

**MTTK**

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**Tiedote 14/85**

**SANNI JUNNILA**  
Kasvinviljelyosasto

**Rikkakasvien siementen itämislepo**  
Kirjallisuustutkimus

JOKIOINEN 1985  
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 14/85

SANNI JUNNILA

Rikkakasvien siementen itämislepo

Kirjallisuustutkimus

Kasvinviljelyosasto

31600 Jokioinen

(916) 84 411

ISSN 0359-7652

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
YDIN	1
JOHDANTO	1
1. ITÄMISLEPO JA SEN MERKITYS	3
2. ITÄMISLEVON LUOKITTELU	5
3. ITÄMISLEVON SYNTYYN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	6
3.1. Alkion kypsymättömyys	6
3.2. Siemenkuoren läpäisemättömyys	8
3.3. Alkion sisäiset tekijät	10
3.4. Ympäristötekijät	11
3.5. Eri tekijöiden yhdistelmä	12
4. GENEETTINEN JA SOMAATTINEN POLYMORFISMI	12
4.1. Geneettinen polymorfismi	12
4.2. Somaattinen polymorfismi	14
5. ITÄMISLEVON KESTO	15
6. ITÄMISLEVON MURTUMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	17
6.1. Vesi	17
6.2. Lämpötila	17
6.3. Valo	19
6.4. Kemialliset tekijät	21
6.5. Eri tekijöiden yhdistelmä	23
KIRJALLISUUSLUETTELO	27

## YDIN

Tämä tiedote on kirjallisuuskatsaus rikkakasvien siementen itämislevosta eli dormanssista sekä sen syntyyn ja murtumiseen vaikuttavista tekijöistä. Myös joitakin dormanssin luokittelutapoja esitetään. Itämislevon syntyyn vaikuttavat muun muassa alkion kypsyttömyys, siemenkuoren läpäisemättömyys, alkion sisäiset tekijät, ympäristötekijät tai eri tekijöiden yhdistelmä. Näistä kutakin tarkastellaan esimerkein. Myös rikkakasvien siementen dormanssin geneettistä ja somaattista polymorfismia ja sen merkitystä käsitellään. Siementen itämislevon keston vaikuttavat kullekin kasvilajille tyypillisten ominaisuuksien lisäksi siemenen sijainti maassa sekä mahdolliset viljelytoimenpiteet. Itämislevon murtavat joko ympäristötekijät kuten vesi, lämpötila ja valo tai siemenen sisäiset tekijät kuten itämistä estävien ja edistävien aineiden läsnäolo ja niiden suhteellinen osuus. Siementen itämisen laukaisemiseksi monet kasvilajit tarvitsevat useiden eri tekijöiden yhdistelmän. Dormanssin murtumisen täydellinen vaikutusmekanismi on edelleen tuntematon, vaikka tiettyjen tekijöiden osuus onkin kyetty tarkkaan selvittämään.

## JOHDANTO

Useiden organismien elämänvaiheisiin kuuluu lepoaste, jonka aikana aineenvaihdunta etenee hitaasti. Lepovaihe ajoittuu yleensä kasvulle epäedullisiin ympäristöoloihin. Kasvien lepoaste on vaihe, jossa elinkykyiset siemenet, silmut, mukulat, rönnyt tai juurakot eivät kasva, vaikka kosteus-, lämpö- ja happiolot olisivat kasvulle suotuisat (AMEN 1968). Seuraavassa keskitytään siementen itämislepoon.

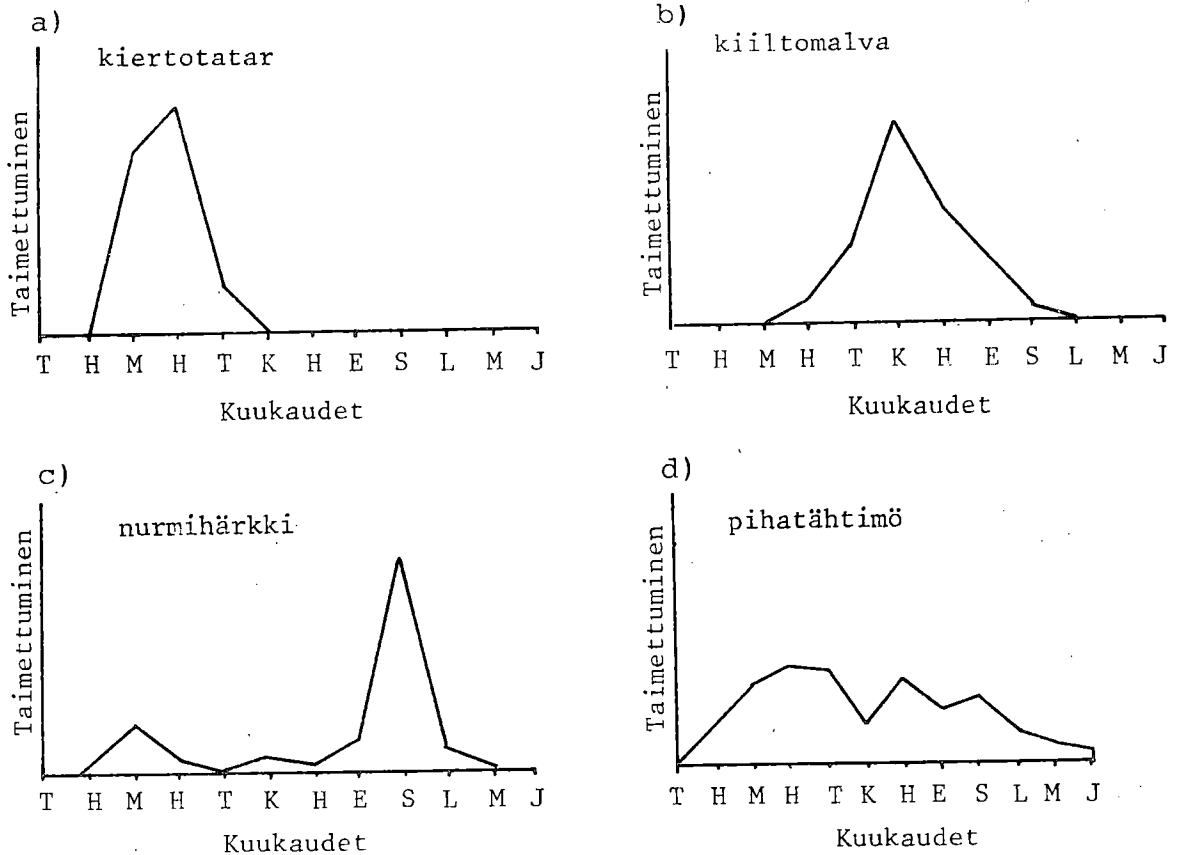
Rikkakasvien siementen itämislepo ja sen kesto vaihtelevat miltei rajattomasti eri lajien välillä, lajin sisällä ja jopa saman yksilön siementen kesken. Tämä osoittaa voimakasta sopeutu-

mista kasvuympäristöön. Siementen itämislevon vaihtelevuus onkin ilmeisesti eräs yksivuotisten rikkakasvien eloonjäämisen ja lisääntymisen avainkysymys.

Esimerkiksi silkkiunikon (*Papaver rhoeas* L.) siemenistä vain pieni osa itää heti varistuaan. Loput itävät vuosien kuluessa. Useille tropiikin kasveille on tunnusomaista siementen itämislevon puuttuminen (HOLZNER 1982). Muutamien lauhkean vyöhykkeen rikkakasvilajien siemenilläkään ei ole dormanssia, esimerkkinä leskenlehti (*Tussilago farfara* L.) ja juolavehna (*Elymus repens* (L.) Gould) (CHANCELLOR 1982). Useimpien tšekäläisten lajien siemenet ovat kuitenkin varistessaan itämislevossa.

HOLZNER ym. (1982) kuvailee seitsemän rikkakasvien itämistyyppiä. Kullekin on ominaista lajien voimakas sopeutuminen vallitsevaan ympäristöön, siinä odotettavissa oleviin muutoksiin sekä tiettyyn viljelykasviin. Useimmat rikkakasvilajit itävät tiettyyn aikaan vuodesta, esimerkkinä kevät- ja syysyksivuotiset rikkakasvit (kuva 1). Tiettyinä kasvukautena varisseet siemenet itävät samaan aikaan useana vuonna peräkkäin edellyttäen, että maata muokataan. Rikkakasvien siementen itämislevon merkitystä kuvanee hyvin sanonta "One year's seeding is seven year's weeding", eli yhden vuoden siementäminen merkitsee seitsemän vuoden rikkakasvustoa.

Siementen itämislevon syntyyn ja murtumiseen vaikuttavia tekijöitä on lukuisia. Usein täydellinen vaikutusmekanismi on edelleen tuntematon, vaikka tiettyjen tekijöiden osuus on kyetty tarkkaan selvittämään. Kuitenkin eräiden rikkakasvien siementen itämistä voidaan jo käytännössä edistää eli *s t i m u l o i d a* (CHANCELLOR 1982). Löydettäessä lisää itämistä stimuloivia aineita kasvaa mahdollisuus viljelymaan puhdistamiseen itämislevossa olevista rikkakasvien siemenistä. Tämä voisi olla seuraava suuri askel rikkakasvien torjunnan alalla (PARKER 1983). HALL ym. (1978) mainitsee kolme soveltamismahdollisuutta rikkakasvien siementen itämislevon säätelyssä: useimpien siementen dormanssin murtaminen itämiselle sopivimpaan ajankohtaan, dormanssivaiheen pitkittäminen itämisen viivyttämiseksi ja maassa olevien siementen elinkelpoisuuden vähentäminen.



Kuva 1. Eräiden rikkakasvilajien taimettuminen eri kuukausina.  
 a) kiertotatar (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve), keväällä itävä kevätyksivuotinen,  
 b) kiiltomalva (*Malva sylvestris* L.) itää alkukesästä kesäkesään,  
 c) nurmihärkki (*Cerastium fontanum* Baumg.), ensisijassa syksyllä itävä syysyksivuotinen ja  
 d) pihatähtimö (*Stellaria media* (L.) Vill.) voi itää kautta vuoden (CHANCELLOR 1982).

## 1. ITÄMISLEPO JA SEN MERKITYS

Monivuotisilla kasveilla eli perennoilla siemen on vaihtoehtoinen lisääntymiskeino. Sen sijaan yksivuotisten kasvien siemen on ratkaiseva lenkki sukupolvien välillä. Tietynasteinen siemenen itämislepo on yleinen lähes kaikilla kasveilla. Ihmisen suorittaman valinnan ja jalostuksen seurauksena viljelykasvien siemeniltä itämislepo puuttuu lähes täysin (MUZIK 1970). Ne itävät yleensä täsmällisesti, ja niiden kasvu ja sadonmuodostus on yhtenäistä.

Siemenrikkakasvien suuren siementuottokyvyn ansiosta peltomaan ylimpiin kerroksiin kertyy runsas siemenvarasto. Rikkasiemenille on ominaista, etteivät ne kykene itämään heti varistuaan, vaan tarvitsevat useimmiten tietyn jälkikypsymisajan. Sen aikana siemenissä tapahtuu fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia. Siemenet voivat säilyä elinkelpoisina kasvilajista ja ympäristöoloista johtuen vuosia tai jopa vuosikymmeniä.

Rikkakasvien siementen pitkäaikainen itämislepo ja siihen liittyvä itämisen jaksottaisuus ovat näiden kasvien eloonjäämisen ja lisääntymisen perusta. Dormanssi on silta kasvulle epäedullisten ympäristöolojen yli. Lauhkealle vyöhykkeelle on ominaista pitkä, kylmä talvi, trooppisille alueille taas kuivuus ja kuumuus. Kullekin kasvilajille tyypillinen dormanssi on syntynyt lajikehityksen aikana vaikuttaneiden mikro- ja makrosääolojen heijastumana (KING 1966). Siemenen itämislepo on biologista sopeutumista vallitseviin oloihin. Itämisen säännöstely toimii lajin suojelejana säilyttämällä alkiomateriaalia ja siten auttamalla valitsemaan myöhemmälle kasvulle suotuisa ympäristö (MUZIK 1970). Kasvin taimivaihe onkin sen elämän ratkaisevin ja kriittisin jaksoksi. Tällöin kasvin tulee selviytyä vallitsevista oloista sekä lajin sisäisestä ja lajien välisestä kilpailusta voittajana (HOLZNER ym. 1982).

Siemenen itämislepoa ei tule liiaksi yleistää. Kaikilta viljelykasveilta ei puutu dormanssi, eikä kaikilla villoilla kasveilla ole pitkittynyttä itämislepoa. Lajinsisäisesti voi esiintyä suuria eroja dormanssin muodossa ja asteessa (CHANCELLOR 1980). Tämä onkin tärkeä ilmiö rikkakasvien lisääntymisen kannalta. Siementen itämislepo saattaa olla jopa syy siihen, miksi tietyistä kasvilajeista tulee rikkakasveja. Itämislevon puute taas ei estä eräitä heinälajeja tulemasta peltorikkakasveiksi, esimerkiksi hietakattara (*Bromus sterilis* L.) (CHANCELLOR 1984). Toisaalta Englannissa viljapelloilla aikaisemmin runsaana esiintynyt aurankukka (*Agrostemma githago* L.) on kuolemassa siellä sukupuuttoon. Lajin siemenillä ei ole dormanssia (SAGAR 1982).

## 2. ITÄMISLEVON LUOKITTELU

Siementen itämislepo voi johtua monista eri tekijöistä. Sen luokittelutapoja onkin useita. Eri tutkijat ovat antaneet nimityksensä samantyyppisille ilmiöille. Tämä on tuonut sekavuutta käsitteistöön. Yleensä on vaikea havaita, mikä dormanssityyppi kulloinkin vaikuttaa.

Aiemmin siementen itämislepoa kutsuttiin viivästyneeksi itämiseksi (JOHNSON 1935). Monien kasvien, esimerkiksi useiden lauhkean vyöhykkeen heinien itämislevon ainoana ilmentymänä onkin yhden, kahden päivän viivästyminen itämisessä. Tämä ilmenee kahden, kolmen viikon kuluessa varisemisesta (CHANCELLOR 1982).

Eräs vanhimpia luokittelutapoja on itämislevon luokittelu primaariseksi ja sekundaariseksi. *Primary dormant* si kehittyi siemenen kypsyessä emokasvissa. Se kestää vaihtelevan pituisen ajan varisemisen jälkeen. Primaarinen dormanssi voi myöhemmin hävitä, mutta jos ympäristöolot eivät ole itämiselle suotuisat, siemen ei idä. Tällaisen jakson aikana siemenet voivat uudelleen tulla dormanteiksi. Tämä ilmiö tunnetaan *secondary dormant* siinä. Sen kehittymisen arvellaan olevan yleistä rikkakasvien siemenillä ja mahdollisesti johtavan niiden kausiluonteiseen itämiseen (CHANCELLOR 1982). Varmuudella ei tiedetä, ovatko primaarisen ja sekundaarisen dormanssin mekanismit samoja. ROBERTS (1972) luettelee vaihtoehtoisina termeinä primaariselle dormanssille myös *endogenous*, *inherent* ja *natural dormant*.

CROCKER (1916) esittää kuusi mahdollista primaarisen dormanssin aiheuttajaa: 1) epäkypsät alkiot, 2) siemenkuoren veden läpäisemättömyys, 3) siemenkuoren mekaaninen resistenssi alkion kasvulle, 4) siemenkuoren alhainen kaasujen läpäisevyys, 5) alkion sisäinen aineenvaihdunta (valon vaatimus ja kylmän vaatimus) sekä 6) edellä mainittujen yhdistelmät.

HARPER (1959) jakaa siemenen itämislevon kolmeen ryhmään: *innate*, *induced* ja *enforced dormant*.



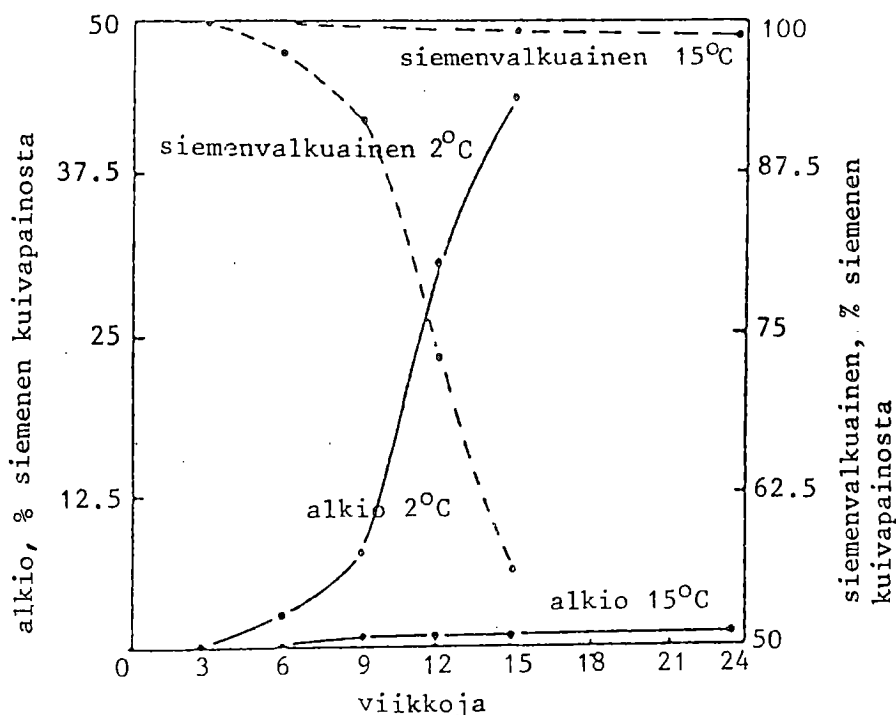
Tätä luokittelua voidaan pitää tarkoituksenmukaisempana ja laaja-alaisempana kuin edellä mainittuja. Luokittelua kuvatakseen HARPER lainasi Schakespearea soveltaen: "Some seeds are born dormant, some achieve dormancy and some have dormancy thrust up on them". Innate (primaarinen) dormanssi on kasvin geneettinen ominaisuus. Vasta varissut tuore siemen ei idä suotuisissakaan ympäristöoloissa, ennenkuin läpikäy tietyn jälkikypsymisvaiheen. Kaksi muuta dormanssiryhmiä perustuvat siemenen ja ympäristön vuorovaikutukseen. Induced (sekundaarinen) dormanssi tulee siemeniin erityisesti epäsuotuisten ympäristöolojen aiheuttamana. Tyyppillistä on, että dormanssi säilyy siemenissä senkin jälkeen, kun ympäristö on muuttunut itämiselle suotuisaksi. Enforced dormanssi voi tulla siemeniin, jotka ovat itämiskykyisiä, mutta ympäröivät olosuhteet, esimerkiksi kuivuus ja kylmyys, estävät itämisen. Kun ulkoinen rajoitus poistuu, siemenet itävät.

Erittäin tarkan ja yksityiskohtaisen luokittelun on esittänyt NIKOLAEVA (1967). Hän käyttää neljää luokkaa, joita ovat A, B, C ja D sekä niiden lisäksi runsaasti alaryhmiä. Luokka A sisältää kaikki siemenen uloimpien kerrosten fysikaaliset, kemialliset ja mekaaniset vaikutukset (e x o g e n o u s d o r m a n s s i). Luokat B ja C kattavat puolestaan alkion ja muiden siemenen sisäosien ominaisuuksiin perustuvat e n d o g e n o u s d o r m a n s s i n muodot. B sisältää näiden osien morfologiset ja C fysiologiset rajoitukset. Luokka D käsittää minkä tahansa yhdistelmän edellisistä.

### 3. ITÄMISLEVON SYNTYYN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

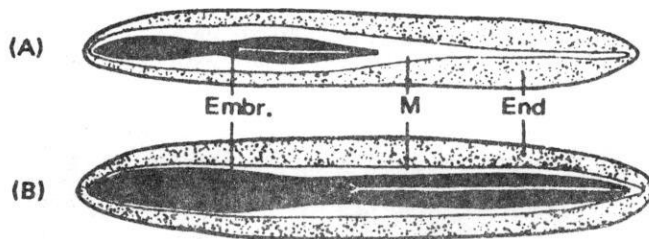
#### 3.1. Alkion kypsyttömyys

Eräiden kasvilajien siementen alkio ei ehdi kasvaa täydelliseksi emokasvissa olon aikana. Siemenet varisevat epäkypsinä, eivätkä idä normaaleissa oloissa. Yleisimmin ilmiön aiheuttaa siemenen sisäisten fysiologisten ja kemiallisten muutosten puute (KING 1966). Jälkituleentumisen aikana nämä muutokset tapahtuvat, alkio kypsyy ja on sen jälkeen valmis itämään, esimerkkinä tatarlajit (*Polygonum L. spp.*; (MUZIK 1970).



Kuva 2. Lämpötilan vaikutus ukonputken siementen alkion ja siemenvalkuaisen kuivapainoon kosteassa tapahtuneen varastoinnin aikana (STOKESin mukaan, 1952).

Ukonputken (*Heracleum sphondylium* L.) siemenet varisevat morfolo-  
gisesti epätäydellisinä (STOKES 1952). Alkion kehitys jatkuu  
useita kuukausia varisemisen jälkeen siemenvalkuaisen varara-  
vinnon turvin. Siemenen alkion erilaistuminen tapahtuu tällä  
kasvilla nopeammin alhaisessa (+2 °C) kuin korkeassa lämpötilas-  
sa (kuva 2). Useiden kasvilajien siemenalkiot ovat kuitenkin  
varistessaan morfologisesti täydellisiä, näin esimerkiksi saar-  
nilla (*Fraxinus* L. spp.) (STEINBAUER 1937). Niiden siemenalkio  
kasvaa kaksinkertaiseksi sen jälkeen, kun fysikaalinen veden  
imeytyminen on tapahtunut (kuva 3). Siemenet voivat säilyttää  
tämänkin jälkeen itämislevon elinkykyään menettämättä kuukausia  
tai joskus jopa vuosia, jos olosuhteet ovat itämiselle epäedulliset  
(VILLIERS 1972). Lehtosaarnilla (*Fraxinus excelsior* L.) siemen-  
alkion kasvu on nopeinta korkeassa lämpötilassa, 18-20 °C.



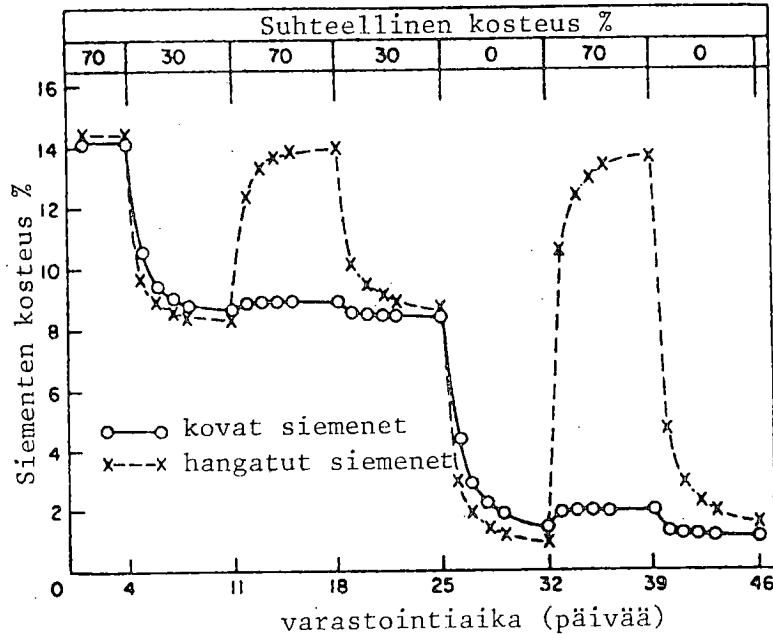
Kuva 3. Saarnin siemen välittömästi emokasvista varisemisen jälkeen (A) ja kuusi kuukautta myöhemmin kosteassa maassa tapahtuneen varastoinnin jälkeen (B). Embr. = alkio, M = limakerros, joka on peräisin siemenvalkuaisesta (=End) (RUGEn mukaan, 1966).

### 3.2. Siemenkuoren läpäisemättömyys

Veden ja hapen läsnäolo on tavallisesti itämiselle välttämätöntä. Hapen saanti on hengitysketjun toiminnan ja oksidatiivisen fosforilation edellytys (HESS 1975). Kokonaan tai osittain läpäisemätön siemen- tai hedelmänkuori estää eräillä siemenillä veden ja/tai kaasujen kulun. Tällaisia ns. kovia siemeniä esiintyy monilla lajeilla erityisesti tiettyjen heimojen keskuudessa. Näitä heimoja ovat *Fabaceae*, *Malvaceae*, *Chenopodiaceae*, *Liliaceae* ja *Solanaceae* (VILLIERS 1972). Siemenkuoren mekaaninen tai kemiallinen rikkoutuminen on tällöin edellytys siemenen itämiselle. Luonnossa läpäisemättömät kerrokset murtuvat asteittain erityisesti mikro-organismien sekä maan ja veden hiovan vaikutuksen seurauksena. Siemenen vanhenemisen myötä tapahtuu myös biokemiallisia muutoksia siemenkuoren sisällä. Nämä tekijät yhdessä ympäristötekijäin kanssa lisäävät kuoren läpäisevyyttä ja itävyyttä (KING 1966).

Jos ilmasto on erityisen kuiva, saattavat esimerkiksi eräiden hernekasvien (*Fabaceae*) heimoon kuuluvien kasvien siementen puolikkaat avautua. Tällöin vettä poistuu siemenen sisältä. Kosteammassa taas siemen sulkeutuu ja veden pääsy siemeneen estyy (HYDE 1954). Niinpä siemenalkio kuivuu kosteustilaan, joka on samansuuruinen kuin sen kokema kuivin ympäristö (Kuva 4).

Tälllaisten kovien siementen itämislepo laukeaa vain hankauksella. Sen seurauksena siemenkuori muuttuu vettä läpäiseväksi.



Kuva 4. Valkoapilan siementen kosteuden muuttuminen. Siemenet on siirretty peräkkäin eri kasvukammioihin, joiden suhteellinen kosteus on ollut erisuuruinen (HYDE 1954).

Eräät kasvilajit, kuten esimerkiksi maitohorsma (*Epilobium angustifolium*), lisääntyvät usein selvästi metsäpalon jälkeen (MUZIK 1970). Tulen vaikutuksesta niiden siementen vettä läpäisemätön kuori-kerros muuttuu läpäiseväksi. Nurmissa esiintyy myös tiettyjä kasvilajeja, joiden kovat siemenet ovat märehitjään ruuansulatuskanavassa muuttuneet bakteeritoiminnan seurauksena läpäiseviksi.

Monien heinäkasvien (esim. hukkakaura, *Avena fatua* L.) (HARPER 1977) kuin myös saarnin tai sappiruohon (*Xanthium strumarium* L.) (HESS 1975) siementen itämislepo johtuu siemenkuoren heikosta kaasujen läpäisykyvystä. Keinotekoisesti näillä dormanssi saa-

daan murtumaan paitsi mekaanisella käsittelyllä myös erilaisilla kemiallisilla valmisteilla kuten rikkihapolla, vetysyanidilla, vetyperoksidilla, alkoholilla jne..

Vaikka useiden kasvien siemenkuori on erittäin kova, silti siementen itämättömyys johtuu pääosin muista mekanismeista.

### 3.3 Alkion sisäiset tekijät

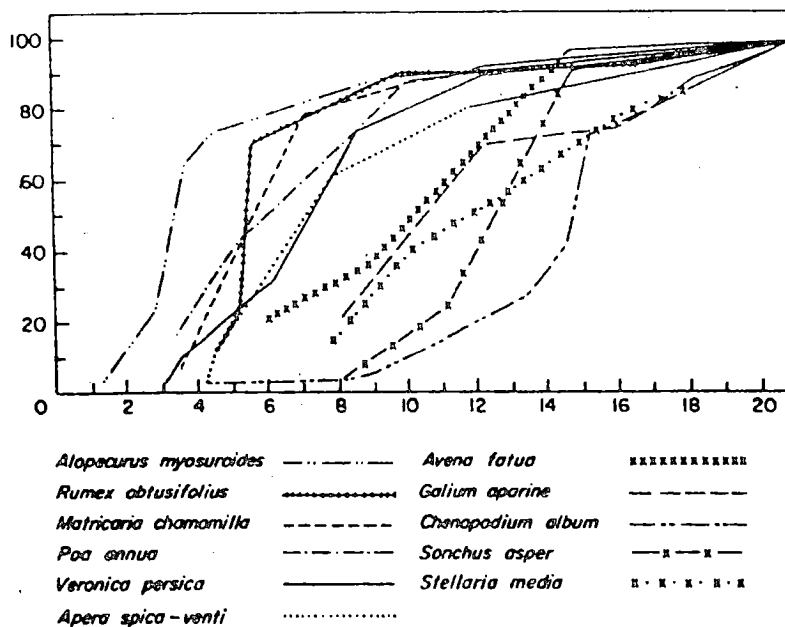
Siemenen tai hedelmän kaikissa osissa voi esiintyä itämistä estäviä aineita eli *i t ä m i s i n h i b i i t t o r e i t a*. Niitä onkin eristetty suuresta määrästä siemeniä erityisesti monilta viljeltäviltä lajeilta, kuten tomaatilta ja salaatilta (MUZIK 1970). Itämistä estävän aineen vaikutusajan pituus riippuu aineen pysyvyydestä. Se voi poistua siemenestä joko hajoantumalla biokemiallisesti siemenen kudosten sisällä, fysikaalisesti veden liuottamana tai diffundoituen kaasuna (HARPER 1977). Tärkeä aineen pysyvyyteen vaikuttava tekijä on myös siemenen protoplasman tai siemenkuoren puoliläpäisevien kalvojen aineen diffuusiota siemenestä estävä vaikutus. Todennäköisesti monien lajien siemenissä inhibiittorin määrä on sellainen, että sen liuottamiseen tarvittava sademäärä on riittävä itämiseen ja sitä seuraavaan kasvuun. Aineen läsnäolo voidaan havaita myös uuttamalla siemenerää vedellä. Tällöin itäminen etenee nopeasti. Se estyy kuitenkin uudelleen, jos uutos lisätään takaisin siemeniin. Luonnon oloissa siementen itäminen riippuu joskus myös niiden esiintymistiheydestä maassa. Siemenistä tiedetäänkin vapautuvan itämistä estäviä aineita, jotka näin säätelevät myös kasvipopulaation kokoa (LINHART 1976).

Itämisinhibiittoreita tunnetaan suuri määrä. Kemiallinen rakenne on selvitetty vain osalta. Valtaosa tutkimuksista on tehty keuhallisesti laboratorio-oloissa, eikä ole selvää, että nämä aineet toimivat luonnon oloissa samoin (HESS 1975). Itämisinhibiittoreita ovat muunmuassa kumariini, abskisiinihappo, vetysyanidi ja ferulihappo.

### 3.4 Ympäristötekijät

Itämiselle epäsuotuisat ympäristöolot voivat aiheuttaa sekundaarisen 'induced' tai 'enforced' dormanssin (CROCKER 1916). Jälkituleentuneet tai kypsyttyään itämislevossa olevat siemenet voivat siirtyä dormanssiin esimerkiksi kuumuuden, kuivuuden tai epäsuotuisten valaistus- tai kaasuolojen seurauksena (KING 1966).

Eri rikkakasvilajit reagoivat eri tavoin maan ilmatilan hapen ja hiilidioksidin suhteellisiin osuuksiin. Yleensä happikonsentraation nousu lisää ja hiilidioksidikonsentraation nousu vähentää siementen itävyyttä. Selvän hapen puutteen on useissa tutkimuksissa todettu ylläpitävän siementen itämislepoa (kuva 5) (HARPER 1977). Maan ilmahuokosissa mitatut happiarvot ovat vain harvoin alle 18% (RUSSELL 1973). Kuitenkin itämiseen tarvittavaa hapen osapainetta siemenkuoren sisällä on vaikea arvioida tarkasti.



Kuva 5. Eräiden rikkakasvien siementen itäminen hapen osapaineen muuttuessa (MÜLLVERSTEDT:n mukaan, 1963).

Hengittävä siemen on hiilidioksidin lähde. Suurimmat pitoisuudet ovatkin siemenen sisällä ja siksi vaikeasti määritettävissä. Erityisesti maan sisällä olevien siementen itämislepoon on kaasujen suhteellisella osuudella usein merkityksensä. Pelto- ja nurmimaassa hiilidioksidipitoisuus on yleensä 0,1 - 1,6% (RUSSELL 1973). Jos maan hiilidioksidikonsentraatio jää alle 8%, sillä ei ole vaikutusta itävyyteen, jollei samanaikaisesti ole puutetta hapestasta (KOCH 1969). Jos hiilidioksidin osuus on 10% tai enemmän, estyvät esimerkiksi rikkasinappi (*Sinapis arvensis* L.), pihatähtimö ja persiantädyke (*Veronica persica* Poiret) itämästä.

Eräissä tapauksissa korkea hiilidioksidipitoisuus kuitenkin stimuloi siementen itämistä (CARR 1961). Myös alhaisen happikonsentraation on todettu stimuloivan eräiden lajien itämistä, esimerkkeinä osmankäämit (*Typha* L. spp.) ja rikkapuntarpää (*Alopecurus myosuroides* Hudson) (HOLZNER ym. 1982).

### 3.5. Eri tekijöiden yhdistelmä

Samalla kasvilajilla tai jopa samalla siemenellä voi olla useita itämislepoa aiheuttavia mekanismeja. Ne voivat toimia joko itsenäisesti tai ehdollisesti toisistaan riippuen. Esimerkiksi erään sarviapila-lajin (*Trigonella arabica*), yksivuotisen autiomaakasvin, siemen on varustettu ainakin neljällä toisistaan riippumattomalla itämisen säätelymekanismilla (MUZIK 1970). Niitä ovat vesiliukoinen itämistä estävä aine, kova siemenkuori sekä herkkyys valolle ja lämpötilalle.

## 4. GENEETTINEN JA SOMAATTINEN POLYMORFISMI

### 4.1. Geneettinen polymorfismi

Ei-dormanttien siementen esiintymistä pääosin dormantit siemenet omaavan lajin populaatiossa kutsutaan dormanssin geneettiseksi polymorfismiksi. Tällöin kasvilajin vaihtoehtoiset geneettiset muodot kokeilevat sopivuuttaan epävarmassa ympäristössä

saman kasvipopulaation sisällä (HARPER 1977). Geneettisesti säädelty dormanssin polymorfismi on ilmeisesti pikemminkin poikkeus kuin sääntö kasvien keskuudessa. Esimerkiksi peltohatikalla (*Spergula arvensis* L.) siemenkuoren laatu on geneettisesti säädelty ja yhteydessä itämiseen. Luonnosta on lajin sisällä löytynyt kolmenlaisia siemeniä: 1) homotsygootteja 120 nystyisiä, 2) homotsygootteja sileäkuorisia ja 3) heterotsygootteja 60 nystyisiä (NEW 1958, 1959). Kullakin kasviyksilöllä on vain yhdenlaisia siemeniä. Esimerkiksi Englannissa nystytön muoto esiintyy erityisesti Pohjois-Englannin alueella. Nystylliset siemenet itävät sileitä nopeammin.

Geneettisesti tarkasteltuna siemenen kuoriosat ovat emoperintäisiä. Siemenvalkuaisesta on tavallisesti  $2/3$  emoperintäistä ja  $1/3$  on peräisin isäkasvista, kun taas alkiossa suhteet ovat  $1/2/1/2$  (WHITTINGTON 1973). Vuorovaikutus alkion ja sitä ympäröivien siemenosien välillä voi vaikuttaa suuresti eri siemenryhmien käyttäytymisen monimuotoisuuteen. Tästä on etua erityisesti rikkakasveille.

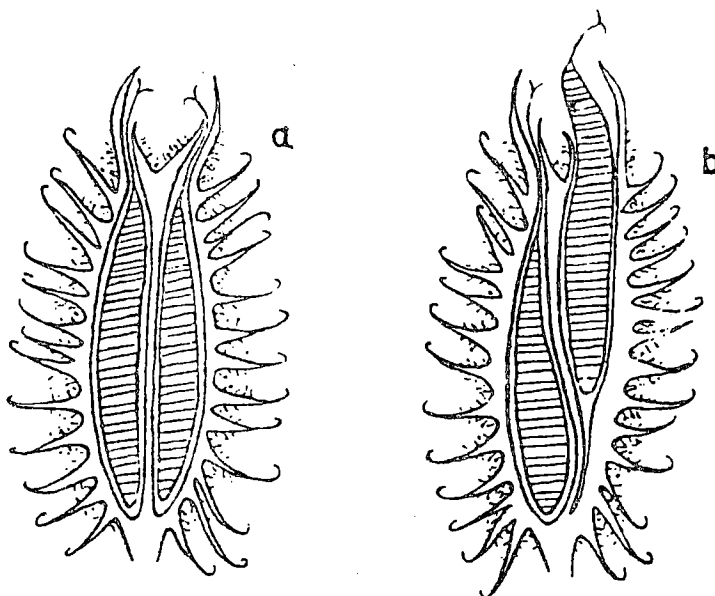
Primaarinen 'innate' dormanssi näyttää usein olevan tarkan geneettisen säätelyn alainen. Ympäristön vaikutus itämislevon kehittymiseen, sen asteeseen ja keston voi silti olla huomattava. Muutamien rikkakasvien (esimerkiksi kierumatara, *Galium aparine* L.) siemenet käyttäytyvät hyvin vaihtelevasti: eräät erät itävät 100 prosenttisesti, toiset taas ovat täysin dormantteja (CHANCELLOR 1980). Näiden lajien siementen itämislepo määräytyy siementen emokasvissa kehittymisen aikana vallinneiden sääolojen perusteella.

Vaikka hukkakauran itämislepo on geneettisesti määräytynyt, puhtaisten linjojen välillä esiintyy eroja siinä, missä määrin siementen tuleentumisen aikainen lämpötila vaikuttaa dormanssin esiintymiseen. Eräillä linjoilla korkea lämpötila tällöin vähentää voimakkaasti itämislevon kestoa, eräillä sen vaikutus on vain pieni (CHANCELLOR 1982). Yleensä korkea lämpötila ja kuivat olot vähentävät, kun taas kylmät ja kosteat olot pidentävät itämislevon kestoa.



#### 4.2. Somaattinen polymorfismi

S o m a a t t i n e n p o l y m o r f i s m i kuvaa eri kasvimuotojen siementen tai saman kasvin eri osien siementen somaattista erilaisuutta (HARPER 1977). Siemenen sijainti kukinnossa tai sen osassa voi vaikuttaa itämislevon esiintymiseen ja kestoan. Esimerkiksi sappiruoholla (*Xanthium* L. spp.) siemenet syntyvät ja leviävät pareittain. Niiden itämislevon murtumisvaatimukset ovat erilaiset: alemmalla siemenellä on vain pieni sisäinen dormanssi ja se itää lähes välittömästi, kun taas ylempi siemen on voimakkaasti dormantti ja itää aikaisintaan 12 kuukauden kuluttua varisemisesta (kuva 6). Itämislevon vaihtelun on arveltu johtuvan eroista siemenkuoren suhteellisessa hapen läpäisykyvyssä (CROCKER 1906). Useilla heinäkasveilla esiintyy samankaltainen joskin eri syistä johtuva dormanssin somaattisen polymorfismin muoto. Esimerkiksi erään hukkakauralajin (*Avena ludoviciana* (Durien) Husnot) tähkylän eri siemenien itämislepo vaihtelee: alimmalta jyvältä puuttuu dormanssi, kun taas toinen ja kolmas jyvä ovat syvässä dormanssissa (CHANCELLOR 1980). Ilmiön on arveltu johtuvan emokasvista tähkään kulkeutuvan, itämistä stimuloivan kasvuaineen erilaisesta pitoisuudesta eri jyvissä. Pohjajyvä saisi näin sijaintinsa perusteella suurimman osan kasvuainetta.



Kuva 6. Sappiruohon hedelmä: a) siementen keskinäinen asema normaali, b) hedelmässä ylempi ja alempi siemen (KING 1966).

Jauhosavikan (*Chenopodium album* L.) yksittäinen kasvi voi tuottaa neljän tyyppisiä siemeniä: ruskeita, mustia, verkkomaisia tai sileitä. Ruskeat siemenet ovat ohutseinäisiä ja suurempia kuin mustat. Varistuaan ne itävät nopeasti myös alhaisessa lämpötilassa. Mustat siemenet vaativat kylmä- tai nitraattikäsittelyn, ennenkuin niiden itämislepo murtuu (WILLIAMS ja HARPER 1965). Talvi tappaa yleensä ruskeista siemenistä kehittyneet taimet. Jos ne kuitenkin jäävät henkiin, niistä kasvaa suuria ja runsaasti siemeniä tuottavia kasveja verrattuna keväällä itävistä, mustista siemenistä kehittyviin kasveihin. Ruskeita siemeniä on harvoin yli 3% emokasvin koko siementuotannosta. Useimmat kuuluvat ensimmäisenä kypsyvien joukkoon.

Siemenen dormanssin somaattinen polymorfismi näyttää rajoittuvan ensisijassa lyhyen ajan eläviin lajeihin, erityisesti rikkakasveihin. Useimmat esimerkit kuuluvat neljään heimoon, joita ovat *Compositae*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae* ja *Brassicaceae*. Fysiologisen, morfologisen ja ekologisen joustavuutensa takia nämä rikkakasvilajit voivat hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla vaihtelevia ympäristöoloja (HOLZNER 1982).

## 5. ITÄMISLEVON KESTO

Peltomaan ylemmissä kerroksissa on yleensä valtavat dormanttien, elinkykyisten rikkasiementen varastot. Siementen lajikoostumus vaihtelee alueen viljelyhistorian perusteella. Jos maa on viljelykselle sopivaa, maalajin vaikutus siemenen käyttäytymiseen on vähäinen. BRENCHLEY ja WARINGTON (1930) toteavat useimpien kasvilajien siementen käyttäytyvän samoin happamassa hiekassa ja neutraalissa savessa.

Tutkimuksia rikkakasvien siementen eliniästä on viimeisen vuosikymmenen kuluessa tehty eri menetelmin lukuisia (esim. DARLINGTON 1931, 1941, 1951, DARLINGTON ja STEINBAUER 1961). Viljelymaassa siementen elinikä on kuitenkin yleensä paljon lyhyempi kuin laboratorio-oloissa saadut tulokset antavat aihetta olettaa. Maan

muokkaaminen tarjoaa usein sopivat olot itämiselle ja edistää siementen kuolemiseen johtavia prosesseja (HARPER 1977). Jos rikkakasvien siementäminen estetään voimakkaalla äestämällä (kesannoimalla), dormanttien siementen määrä pinta-alayksikköä kohden vähenee jyrkästi jo kahdessa vuodessa. Kolmantena vuonna niitä esiintyy enää vähän (BRENCHLEY ja WARINGTON 1930). Toisaalta toisena vuonna itäminen oli monilla lajeilla runsainta: kylänurmikka (*Poa annua* L.) 65%, sarvimatara (*Galium tricor-nutum* Dandy) 75% ja hukkakaura 50% (THURSTON 1953) kokonaistai-mettumisesta. Tattaret eivät itäneet enää kolmantena vuonna. Kaikki muut lajit (26) itivät vielä kolmantena vuonna, joskin alle prosentin itivät rikkapuntarpää, kylämaltsa (*Atriplex patula* L.) ja peltovillakko (*Senecio vulgaris* L.).

Siementen säilyminen elinkykyisinä vuosikymmeniä tai jopa vuo-sisatoja syvälle maahan hautautuneina johtuu usein näiden maa-kerrosten itämiselle epäedullisista oloista. Tällaisia ovat muunmuassa lämpötilan ja kosteuden pieni vaihtelu, alhainen happikonsentraatio ja korkea hiilidioksidikonsentraatio.

Dormanssin tulisi olla kestoltaan lyhyemmän kuin siemenen elin-iän, jotta siemenen olisi mahdollista kehittyä kasviksi. Van-hetessaan monet siemenet reagoivat väljemmin ympäristön rajoi-tuksiin: valon vaatimus vähenee ja itämisen lämpötilarajat laa-jenevat (CHANCELLOR 1980). Vanhoissa siemenissä tapahtuu myös helpommin mutaatioita, jotka puolestaan saattavat palvella so-putumisessa evoluutioon.

Siementen kuolema maassa johtuu useista eri syistä. MUZIK (1970) mainitsee muunmuassa seuraavia syitä: 1) siemenen vararavintova-rasto häviää hengityksessä, 2) entsyymien toiminta ja hapettu-misprosessit johtavat vararavintovaraston denaturoitumiseen, 3) proteiinit koaguloituvat, 4) kerääntyy toksisia tuotteita ja 5) tuma rappeutuu.

## 6. ITÄMISLEVON MURTUMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

### 6.1. Vesi

Kuivan siemenen veden otto alkaa siemenen turpoamisella, joka on puhtaasti fysikaalinen tapahtuma (HESS 1975). Siemenen on imettävä vettä, ennenkuin se kykenee diffundoimaan happea. Happi on yleensä välttämätön itämiselle. Autiomaa- ja tropiikkilajeilla havaittavat itämislevon murtumismekanismit ovat yleensä vedestä riippuvaisia. MARKSIN (1983) mukaan vesi onkin tärkein itämistä säätelevä tekijä monilla tropiikin kaksisirkkaisilla lajeilla. Tämän ympäristön olennaisin riski taimen kehitykselle onkin sateen vaikea ennustettavuus. Monet yksivuotiset aavikkokasvit itävät vain, jos vettä on satanut vähintään 125 mm, mutta mieluummin 250 - 500 mm. Maa on tällöin kastunut riittävästi jatkokehitystä ajatellen (HESS 1975). Xero- ja halofyytit itävät alhaisemmassa kosteudessa kuin mesikasvit. HOFSTEN (1954) on todennut, että voikukan (*Taraxacum* spp.) itämisen optimikosteus on 60 - 80% FC (=kenttäkapasiteetista), kun 90% FC oli jo itämiselle liian korkea ja 30 - 40% FC liian alhainen kosteus.

### 6.2. Lämpötila

Itämisen riippuvuus maan lämpötilasta selittää suureksi osaksi yksivuotisten rikkakasvilajien esiintymisen jaksottaisuuden. Lämpöolot ovatkin tärkein tai ainakin selvin peltorikkakasvien käyttäytymistä säätelevä tekijä silloin, kun kosteus on riittävä (HOLZNER ym. 1982). Vaikka itämisen lämpötilavaatimukset ovat pääosin kullekin kasvilajille spesifisiä, ne saattavat vaihdella siemenen alkuperän, iän, varasto- tai valo-olojen mukaan (taulukko 1).

Taulukko 1. Jälkikypsymisajan pituuden vaikutus lutukan (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus) itämiseen, % (HOLZNER ym. 1982).

Jälkikypsymisen pituus (päiviä)	Lämpötila (°C)		
	10	20	30
198	35	2	0
242	73	12	0
274	20	6	0
345	25	25	4

Lauhkean vyöhykkeen rikkakasvit vaativat yleensä muutamasta viikosta jopa kuukausiin kestävän kylmäkäsitteilyjakson kosteassa ympäristössä lähellä pakkasrajaa (= s t r a t i f i k a a t i o). Eräät lajit kuten esimerkiksi pillikkeet (*Galeopsis* L. spp.) vaativat pakkaskäsitteilyn itääkseen (HOLZNER ym. 1982). Jotta nämä lajit välttyvät itämästä ennenkuin pakkasriski on ohi, ne tarvitsevat usein 1 - 2 kylmän ja lämpimän jakson vuorottelua ennenkuin itävät (peltorusojuuri, *Lithospermum arvense* L.) (MUZIK 1970). Pähkinäpensaalla (*Corylus avellana* L.) kylmäkäsitteilyvaatimuksen arvellaan liittyvän nukleiinihapposynteesin stimuloitumiseen alkiossa ja sirkkalehdissä (KING 1966). Kylmäkäsitteily saattaa liittyä myös siemenensisäisten, itämistä estävien aineiden poistumiseen tai itämistä edistävien aineiden lisääntymiseen siemenessä.

Lämpötila yksin näyttää säätelevän vain keväällä itävien lajien itämislevon murtumista (CHANCELLOR 1980). Näillä lajeilla talven kylmä sää murtaa dormanssin. Ilman lämmitessä keväällä siemenet ovat valmiit itämään. Korkea lämpötila kesällä puolestaan palauttaa itämislevon, jonka seurauksena syksyllä ei esiinny tuhlailevaa itämistä. Syysyksivuotisilla (murattitädäyke, *Veronica hederifolia* L.) kesän korkea lämpötila murtaa dormanssin (BASKIN ja BASKIN 1976). TAYLORSONin ja BROWNin (1977) tutkimuksissa neljän-toista rikkaheinälajin itämislepo väheni merkittävästi, kun siemenet esikäsiteltiin +50°C:n lämpötilassa. Käsitteilyn kestosta johtuen siemenissä esiintyi eri asteista dormanssia. Eräs ensimmäisenä ilmenneistä asteista oli siementen lisääntynyt valoherkkyys.

Useimpien lauhkean vyöhykkeen rikkakasvilajien itämistä suosii luonnonmukainen lämpötilojen vuorokautinen vaihtelu. KOLKIn (1947) tutkimuksissa vuorokautinen lämpötilavaihtelu (5°C/22°C) suosi selvästi esimerkiksi koiranheinän (*Dactylis glomerata* L.), niittynurmikan (*Poa pratensis* L.) ja ruostehappomarjan (*Berberis vulgaris* L.) itämistä. Samalla tavalla ovat reagoineet myös juolavehne, jauhosavikka sekä valvatit (*Sonchus* L. spp.) (HOLZNER ym. 1982). Itämislämpötilojen ääriarvot ovat yleensä 5 - 35°C. Ylin todettu itämislämpötila on +40°C ja alin +2°C useimpien itäessä 20 - 30°C:ssa (KOLK 1947).

### 6.3. Valo

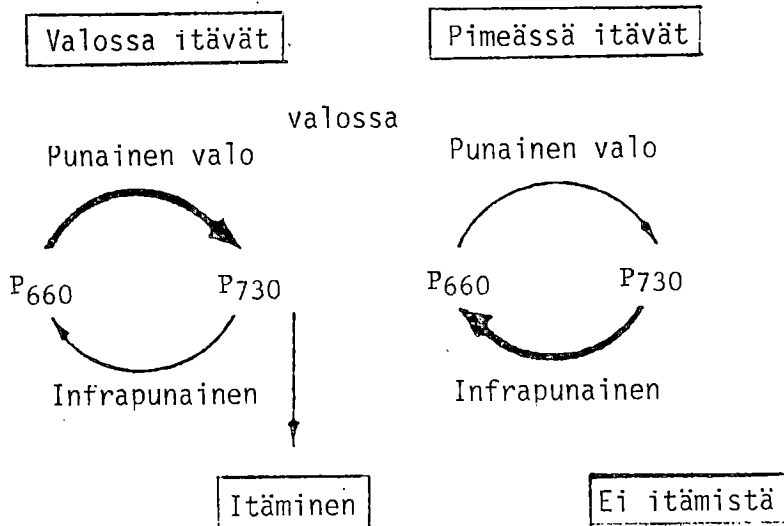
Yleensä valo edistää rikkakasvien siementen itämistä. KINZELin (1920) tutkiessa 964 kasvilajia niistä 672:n lajin itämistä valo suosi ja 258:n valo esti. Monet heinäkasilajit olivat valoherkkiä. Itäminen tapahtuu nopeammin ja täydellisemmin lähellä maan pintaa. Valon vaatimus varmistaa sen, etteivät siemenet rajoitettuihin vararavintoihin idä syvempää, kuin mistä ne pystyvät taimettumaan. Suurisiemenisten lajien itäminen näyttää olevan yleensä valosta riippumatonta. Esimerkiksi hukkakaura itää yli 10 cm syvyydestä (HOLZNER ym. 1982).

Ruotsissa tekemässään tutkimuksessa valon vaikutuksesta rikkakasvien itämiseen KOLK (1947) havaitsi siementen ikään perustuvia eroja paitsi lajien välillä myös lajin sisällä. Hän jakoi lajit neljään ryhmään: 1) lajin nuoret siemenet itävät hyvin kirkkaassa päivänvalossa, vanhat heikossa päivänvalossa (*Pelto-ohdake*, *Cirsium arvense* (L.) Scop.), 2) lajit itävät hyvin heikossa päivänvalossa (lutukka), 3) lajit itävät hyvin heikossa päivänvalossa ja pimeässä (pihatähtimö), 4) lajin nuoriin siemeniin ei valo vaikuta, vanhemmat itävät heikossa päivänvalossa (aurankukka).

Myös WESSON ja WAREING (1967) totesivat, että useiden lajien siementen upottaminen maahan indusoi ne valolle herkiksi, vaikka ne eivät tuoreena tarvinnut valoa itääkseen. Esimerkiksi pihatähtimön siementen kylmäkäsittely teki ne valoa vaativiksi. CROCKERin ja BARTONin (1953) tutkimuksissa sen sijaan tuoreet nurmikka-lajien (*Poa* L. spp.), leinikkien (*Ranunculus* L. spp.) ja horsmien (*Epilobium* L. spp.) siemenet tarvitsivat valoa itääkseen, kun taas kuivan varastointikauden jälkeen valovaatimus asteittain katosi.

Siemenet, joiden itämistä valo estää tai edistää, eroavat tavassa, jolla niiden fytokromisysteemi reagoi tulevaan valoon (HESS 1975). Valon spektrissä on punaisen ja infrapunaisen valon suhteellinen osuus ensisijaisen tärkeä. Valolla stimuloituvien siemenien fytokromiproteiini muuntuu punaisessa valossa muotoon, joka laukaisee itämisen.

Infra-punaisen valon vaikutus on puolestaan päinvastainen (kuva 7). Valostimulaation jatkomekanismi on kuitenkin osittain tuntematon. Eräillä lajeilla se on yhdistynyt gibberelliini-kasvuhormonin tuotantoon. Näillä valon vaikutus voidaan osittain tai kokonaan korvata gibberelliinihapolla.



Kuva 7. Hypoteesi valoherkkien siementen fytochromisysteemin vaikutustavasta (HESS 1975).

Valoherkät siemenet ovat vasta turvottuaan herkkiä valostimulaatiolle. Alttiuteen vaikuttavat myös siemenkuoren laatu sekä lämpötila (VILLIERS 1972). Esimerkiksi sepiväpeipin (*Lamium amplexicaule* L.) siemenet olivat herkimpää 12 t veden imeytymisen jälkeen (JONES ja BAILEY 1956). Sitä pidempi tai lyhyempi liotus vähensi valoherkkyyttä. Itämislevon murtumiseen vaadittava säteilyn määrä (=intensiteetti x valaistusaika) voi olla hyvin alhainen. Jos intensiteetti on suuri, lyhytkin annos voi riittää.

Punaisen ja infra-punaisen valon pääsy kasvillisuuden ja maan pintakerroksen läpi on tärkeä valoherkkien siementen itämisestä ja itämissyvyyttä säätelevä tekijä (ROBERTS 1972). Tiheän kasvi-

peitteen alla estynyt itäminen ei ilmeisesti aiheudu ainoastaan säteilyn pienestä määrästä, vaan myös punaisen ja infra-punaisen valon muuttuneista osuuksista. Lehvästön läpi siirtyneestä valosta suurin osa on infra-punaista. Sen on todettu estävän monien lajien siementen itämistä (HOLZNER ym. 1982). Tämä on eräs syy siihen, miksi nurmissa maahan tippuneet rikkakasvien siemenet itävät yleensä vain aukko- ja kourakoissa (CHANCELLOR 1982). GORSKIN (1975) tutkimuksissa itäminen estyi tai ainakin viivästyi merkittävästi lehvästön alla niin valoherkillä (voikukka), valoes-toisilla (villakko, *Senecio cruentus*) kuin valosta riippumattomilla (viherpantaheinä, *Setaria viridis* (L.) Beauv.) siemenillä.

#### 6.4. Kemiaalliset tekijät

Siementen itämislevon murtuminen voi tapahtua myös kemiallisesti, joko sisäsyntyisten, kasvua edistävien aineiden avulla tai siemenen ulkopuolisten kemiallisten aineiden vaikutuksesta. Yleisimmin tunnettuja sisäsyntyisiä, itämistä stimuloivia kasvuhormoneja ovat gibberelliinihappo ja sytokiniinit (HALL ym. 1978). Eräiden lajien itämislepoa säätelee itämistä estävien ja edistävien kasvuaineiden keskinäinen suhde. Sitä kontrolloivat puolestaan usein vallitsevat ympäristötekijät (CHANCELLOR 1980). Useissa tutkimuksissa on todettu gibberelliinihapon säätelevän mm. nukleiinihapposynteesiä (VILLIERS 1972).

Monet itämistä edistävät aineet ovat tehokkaita laboratorio-oloissa, mutta pelto-oloihin siirryttäessä niillä on vähemmän merkitystä. Näin on esimerkiksi gibberelliinihapon ja tioureaan ollessa kysymyksessä (HARPER 1977). Laboratoriossa yleisesti itämisen edistämiseen käytetty nitraatti-ioni saattaa olla merkityksellinen myös pelto-oloissa. Maanesteen nitraattikonsentraatio näet nousee usein jyrkästi maan lämpötilan kohotessa keväällä (RUSSELL 1973). Myös mikro-organismien nitraattituotannon ja typpilannoituksen on todettu stimuloivan itämistä ja saattavan muuttaa rikkakasvilajistoa nitrofiilejä suosivaksi (KING 1966).



Sekä sisäsyntyinen että myös keinotekoisesti itämisen estämiseen käytetty aine on etyleeni (tai sen johdos etefoni). Etyleeniä voi olla läsnä myös maaympäristössä mikro-organismien aktiivisuuden seurauksena. CHANCELLORin (1982) mukaan etyleeniä tehokkaampaa itämislevon murtajaa ei ole toistaiseksi tavattu, joskin samantyyppisiä tullaan ilmeisesti keksimään. Etyleenin onkin todettu tehokkaasti stimuloivan esimerkiksi peltohatikan, jauhosavikan ja kamomillasaunion (*Matricaria recutita* L.) siementen itämistä (HALL ja WAREING 1972). HALL ym (1978) totesivat, että peltohatikka vaatii itääkseen hiilidioksidia, valoa ja etyleeniä (taulukko 2). Joko etyleeni tai hiilidioksidi yksin annettuna edistivät itämistä valossa, vain etyleeni oli tehokas pimeässä.

Taulukko 2. Etyleenin (200 ppm) ja hiilidioksidin (0,03%) vaikutus peltohatikan siementen itämiseen (HALL ym. 1978).

Lisäys	Itävyys (%)	
	Valo	Pimeä
$C_2H_4 + CO_2$	44,8	19,6
$C_2H_4$	34,6	14,3
$CO_2$	36,1	8,5
O	11,8	6,0
LSD	7,3	5,6

Pohjois-Amerikassa etyleeniä käytetään jo käytännön mittakaavassa heinäkavien parasiitti-kasvin *Striga lutea* Lour. siementen hävittämiseksi (CHANCELLOR 1982). Etyleeni injektoidaan kaasuna maahan. Normaalisti nämä siemenet itävät, kun isäntäkasvin juurista vapautuu itämistä edistävää ainetta.

Vaikka herbisidikäsitteilyllä on tarkoitus tappaa rikkakasvit, näin ei aina käy. Eri syistä osa jää eloon ja tuottaa siementä.

Usein on huomattu siemenen ominaisuuksien tai elinkyvyn muuttuneen käsittelyn seurauksena. ÅBERG (1958) havaitsi fenoksiherbisideillä käsiteltyjen kasvien tuottamien siementen jäävän kokonaan vaille itämislepoa. Alhaisten herbisidimäärien on todettu vähentävän myös ruiskutettujen hukkakaurakasvien tuottamien siementen dormanssia. Näin ovat vaikuttaneet esimerkiksi 0,5 ja 1,0 kg/ha klorfenproppi-metyyliä tai 0,2 ja 0,4 kg/ha bentsoylproppi-etyyliä (PETERS ym. 1975). STECKON (1977) tutkimusten perusteella glyfosaatilla käsiteltyjen kasvien siementen itämisprosessi on yleensä normaali, mutta taimet kehittyvät usein epänormaaleiksi.

#### 6.5. Eri tekijöiden yhdistelmä

Jos itämisen laukaisemiseksi tarvitaan vähintään kaksi ympäristöärsykettä, esimerkiksi lämpötila ja fotoperiodismi, päädytään lajin säilymisen kannalta luotettavampaan itämislevon murtumisajankohtaan. Maan lämpeneminen on yksin epäluotettava osoitus kevään tulosta. Liian varhaisen lämpimän kauden jälkeen voi tulla vielä tappava pakkanen (HARPER 1977).

Sateen esiintymiseen perustuva itämisen säätely on tärkeä kasvien eloonjäämisen kannalta erityisesti puolikuivilla ja kuivilta vyöhykkeillä, missä sade on epäsäännöllistä ja rajoitettua. Tämän lisäksi toimii usein vielä toinen, lämpötilasta riippuvainen mekanismi. Itäminen tapahtuu tällöin kapeissa lämpötilarajoissa. Näin erottuvat viilleän ja lämpimän kauden sateiden jälkeen taimettuvat lajit. Jälkikypsytysprosessi voi olla myös palautuva. Esim. sappiruohojen siemenet voivat siirtyä vahingoittumattomina kahden itämislepokauden ja kahden jälkikypsytyskauden läpi (DAVIS 1930).

Kemialliset tekijät vaikuttavat yleensä yhdessä muiden itämislevon murtumisesta säätelevien tekijöiden kanssa (taulukko 3). POPAY ja ROBERTS (1970) ovat havainneet voimakkaan positiivisen vuorovaikutuksen nitraatti-ionien, valon ja vaihtuvien lämpötilojen vaikutusten kesken eräiden rikkakasvien siementen itämislevon murtumisessa. Jos poimuhierakan (*Rumex crispus* L.) siemenet

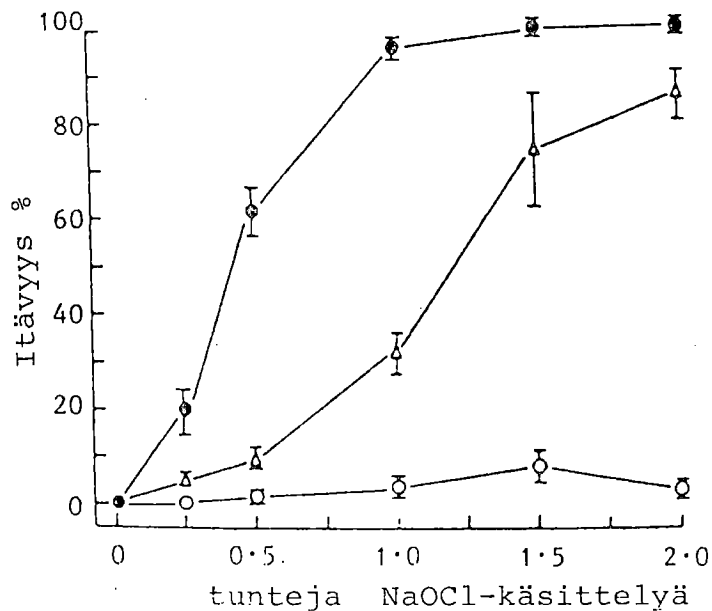
altistettiin erikseen näille tekijöille, siemenet eivät itäneet. Valo ja vaihtuvat lämpötilat yhdessä tuottivat 68%:n itävyyden. Kun siemenet altistettiin samanaikaisesti kaikille kolmelle tekijälle, itävyys oli 100% (CHANCELLOR 1982). Esimerkiksi peltohatikalla nitraatti näyttää toimivan vähentämällä itämiselle välttämättömän valon määrää tai jopa eliminoimalla valon vaikutuksen kokonaan (HALL ym. 1978).

Taulukko 3. Erikäsittelyjen vaikutus peltohatikan ja jauhosavikan keskimääräiseen taimimäärään/näyte (80 g kuivaa maata) ja elävien siementen itävyyteen, % (POSTIN mukaan, 1984).

a kylmä	b kuivatus	c KNO <sub>3</sub>	d GA <sub>3</sub>	yhdistelmä	peltohatikka	jauhosavikka
+	+	+	+	1	31 = 54%	10 = 37%
			-	2	37 = 65%	9 = 33%
		-	+	3	32 = 56%	3 = 11%
			-	4	25 = 44%	2 = 7%
	-	+	+	5	15 = 26%	3 = 11%
			-	6	15 = 26%	4 = 15%
		-	+	7	18 = 32%	1 = 4%
			-	8	14 = 25%	2 = 7%
-	+	+	+	9	25 = 44%	8 = 30%
			-	10	27 = 47%	15 = 55%
		-	+	11	24 = 42%	3 = 11%
			-	12	17 = 30%	3 = 11%
	-	+	+	13	10 = 18%	6 = 22%
			-	14	7 = 12%	4 = 15%
		-	+	15	6 = 11%	1 = 4%
			-	16	3,5 = 6%	1,4 = 5%

Natriumhypokloriitti (NaOCl)- ja vetyperoksidi (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)-käsittelyt voivat murtaa hukkakauran turvonneiden siementen itämislevon (kuva 8) (HSIAO ja QUICK 1984). Ne muuttavat siemenkuoren

solukalvojen ominaisuuksia, jolloin veden ja hapen siirtyminen siemeniin tulee mahdolliseksi ja itäminen voi alkaa. Natriumhypokloriitilla käsittelemättömät siemenet tarvitsevat itääkseen enemmän siemenen ulkopuolista gibberelliinihappoa kuin sillä käsitellyt tai kuoritut tai paloitetut siemenet. Itämislevon murtaminen happokäsittelyllä tai/ja korkealla lämpötilalla osoittaa tällaisten lajien leviämisen sopeutuneen myös lintujen ja eläinten ruuansulatuskanavan kautta tapahtuvaksi (THURSTON 1960).



Kuva 8. Itämislevossa olleiden hukkakauran siementen itävyys 10 päivän kuluttua veden imeytymisestä siemeneen. 7 päivää kestäneen, pimeässä tapahtuneen veden imeytymisen jälkeen siemenet on upotettu 800 mN NaOCl-liuokseen. Ennen (●) tai jälkeen (▲) NaOCl-käsittelyn kuorittujen siementen itävyys verrattuna kuorimattomien siementen (○) itävyyteen (HSIAO ja QUICK 1984).

Eräät itämislevon murtumismekanismit voivat olla myös toisiaan korvaavia. Joillakin lajeilla, esimerkiksi valoherkällä tylppälehtihierakalla (*Rumex obtusifolius* L.) on todettu, että korkea

lämpötila toimii fytochromin tavoin itämiseen johtavassa reaktiosarjassa (TAKAKI ym. 1981). Myös gibberelliinihappokäsittelyllä on voitu korvata siementen valo- tai kylmäkäsitteilyvaatimus (VILLIERS 1972). Onkin oletettu, että valo edistää gibberelliinihapon tuottamista ja että sen seurauksena alkaisivat itämiselle välttämättömät reaktiot siemenessä. Lauhkean vyöhykkeen rikkakasvien itämiseen vaadittavan alhaisen lämpötilan on puolestaan arveltu joko laskevan siemenen sisäisten, itämistä estävien aineiden määrää tai joissakin tapauksissa lisäävän itämistä edistävien aineiden määrää siemenessä (HESS 1975).

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- AMEN, R. D. 1968. A model of seed dormancy. *Bot. Rev.* 34: 1-31.
- BASKIN, J. W. & BASKIN, C. C. 1976. High temperature requirement for after-ripening in seeds of winter annuals. *New Phytol.* 77: 619-624.
- BRENCHLEY, W. E. & WARINGTON, K. 1930. The weed seed population of arable soil. I. Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. *J. Ecol.* 18: 235-272.
- CARR, D. J. 1961. Chemical influences of the environment. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. p. 737-794. Berlin New York.
- CHANCELLOR, R. J. 1980. Dormancy. *ADAS Conf. Crop Seed and Environment*, Malvern 1979: 86-105.
- 1982. Dormancy in weed seeds. *Outlook on Agriculture* 11,2: 87-93.
  - 1984. Dormancy and germination of grass seeds. 7th International Symposium on Weed Biology, Ecology and Systematics. p. 21-27. Paris.
- CROCKER, W. 1906. Role of seed coats in delayed germination. *Bot. Gaz.* 42: 265-291.
- 1916. Mechanics of dormancy in seeds. *Amer. J. Bot.* 3: 99-120.
- CROCKER, R. W. & BARTON, L. V. 1953. *Physiology of seeds*. Waltham, Mass. (Ref. Thurston, J. M. 1960.)
- DARLINGTON, H. T. 1931. Dr. W. J. Beal's seed - viability experiment. *Amer. J. Bot.* 18: 262-265.
- 1941. Dr. W. J. Beal's seed - viability experiment. *Amer. J. Bot.* 28: 271-273.
  - 1951. The seventy year period of Dr. Beal's seed - viability experiment. *Amer. J. Bot.* 38: 379-381.
  - & STEINBAUER, G. P. 1961. The eighty year period for Dr. Beal's seed - viability experiment. *Amer. J. Bot.* 48: 321-325.
- DAVIS, W. E. 1930. Primary dormancy, after-ripening and development of secondary dormancy in embryos of *Ambrosia trifida*. *Amer. J. Bot.* 17: 58-76.
- GORSKI, T. 1975. Germination of seeds in the shadow of plants. *Physiol. Plant.* 34: 342-346.
- HALL, M. A. & WAREING, P. F. 1972. Dormancy in weed species. *Proc. 11th British Weed Control Conf.* 1972: 1173-1182.
- ; CANTRELL, I. C., JONES, J. F. & OLATOYE, S. T. 1978. Seed dormancy in relation to weed control. *Proc. 14th British Weed Control Conf.* 3: 997-1003.
- HARPER, J. L. 1957. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control. *Proc. 4th International Congress of Plant Protection* 1957, 1:415-420.
- 1977. *Population Biology of Plants*. 892 p. London.
- HESS, D. 1975. *Plant Physiology*. 333 p. New York.
- HOFSTEN, C. G. von 1954. Studier över släktet *Taraxacum* Wigg. med särskilt hänsyn till gruppen *Vulgaria* DT i Skandinavien. 432 p. Stockholm.
- HOLZNER, W. 1982. Concepts, categories and characteristics of weeds. *Biology and Ecology of Weeds*. p. 3-20. The Hague.
- , HAYASHI, I. & GLAUNINGER, J. 1982. Reproductive strategy of annual agrestals. *Biology and Ecology of Weeds*. p. 111-121. The Hague.
- HSIAO, A. I. & QUICK, W. A. 1984. Actions of sodium hypochlorite and hydrogen peroxide on seed dormancy and germination of wild oats, *Avena fatua* L. *Weed Res.* 24: 411-419.
- HYDE, E. O. C. 1954. The function of the hilum in some *Papilionaceae* in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Ann. Bot.* 18: 241-256.

- JOHNSON, L. P. V. 1935. Can. J. Res. 13: 283. (Ref. Chancellor, R. J. 1982).
- JONES, M. B. & BAILEY, L. F. 1956. Light effects on the germination of seeds of henbit (*Lamium amplexicaule* L.) Plant Physiol. 31: 347-349.
- KING, L. J. 1966. Weeds of the world. 526 p. London.
- KINZEL, W. 1920. Frost und Licht als beeinflussende bei der Samenkeimung. 2nd edn. Stuttgart, (Ref. King, L. J. 1966).
- KOCH, W. 1969. Einfluss von Umweltfaktoren auf die Samenphase annueller Unkräuter insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Unkrautbekämpfung. Stuttgart. (Ref. Holzner et al. 1982.).
- KOLK, H. 1947. Groningsbiologiska studier på ogräsarter. Växtodling 2:108-167.
- LINHART, Y. B. 1976. Density - dependent seed germination strategies in colonizing versus non colonizing plant species. J. Ecol. 64:375-380.
- MARKS, M. K. 1983. Timing of seedling emergence and reproduction in some tropical dicotyledonous weeds. Weed Res. 23: 325-332.
- MUZIK, T. J. 1970. Weed biology and control. 273 p. New York San Francisco St. Louis.
- MÜLLVERSTEDT, R. 1963. Untersuchungen über die Keimung von Unkrautsamen in Abhängigkeit vom Sauerstoffpartialdruck. Weed Res. 3: 154-163.
- NEW, J. K. 1958. A population study of *Spergula arvensis*. Part 1. Two clines and their significance. Ann. Bot. 22: 457-477.
- 1959. A population study of *Spergula arvensis*. Part 2. Genetics and breeding behaviour. Ann. Bot. 23: 23-33.
- NIKOLAEVA, M. G. 1967. Physiology of deep dormancy in seeds. Izdatdel'stvo Nauka. 220 p. Leningrad. (Ref. Chancellor, R. J. 1980).
- PARKER, C. 1983. Control of weeds using chemical agents other than conventional herbicides. Proc. 10th International Congress of Plant Protection 1983, 1: 249-256.
- PETERS, N. C. B., CHANCELLOR, R. J. & DRENNAN, D. S. H. 1975. Dormancy of seed from wild oat plants sprayed with sub-lethal levels of herbicides and gibberellic acid. Proc. EWRS Symp. Grassweed in Europe, Paris 1975: 87-94.
- POPAY, A. I. & ROBERTS, E. H. 1970. Factors involved in the dormancy and germination of *Capsella bursa-pastoris* (L.). Medik. and *Senecio vulgaris* L. J. Ecol. 58: 103-122.
- POST, B. J. 1984. 7th International Symposium on Weed Biology, Ecology and Systematics .p. 71-79. Paris.
- ROBERTS, E. H. 1972. Dormancy: a factor affecting seed survival in the soil. Viability of Seeds. p. 321-359. London.
- RUGE, U. 1966. Angewandte Pflanzenphysiologie. Stuttgart. (Ref. Hess, D. 1975).
- RUSSELL, E. W. 1973. Soil Conditions and Plant Growth. 849 p. London.
- SAGAR, G. R. 1982. An introduction to the population dynamics of weeds. Biology and Ecology of Weeds. p. 161-168. The Hague.
- STECKÓ, V. 1977. Effect of glyphosate on germination. Weeds and Weed Control. 18th Swedish Weed Conf. 1: I 11-17.
- STEINBAUER, G. P. 1937. Dormancy and germination of *Fraxinus* seeds. Plant Physiol. 12: 813-824.
- STOKES, P. 1952. A physiological study of embryo development in *Heracleum sphondylium*. I. Effect of temperature on embryo development. Ann. Bot. (London) 16: 441-447.
- TAKAKI, M. KENDRICK, R. E. & DIETRICH, S. M. C. 1981. Interaction of light and temperature on the germination of *Rumex obtusifolius* L. Planta 152: 209-214.
- TAYLORSON, R. B. & BROWN, M. M. 1977. Accelerated after-ripening for overcoming seed dormancy in grass weeds. Weed Sci. 25: 473-476.
- THURSTON, J. M. 1953. The biological approach to the problem of wild oat control. Proc. Brit. Weed Control Conf. p. 240-247.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallqödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaiistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalysetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-82. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTK:n julkaisuista 1983. 74 p.
2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.



4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaattilla. 21 p.
6. VUJORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-83. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalajeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUJSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.
22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näyttöiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. 52 p.

I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa

II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina

III Kompostin arvo lannoitteena

1985

2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y.  
Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.

3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa  
1970 - luvulla. 270 p.

5. TUORI, M., NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuus-  
tutkimus. 38 p.

7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve.  
Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage.  
61 p.

8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.

9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon.  
Kuivikkeiden ammoniakki sitomiskyky. 25 p.

11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M.  
Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.

12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely  
imeytyskentällä. 36 p.

13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen  
vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.

14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuustutkimus. 29 p.

