jyrkästi kasvutiheyden lisääntyessä 50:stä 400 yksilöön/m². LAI taas kasvoi voimakkaasti samaan kasvutiheyteen saakka, mutta sitä tiheämmissä kasvustoissa nousu hidastui. Lämpötila ja valaistuksen voimakkuus vaikuttivat huomattavassa määrin kasvumalliin, joka kuvasi jauhosavikan sadon muutoksia kasvutiheyden lisääntyessä (kuvat 3—5). Oloissa, joissa yksilöt jäivät pieniksi, sato nousi lineaarisesti, mutta vegetatiivisen kasvun ollessa voimakasta sadon nousu hidastui tiheissä kasvustoissa yksilöitten välisen kilpailun vaikutuksesta.

KIRJALLISUUTTA

- BLACK, M. & EDELMAN, J. 1970. Plant growth. 193 p. London.
- 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.
- ERVIÖ, L.-R. 1972. Kasvuston tiheyden ja lämpötilan vaikutus jauhosavikan (*Chenopodium album* L.) ja sen sadon kehittymiseen. Maatal.tiet. Aikak. 44:29—40.
- HARDER, R., SCHUMACHER, W., FIRBAS, F. & DENFFER, D. von 1965. Strasburger's textbook of botany. 846 p. Suffolk.
- HULTEN, E. 1971. Atlas över växternas utbredning i Norden. 531 p. Stockholm.
- HÄKANSSON, S. 1969. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. VII. Temperature and light effects on development and growth. Lantbr.högsk. Ann. 35: 953—987.
- LUNDEGÄRDH, H. 1957. Klima und Boden. 579 p. Jena.
- NÖSBERGER, J. 1971. Einfluss der Bestandesdichte auf die Ertragsbildung bei Mais. Z. Acker-, Pfl.bau 133: 215—232.
- PALMER, J. H. 1958. Studies in the behaviour of the rhizome of *Agropyron repens* (L.) Beauv. I. The seasonal development and growth of the parent plant and rhizome. New Phytol. 57: 145—159.
- WENT, F. W. 1957. The experimental control of plant growth. 343 p. Waltham.
- WIGGANS, R. G. 1939. The influence of space and arrangement on the production of soybean plants. J. Amer. Soc. Agronomy 31: 314—321.