



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 7/86

OIVA NIEMELÄINEN
Kasvinviljelyosasto

**Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen
vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan
röyhynmuodostukseen**
Kirjallisuustutkimus

MTTK tiedote 7/86

Oiva Niemeläinen

SYKSYN, TALVEN JA KEVÄÄN LÄMPÖ- JA VALO-OLOJEN VAIKUTUS
KOIRANHEINÄN, NIITTYNURMIKAN JA PUNANADAN
RÖYHYNMUODOSTUKSEEN

Kirjallisuustutkimus

Kasvinviljelyosasto
31 600 JOKIOINEN
(916) 844 11

ISSN 0359-7652

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. JOHDANTO	3
2. NURMIHEINIEN GENERATIIVINEN KEHITYS	4
3. KUKINNAN VIRITTYMINEN SYKSYLLÄ	9
3.1. Yleistä	9
3.2. Nuoruusvaihe	12
3.3. Valojakso syksyllä	14
3.3.1. Koiranheinä	14
3.3.2. Niittynurmikka ja punanata	16
3.4. Lämpötila syksyllä	17
3.4.1. Koiranheinä	19
3.4.2. Niittynurmikka	21
4. TALVEN VAIKUTUS KUKINTOIHIN	22
5. RÖYHYJEN KASVU KEVÄÄLLÄ	25
5.1. Valojakso keväällä	25
5.2. Lämpötila keväällä	28
5.2.1. Koiranheinä	28
5.2.2. Niittynurmikka ja punanata	30
5.3. Valkoröyhyisyys	31
6. MUUT TEKIJÄT	33
6.1. Perimän vaikutus	33
6.2. Kasvutiheys ja typpilannoitus	35
6.3. Muut tekijät	38
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	39
8. KIRJALLISUUSLUETTELO	45

1. JOHDANTO

Punanadan, niittynurmikan ja koiranheinän siemenviljelykset ovat jääneet usein maassamme sekä koekentillä että käytännön viljelyksillä röyhyttömiksi. Jos röyhyjä on riittävästi muodostunut, on valkoröyhyisyyden esiintyminen saattanut estää punanadan ja niittynurmikan siemensadon syntymisen. Toisaalta niistä kaikista on saatu oloissamme myös suuria hehtaarisatoja. Suurimmat punanadan ja niittynurmikan hehtaarisadot ovat kokeissa olleet yli 1000 kg/ha. Koiranheinästä on saatu 800-900 kilon hehtaarisatoja. Syitä suuriin vaihteluihin röyhyn- ja siemenmuodostuksessa ei täysin tunneta. Huomattavien satovaihtelujen lisäksi näiden heinien ensimmäisen vuoden siemennurmi on tavallisesti sadoton tai siltä saadaan vain pieni siemensato. Nurmen hidas alkukehitys on merkittävä haitta siemenviljelyssä, sillä ensimmäisen nurmivuoden viher sadon käyttäminen rehuksi ei siemenviljelytiloilla useinkaan käy päinsä. Mainituista siemenviljelyn vaikeuksista johtuen maassamme ei ole koiranheinän, punanadan eikä niittynurmikan siemenviljelyä siementarvetta vastaavasti.

Tässä kirjallisuustutkimuksessa perehdytään koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan röyhynmuodostuskysymyksiin. Aluksi esitetään heinien kukkimiskehityksen yleinen kulku ja tutkimuksissa käytetyt tarkastelukulmat. Yksityiskohtaisemmin tarkastellaan koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan kukkimiskehitystä. Tarkastelussa käsitellään verson nuoruusvaiheen merkitystä, kukinnan virittymisololoja syksyllä sekä röyhyn kehitystä ja kasvua keväällä. Talven vaikutusta tarkastellaan suhteessa röyhynmuodostukseen, mutta varsinaisia talvenkestävyysongelmia ei käsitellä.

Tämän kirjallisuustutkimuksen tavoitteena on selvittää ja kuvata koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan röyhynmuo-

dostuksen kehittyminen. Erityistä huomiota kiinnitetään niihin kehitysvaiheisiin lisääntymiskierrossa, jotka saattaisivat olla herkät vaurioille meidän sääoloissamme. Yksi tutkimuksen tavoite on perehtyä niihin laboratoriotutkimusmenetelmiin, joita monivuotisten heinien kukkimiskehitystutkimuksissa on käytetty.

Tämä kirjallisuustutkimus on osa säätekijöiden vaikutusta nurmikasvien siemenviljelyssä selvittävästä tutkimuksesta ja liittyy koiranheinän siemenviljelytutkimukseen.

2. Nurmiheinien generatiivinen kehitys

Heinät menestyvät mitä vaihtelevimmissa ympäristöoloissa. EVANSin (1964) mukaan yksi peruste heinäkasvien menestymiselle vaikeissa luonnonoloissa on se, että niiden kukat ovat tehokkaasti suojatut, ja kukat ovat auki vain minimaajan. Kehittyvä kukinto on lehtitupen suojaama, ja kukin kukka on helpeiden suojaama muulloin kuin lyhyenajan, jonka kaunat pakottavat kukan auki siitepölyn levittämistä ja saamista varten. Pitääkseen kukkien aukioloajan mahdollisimman lyhyenä populaation kukinnan on oltava tarkkaan säädelty sekä vuodenajan että vuorokaudenajan mukaan.

Ennen kuin heinät voivat kukkia, useimpien heinien on ohitettava pakollinen vegetatiivisen kasvun vaihe, nuoruus- eli juveniilivaihe (LANGER 1979). Kun nuoruusvaihe on ohitettu, voi heinä indusoitua kukkimaan. Päivittäisen valoisan jakson pituus on tärkeä tekijä kukinnan indusoitumisessa. Useat heinäkasvit tarvitsevat lyhyen valojakson kukinnan indusoitumiseen ja sen jälkeen pitkän valojakson kukka-aiheiden kasvun alkamiselle eli initiaatiolle. Useiden lauhkean vyöhykkeen monivuotisten heinäkasvien on kuitenkin oltava myös viileässä, ennen kuin ne reagoivat sopivaan valojaksoon (EVANS 1964, LANGER 1979). Kun tämä vernalisaatiovaatimus on täysin täytetty, säilyy vernalisaation vaikutus vakaana pitkän ajan. Osittain vernalisoitunut tila voi korkeassa lämpötilassa hävitä. Käytännössä kaikki vernalisaatiota tarvitsevat heinät

tarvitsevat pitkän päivän kukkien kasvun alkamiselle (LANGER 1979). Päivän pituuden säätelevä vaikutus ei ole yksinään riittävän tarkka kukinnan ajankohdan säätelyssä, vaan sitä modifioi lämpötila, valon voimakkuus ja ravinnetilanne. Kaikista lisääntymiskiertoa säätelevistä ilmastotekijöistä on päivänpituus tärkein, ja kukintojen kasvuvaihe on herkin vaihe päivänpituuden vaikutukselle (EVANS 1964).

Siirtymisestä vegetatiivisesta kasvusta generatiiviseen kasvuun ei ole heti nähtävissä minkäänlaista morfologista merkkiä, vaan siirtyminen tulee ilmeiseksi vasta myöhemmässä kehityksessä (EVANS 1964). Ensimmäinen näkyvä merkki generatiivisen kehityksen alkamisesta on nähtävissä varren kärkikasvusolukossa, joka pitenee nopeasti ja muodostaa suurella vauhdilla uusia lehtien aiheita. Lehtiaiheet kehittyvät kuitenkin vain vähän, mutta sen sijaan lehtiaiheiden hangoissa olevat sivusilmut kasvavat nopeasti, ja lehtiaiheista ja silmusoluista muodostuu kaksinkertainen rakenne. Tällainen kaksois-harjannerakenne (double ridges) on otettu merkiksi, jolloin generatiivinen kehitys katsotaan alkaneeksi (LANGER 1979).

Merkittävin muutos generatiivisen kehityksen alkaessa tapahtuu lehtien ja sivusilmujen välisissä suhteissa (LANGER 1979). Kun sivusilmut pysyvät vegetatiivisessa vaiheessa dormanssissa pitkänkin aikaa ja lehdet kehittyvät, on tilanne generatiivisessa vaiheessa päinvastainen. Kun sivusilmut ovat muodostuneet, ne kehittyvät nopeasti tähkän muodostavilla heinillä tähkyläsolukoksi ja röyhyn muodostavilla heinillä röyhyn primaarihaaroiksi. Kun varren kärkikasvupisteestä muodostuu kukinnon päätetähkylä, tähkylöiden lukumäärä ei voi enää kasvaa. Jokainen tähkylä kehittyy edelleen, ja niihin kehittyvät yksittäiset kukat eri osineen. Näihin varren kärkikasvupisteessä tapahtuviin muutoksiin liittyy varren nivelväliden pituuskasvu, ja ennen pitkää kukinto tulee lehtitupesta esiin.

Heinien kukkimiseen kehittymisen COOPER ja CALDER (1964) esittävät seuraavan kehitysvaihesarjan mukaisesti:

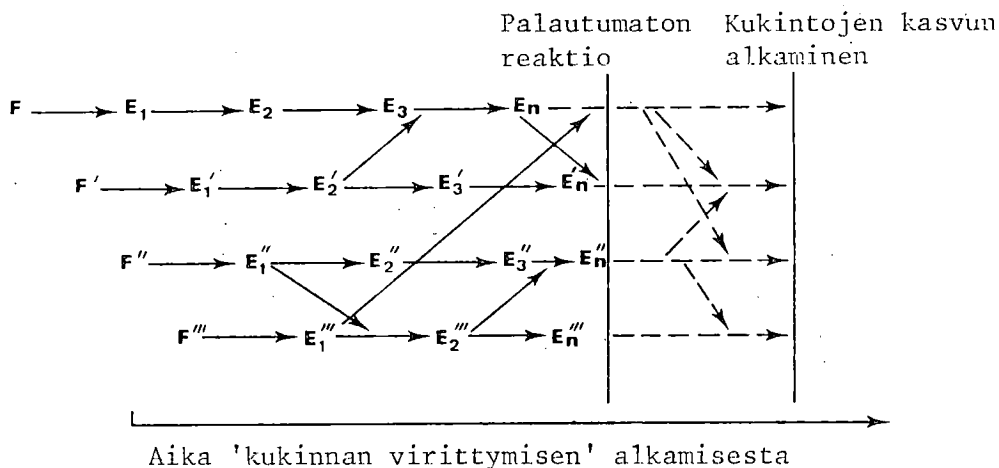
- 1 juveniilivaihe, jolloin kasvi ei reagoi kukintaa indusoivasti ympäristötekijöihin, jotka myöhemmin edistävät kukkimista.
- 2 indusoiva reaktio lyhyeen valojaksoon tai kylmään, joka tuo kasvin 'kukkimiskypsyys' -vaiheeseen
- 3 initiaatio eli kukka-aiheiden kasvun alkaminen, joka saattaa tai ei saata olla herkkä valojaksolle
- 4 edellisiä seuraava kehitys ja kukinnan pidentyminen

COOPERin ja CALDERin esittämä kehitysvaihesarja on käyttökel-poinen periaatteellinen esitys kukkimiskehityksen kulusta. Mallin avulla ei kuitenkaan pystytä selittämään kaikkia kukkimiskehitystutkimuksissa havaittuja ilmiöitä. Induktio on havaittu hyvin monimuotoiseksi ilmiöksi. On olemassa muita tekijöitä, jotka vaikuttavat kukinnan kehitykseen. Muun muassa WILSON ja THOMAS (1971) totesivat, että koiranheinällä siirtyminen induktiosta kukkien kasvun alkamiseen ja röyhylletuloon koostuu sarjasta asteittaisia muutoksia eikä yhdestä suuresta muutoksesta. He esittävät, että koiranheinällä on induktion ja kukkien kasvun alkamisen välillä lämpötilan suhteen epävakaa välivaihe.

EVANS (1969) kiinnittää huomiota induktio -termin erilaisiin sisältöihin. Aluksi induktio tarkoitti niitä lehdissä tapahtuvia reaktioita, jotka johtavat kasvin kukkimiseen. Induktiota alettiin käyttää myös tarkoittamaan kasvupisteessä tapahtuvia ilmiöitä kukkimisstimuluksen saapumisen jälkeen, ennen kuin kukkien erilaistuminen alkoi. Termiä käytettiin myös vernalisaatio (termoinduktio) merkityksessä. Lehdissä tapahtuvat ja kasvupisteessä tapahtuvat reaktiot on EVANSin (1969) mukaan syytä erottaa toisistaan. Valoinduktiota tulisi käyttää kuvaamaan ainoastaan lehdissä tapahtuvia prosesseja. Kasvupisteessä tapahtuvista ilmiöistä tulisi käyttää toista termiä "evocation", joka on tässä käännetty "kukinnan virittyminen".

Heinien kukkimiseen kehittymistä voidaan tarkastella COOPERin ja CALDERin (1964) kehitysvaihejaottelua vapaammin BERNIERin ym. (1981 a ja b) kasvien yleisen kukkimiskehityksen pohjal-

ta. BERNIER ym. (1981 a ja b) toteavat, että kukkimiseen kehittyminen on monivaiheinen prosessi. Kasvin kasvupisteessä tapahtuvat reaktiot ovat kukkimiseen kehittyemisessä ehkä tärkeämpiä kuin lehdistä tapahtuvat, induktioon liittyvät reaktiot. BERNIER ym. esittävät 'kukkimisen virittymisen' tapahtuvan seuraavan periaatteellisen mallin mukaisesti (kuva 1).



Kuva 1. Malli kasvien 'kukkimisen virittymisestä' eli kasvupisteen siirtymisestä vegetatiivisesta kasvusta generatiiviseen kasvuun BERNIERin ym. (1981 b) mukaan.

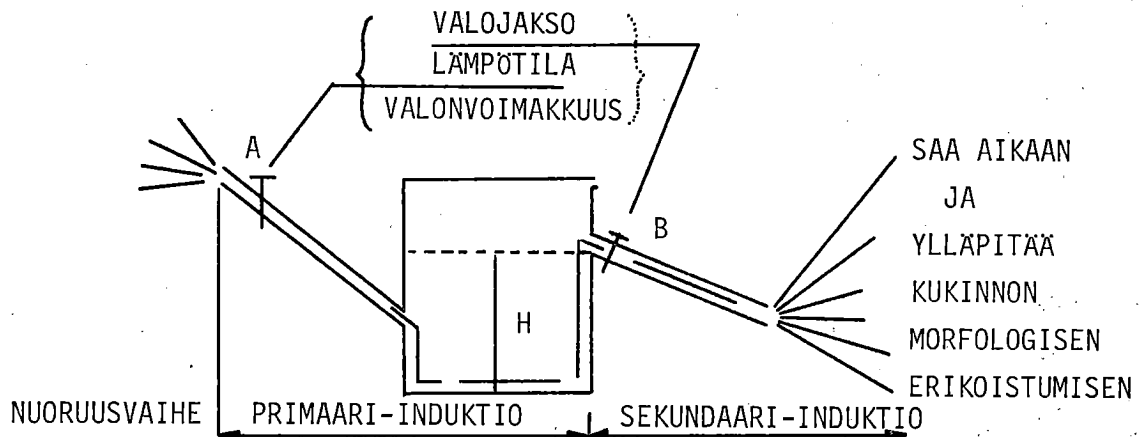
F, F', F'' jne. eri tekijät
E, E', E'' jne. tapahtuvat ilmiöt.

1. 'Virittymistä' säätelee useiden tekijöiden (F, F', F'' jne.) monimuotoinen systeemi.
2. Tekijät F, F' jne. ovat luonteeltaan virittymistapahtumaa edistäviä tai ehkäiseviä.
3. Tarvittavat tekijät eivät ole välttämättä samat kaikissa kasvilajeissa, mutta useimmat niistä voivat olla yhteisiä monille lajeille.
4. Eri tekijät vaikuttavat vaiheittain.
5. Kaikki tarvittavat tekijät eivät ole välttämättä peräisin lehdestä. Eräät tekijät voivat olla peräisin juuresta, kasvupisteestä itsestään jne.
6. Kaikki tekijät eivät välttämättä puutu olosuhteissa, jotka eivät johda kukintaan, mutta ainakin yksi tekijä puuttuu. Tällainen tilanne selittää 'välimuoto-tilan' esiintymisen. Kukinnan aikaansaavissa oloissa ovat kaikki tekijät läsnä.

Kukkimiseen virittyminen on BERNIERin ym. mukaan monivaiheinen prosessi, jossa kasvupiste voi palata takaisin vegetatiiviseen kasvuun, olla palautumatta johtamatta kukintaan tai johtaa kukintaan. Useat tekijät vaikuttavat prosessiin sen eri vaiheissa eikä mikään tekijä yksinään johda kukintaan.

VINCE-BRUE (1985) käyttää BERNIERin ym. hahmottelemaa kukinnan virittymisen mallia, ja erottaa kukkimiseen johtavissa prosesseissa induktion, joka tapahtuu lehdissä, ja kukinnan virittymisen, joka edeltää kasvupisteen morfologisia muutoksia, sekä kukkasolukon kasvun alkamisen ja kehittymisen. Lisäksi VINCE-PRUE esittää eräisissä tapauksissa kukinnan määräytyvän täysin sisäsyntyisesti ilman riippuvuutta ympäristön olosuhteisiin. Tällöin on kyse autonomisesta induktiosta.

Meidän pohjoisissa oloissamme kukinnan virittyminen rajautuu varsin selvästi syksyyn ja kukintojen kasvu kevääseen ja alkukesään. Tällaisissa oloissa on kukkimiskehityksen tarkastelu primaari- ja sekundaari-induktion pohjalta varsin käyttökelpoinen ja käytännönläheinen tarkastelukulma. Primaari-induktiolla tarkoitetaan silloin kukinnan induktioon, vernalisaatioon ja virittymiseen liittyviä ilmiöitä. Primaari-induktion ilmiöt tapahtuvat pääosin syksyllä. Sekundaari-induktio sisältää kukintojen kehityksen ja kasvun ja tapahtuu pääosalta keväällä. Primaari- ja sekundaari-induktion tarkastelukulmaa ovat käyttäneet muun muassa BLONDON (1985) koiranheinällä ja HEIDE (1980) niittynurmikalla. BLONDON (1985) kuvaa koiranheinän primaari- ja sekundaari-induktioon vaikuttavien ulkoisten tekijöiden vaikutusta seuraavan hydraulisen mallin avulla (kuva 2).



Kuva 2. Kuvaannollinen malli ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta koiranheinän kukinnan säätelyssä. Samat ulkoiset tekijät (lämpötila, valojakso ja valonvoimakkuus) saavat aikaan primaari- ja sekundaari-induktion. Kullakin tekijällä on erilainen tehokkuuskerroin. Kiinteä viiva tarkoittaa tekijöiden välistä suurta yhteisvaikutusta ja pilkkuviiva heikkoa. Tärkein tekijä on alleviivattu. Kun 'virta' venttiiliin A kautta täyttää säiliön vähintään tasolle H ja venttiili B on auki, kukinnan kehitys alkaa ja/tai jatkuu. (BLONDONin 1985 mukaan).

Eri ilmiöiden tapahtuminen on hyvin vaikea havaita kukkimiskehityksen tietyissä vaiheissa. Yhdessä varsin kirjavan käsitteistön kanssa tämä on johtanut siihen, että käsitteiden ja termien käyttö eri tutkimuksissa ei välttämättä ole yhtäpitävää. Tässä esityksessä on käytetty pääosin sitä tarkastelujaottelua ja niitä käsitteitä, joita alkuperäisissä tutkimusjulkaisuissa on käytetty.

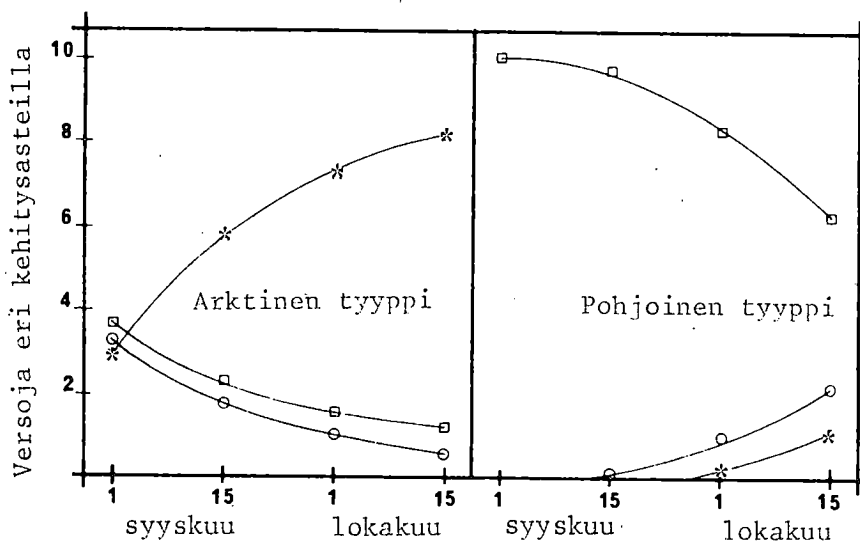
3. Kukinnan virittyminen syksyllä

3.1. Yleistä

Kasvukaudenvaihetta, jolloin koiranheinä, niittynurmikka ja punanata saavuttavat kyvyn muodostaa röyhy, on tutkittu siirtämällä kasveja eri kasvukauden aikoina röyhyjen kasvun kannalta suotuisiin olosuhteisiin - pitkään päivään ja korkeahkoon lämpötilaan.

CANODEN ym. (1972) tutkimuksen mukaan koiranheinän ja niitty-nurmikan induktio tapahtuu myöhään syksyllä tai mahdollisesti varhain talvella. Kasvupisteen siirtyminen vegetatiivisesta vaiheesta generatiiviseen vaiheeseen tapahtuu taas loppupalvella. Siirtyminen generatiiviseen vaiheeseen voi tapahtua jäätyneessäkin maassa. Kun ensimmäiset nivelvälit kukkasolukon alla aloittavat nopean kasvun, kukka-aiheiden rakenne ja kehitys on jo valmis. Samoin CANODE ja PERKINSIN (1977) mukaan niittynurmikka indusoituu syksyllä tai varhaistalvella mutta pysyy vegetatiivisessa vaiheessa loppupalveen saakka.

HÅBJØRGIN (1979 a ja 1979 b) mukaan arktisen, sub-arktisen ja pohjoisen lauhkean vyöhykkeen niittynurmikan ekotyypit indusoituvat ja kukintojen kehitys alkaa usein jo syksyllä (kuva 3), vaikka vegetatiivisesta generatiiviseen vaiheeseen siirtymisen todellinen ajankohta vaihtelee huomattavasti.



Kuva 3. Arktisten ja pohjoisten niittynurmikkatyyppien siirtyminen syksyllä vegetatiivisesta kehityksestä generatiiviseen kehitykseen Norjassa. (HÅBJØRG 1979 a).

- vegetatiivinen verso
- siirtymävaiheessa oleva verso
- *- generatiivisessa vaiheessa oleva verso

Myös HODGSONIN (1966) Alaskassa tekemissä tutkimuksissa Alaskasta peräisin olevien heinien kukinnan indusoituminen, initiaatio ja osittainen kehitys syksyllä oli tavallista. Alaskaa eteläisemmiltä alueilta peräisin olevien punanata- ja niittynurmikkalajikkeiden röyhyjen initiaatio oli sen sijaan

huomattavan vähäistä sekä syksyllä että keväällä. Lähes kaikki syksyllä kukintojen kasvun aloittaneet versot kuolivat tai vahingoittuivat talven aikana. Suomessa on tutkittu metsäkastikan (Calamagrostis arundinacea) kukintaa ja havaittu kukkasilmujen muodostuvan syksyllä (HINTIKKA 1985). Metsäkastikan kukka-aiheet olivat tosin vain vähän kehittyneet moniin keväällä varhain kukkiviin metsäkasveihin verrattuna. Toisaalta koiranheinään, punanataan ja niittynurmikkaan verrattuna metsäkastikka tulee röyhylle parisen viikkoa myöhemmin.

Kyky muodostaa röyhyjä näyttää vahvistuvan mitä kauemmin heinät ovat syksyn indusoivissa olosuhteissa. CANODEN ym. (1972) ja TURNERIN ym. (1983) kokeissa muodostui kukintoja sitä enemmän ja siemensato oli sitä suurempi, mitä kauemmin niittynurmikat olivat ulkona indusoivissa oloissa, lyhyessä valojaksossa ja viileässä. LINDSEY ja PETERSONIN (1964) tutkimuksessa Merion-niittynurmikan tuli olla 62 vuorokautta indusoivissa oloissa indusoituakseen täydellisesti. Induktiojakson piteneminen lisäsi induktion tehokkuutta ja kestävyyttä korkeaa lämpötilaa vastaan.

Tutkiessaan eri natalajien kukkimiseen virittymistä BEAN (1970) havaitsi iso- ja nurminadan tuottavan täyden määrän kukintoja vain, kun aikuiset kasvit olivat olleet 15 viikkoa luonnollisissa lyhyen valojakson ja alhaisen lämpötilan oloissa (Walesissa). Punanadan indusoitumisvaatimukset olivat vielä suuremmat, sillä silloinkin vain 20 % kasveista tuotti kukinnon. Niin ikään MURRAYN ym. (1973) kokeessa Marylandissa, Yhdysvalloissa, punanadan aika röyhylletuloon väheni selvästi ja röyhyjen määrä kasvia kohti lisääntyi, kun kasvien pitoaika kentällä syksyllä piteni. Kasvit, jotka siirrettiin sisälle ensimmäisinä, eivät tuottaneet kukintoja vaan säilyivät vegetatiivisina. Myöhemmin siirretyt kasvit sen sijaan kukkivat.

CANODE ja PERKINSIN (1977) mukaan niittynurmikan versot ovat syksyllä vegetatiivisessa kasvuvaiheessa olivatpa ne lähtöisin siemenestä, verson tyvessä olevasta kruunusta tai rönssystä. Vegetatiivisessa kasvussa varren nivelvälit säilyvät

'tiivistyneinä' ja varren kasvupiste tuottaa ainoastaan lehtiaiheita. Versot ovat tällöin koostuneet kokonaan lehtiaineksestä, joka ympäröi pientä, pitenemätöntä vartta. Syksyllä niiton ja jälkikasvun jälkeen nämä versot ovat ikäänkuin ryhmittäin. Tavallisesti versoryhmän keskellä on muita kookkaampi verso, joka indusoituu. Pienemmät sekundääriversot eivät käy induktiota läpi eikä niihin kehity kukintoja. Ensimmäinen merkki kukinnan indusoitumisesta on vegetatiivisen kasvupisteen nopea ja voimakas kasvu. Kasvupisteen siirtymisen vegetatiivisesta generatiiviseen kasvuun tapahtuu myöhäistalvella.

3.2. Nuoruusvaihe

Kylvön jälkeen useimmat heinäkasvit kasvavat jonkin aikaa vegetatiivisesti olivatpa ympäristöolot kukinnalle kuinka suotuisat tahansa. Tätä vegetatiivista kasvuvaihetta sanotaan juveniili- eli nuoruusvaiheeksi. Kasvin ollessa nuoruusvaiheessa vegetatiivinen kasvu jatkuu, eikä kasvi reagoi kukinnan indusoivasti olosuhteisiin, jotka myöhemmin indusoivat kukinnan (BERNIER ym. 1981a). BERNIER ym. esittävät juveniilisuuden eli viiveen generatiivisen kehityksen alkamisessa olevan osa kasvin evolutiivista strategiaa, kun kasvin koon suureneminen on menestymisen edellytys.

Juveniilisuus perustuu ilmeisesti useaan fysiologiseen systeemiin ja syntyy eri kasveilla eri tavoin (BERNIER ym. 1981a). Kasvin riittämätön lehtiala, suhde nuorien ja vanhojen lehtien määrässä, lehtien kykenemättömyys aistia valojakso, juurien vaikutus ja varren kasvumeristeemin kyvyttömyys aistia kukinnan indusoivia oloja on havaittu juveniilisuuden aiheuttajiksi. Juveniilisuudessa on eroja lajikkeiden välillä. Yksivuotisilla kasveilla aikaisuus ja juveniilisuus liittyvät mahdollisesti erottamattomasti toisiinsa.

Nuoruusvaiheen olemassaolon koiranheinän kehityksessä ovat todenneet mm. CALDER (1963 ja 1964 a), COOPER ja CALDER (1964), CANODE ym. (1972), BROUE (1973).

CALDERin (1963 ja 1964 a) kokeissa koiranheinän nuoruusvaihe kesti noin 5 viikkoa. Juveniilivaiheen kesto ei näyttänyt olevan suhteessa lehtialaan tai pääversossa olevien lehtien lukumäärään. Induktioon tarvittava aika ja sen jälkeinen kehitys ei riippunut kasvin iästä juveniilivaiheen päätyttyä. Myös IKEAGAYAn ym. (1979 ja 1981 a) tutkimuksissa koiranheinän taimien nuoruusvaihe oli ohi 5-7 viikon kuluttua kylvöstä, kun taimet kasvoivat lämpimässä ja jatkuvassa valossa. Taimien ikä, lehtien lukumäärä ja taimien koko vaikuttivat reaktioherkkyyteen (IKEGAYA ym. 1981 a ja b).

Sen sijaan KOZUMPLIK ja CHRISTIE (1972 a) esittävät, että kun kahdeksas lehti kehittyy pääversoon, koiranheinä voi indusoi-tua lähes sataprosenttisesti. Tämä kehitysaste oli luotettava kriteeri riippumatta kehitysasteen saavuttamiseen tarvitta-vasta ajasta, oraan kasvuoloista tai kasvin genotyypistä. Versojen lukumäärä ei ollut yhtä hyvä kriteeri kuvaamaan nuoruusvaiheen päättymistä kuin pääversossa olevien lehtien lukumäärä.

BROUEn (1973) kokeessa ei havaittu selvää kasvuasterajaa nuoruusvaiheen päättymiselle. Kasvien kukkiminen alkoi, kun kasvit siirrettiin induktiokäsittelyyn 5-10 lehtiasteilla. Lajike-erot nuoruusvaiheessa voivat BROUEn mukaan olla hyvin merkittäviä kukkimiskäyttäytymiselle. BLONDONin (1985) mukaan aikaisten lajikkeiden nuoruusvaihe päättyi 8-10 lehtiasteella ja myöhäisempien lajikkeiden 12 lehtiasteella.

Nuoruusvaiheen keston MEIJER (1984) määritteli ajaksi taimelle tulosta siihen saakka kunnes 50 prosentin kukinta saavutetaan maksimaalisesta kukinnasta. MEIJERin kokeessa Koket-punanadan nuoruusvaihe kesti noin 5 viikkoa ja Baron-niittynurmikan 2 viikkoa. Ensimmäisen vuoden nurmessa sekä versojen juveniilisuus että versojen tiheys vaikuttivat röyhynmuodostukseen. Juveniilisuus oli tärkein heikosti orastuneissa kasvustoissa, ja vanhemmissa kasvustoissa kasvuston tiheys lie-nee juveniilisuutta tärkeämpi MEIJERin mukaan. Erityisesti punanadan myöhään syksyllä ilmestyvien versojen fertiilisyys oli vähäinen. Myös ELLIOTT'n (1966) mukaan ainoastaan punana-

dan aikaisin syksyllä muodostuneet hyvin kehittyneet versot indusoituvat. MEIJERin mukaan punanadan röyhynmuodostus on melkein täysin riippuvainen aikaisesta versojen kasvusta. Niittynurmikan myöhään syksyllä ilmestyvät versot voivat sen sijaan hieman korvata vähäistä aikaista versonmuodostusta.

3.3. Valojakso syksyllä

Valojakson pituus on yksi tärkeimmistä ympäristötekijöistä, joka kontrolloi heinäkasvien kukinnan alkamista. Valojakso-reaktio ei kuitenkaan ole muuttumaton ominaisuus, vaan se voi erilaisissa ympäristöoloissa muuttua hyvinkin huomattavasti. Heinäkasvien ryhmittely reaktioryhmiin pätee vain annetuissa ympäristöoloissa. Yleensä täyden koon saavuttaneet lehdet aistivat tehokkaimmin valojakson pituuden. Valoinduktio on selvästi progressiivinen prosessi, jolla on määrällinen luonne. Induktiossa voidaan havaita eri asteisia 'induktioita' jo ennen kuin kynnyksarvo on ylitetty. Kun valoinduktio ei ole täydellinen, se on lyhytkestoinen ja kasvit palaavat vegetatiiviseen kasvuun. Valoindusoitunut tila on siirrostuksella siirrettävissä kasvusta toiseen. Muun muassa lämpötila ja valon voimakkuus vaikuttavat valoinduktioon. (BERNIER ym. 1981 a).

3.3.1. Koiranheinä

Lyhyt valojakso on todettu kukinnan indusoivaksi koiranheinällä. Indusoiviksi päivänpituuksiksi on eri tutkimuksissa havaittu 8...13 tuntia. Alhaisen lämpötilan tarpeellisuudesta lyhyen valojakson yhteydessä on sen sijaan erilaisia käsityksiä. Samoin lyhyen valojakson välttämättömyydestä kukinnan induktiossa on poikkeavia havaintoja. Taulukossa 1 esitetään eri tutkimuksissa koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan kukinnan induktiolle havaittuja vaatimuksia.

 Taulukko 1. Koiranheinän, niittynurmikan ja natojen kukinnan indusoitumiseen eri tutkimuksissa havaittuja vaatimuksia.

Lyhyt valojakso Alhainen lämpöt. Tutkimus
 tarpeellinen tarpeellinen

Koiranheinä:

+	ja	+	GARDNER & LOOMIS 1953
(+)		-	CALDER 1963 ja 1964
+	ja	+	HOVIN ym. 1966
+		-	WILSON & THOMAS 1971
+	ja	+	KOZUMBLIK & CHRISTIE 1972b
+	tai	+	BLONDON 1972
+		-	BROUE & NICHOLLS 1973
+	tai	+	IKEGAYA 1980a
+	tai	+	BLONDON 1985

Niittynurmikka:

+	ja	+	PETERSON & LOOMIS 1949
+	ja	+	LINDSEY & PETERSON 1964
+	tai	+	HABJORG 1978
+	tai	+	HEIDE 1980

Nadat:

+	ja	+	BEAN 1970
+	tai	+	BLONDON 1972

Lyhyt valojakso tai alhainen lämpötila yksinään tai yhdessä on havaittu kukinnan indusoivaksi tutkimuksesta riippuen. Eräiden tutkimusten mukaan valojaksoreaktio on primääritekijä induktiossa ja alhainen lämpötila yhtäaikaan tai heti lyhyen valojakson jälkeen täydentää ja varmentaa induktiota (GARDNER ja LOOMIS 1953, HOVINin ym. 1966, KOZUMBLIK ja CHRISTIE 1972 b, BROUE ja NICHOLLS 1973 a). Toisissa tutkimuksissa lämpötilalla ei ollut ratkaisevaa merkitystä, sillä kukinta indusoitui lyhyessä valojaksossa kaikissa lämpötiloissa (WILSON ja THOMAS 1971). BLONDONin (1985) mukaan taas alhainen lämpötila on päätekijä kukinnan virittämisessä. CALDERin (1964) mukaan koiranheinä ei tarvitse välttämättä kylmää kautta tai lyhyitä valojaksoja kukkiakseen, koska useimmat tutkituista 23 koiranheinäpopulaatiosta sisälsivät yksilöjä, jotka muodostivat röyhyn jo kylvövuonna Englannin olosuhteissa.

Koekasvien erilainen perimä on yksi tekijä, joka on johtanut ristiriitaisiin tuloksiin. Toinen tekijä on koekasvien erilainen ikä, sillä koiranheinän induktiolle tehokas päivän pituusalue ja lämpötila-alue on vanhemmilla kasveilla selvästi laajempi kuin taimilla (IKEGAYA ym. 1982 a).

Induktiokäsittelyissä on käytetty erilaisia kestoajoja mm. kolme viikkoa (GARDNER ja LOOMIS 1953), ja kuusi viikkoa (KOZUMPLIK ja CHRISTIE 1972 b). IKEGAYA ym. (1985) esittävät, että 56 vuorokauden aika indusoivissa oloissa (10 h/10 °C) on riittävän pitkä kaikkien koiranheinämateriaalien indusoimiseen.

Kukinnan indusoituminen rajoittuu WILSONin (1959) mukaan koiranheinällä siihen versoon, joka on ollut indusoivissa oloissa, eikä kulkeudu muihin versoihin. IKEGAYA (1984) sen sijaan esittää, että koiranheinän pääversojen induktiostimulus voi siirtyä sivuversoihin vaihtelevassa määrin perinnöllisestä alkuperästä riippuen.

Lyhyt valojakso syksyllä vaikuttaa heiniin muutoinkin kuin kukinnan indusoivasti. Lyhyessä valojaksossa on koiranheinän (WILSON ja THOMAS 1971) ja niittynurmikan (LINDSEY ja PETERSON 1964) versomisen todettu olevan runsaampaa kuin pitkässä valojaksossa. Lehdet ilmestyvät pääversoon huomattavasti nopeammin lyhyessä kuin pitkässä valojaksossa. Ero on erityisen selvä suhteellisen alhaisessa lämpötilassa (BROUE ym. 1967). Populaatioiden välillä on huomattavia eroja siinä, kuinka ne kasvavat viileässä ja lyhyessä valojaksossa. EAGLES (1973) havaitsi norjalaisen koiranheinäkannan lehtien kasvun olevan lyhyessä valojaksossa ja viileässä huomattavasti vähäisempää kuin portugalilaisen kannan. Tämä kuvaa pohjoisten kantojen valmistautumista tulevaan talveen ja kasvun vähenemistä.

3.3.2. Niittynurmikka ja punanata

PETERSON ja LOOMIS (1949) havaitsivat sekä lyhyen valojakson että alhaisen lämpötilan tarpeelliseksi niittynurmikan indusoitumiselle. Heidän mukaansa kukka-aiheet alkavat kehittyä syksyllä. Syksyn lyhyen valojakson ja viileän sään jälkeen kevään pitemmät valojaksot ja kohtuullisen korkeat lämpötilat suosivat röyhyjen jatkokehitystä ja röyhylletuloa. LINDSEY ja PETERSONin (1964) mukaan niittynurmikalla on sekä lyhyt että

pitkämpäivävaatimus, ja niiden täytyy tapahtua järjestyksessä lyhytpäivä - pitkämpäivä. Lisäksi on kylmävaatimus lyhytpäivävaiheen yhteydessä.

HEIDEN (1980) tutkimuksessa tuli niittynurmikan kaksivaiheinen induktiovaatimus selvästi esille. Lyhyt valojakso tai alhainen lämpötila ovat tarpeelliset kukka-aiheiden indusoitumiselle, kun taas pitkä valojakso ja korkeat lämpötilat ovat tarpeelliset kukkien normaalille kehitykselle ja varren pituuskasvulle. Lyhyt valojakso ja alhainen lämpötila olivat toisensa täysin korvaavia ja ovat yksinään kykeneviä aiheuttamaan primaari-induktion. Lyhyen valojakson ja kylmäjakson toisensa korvaavuus on mahdollista myös koiranheinällä ja natalajeilla BLONDON (1972) ref. HEIDE (1980). Myös HÄBJØRG (1978) havaitsi, että lyhyt valojakso ja kylmäkäsittely olivat toisiansa korvaavia niittynurmikan induktiossa.

Lajikkeiden erilainen reaktio syksyn lyhyeen valojaksoon voi vaikuttaa röyhynmuodostukseen muutenkin kuin indusoitumiseen vaikuttamalla. NORDESTGAARDIN (1983) mukaan pohjoisten niittynurmikkalajikkeiden heikko siementuotantokyky eteläisillä alueilla johtuu siitä, että pohjoiset lajikkeet menevät etelässä kasvukauden vaiheeseen nähden varhain talvilepoon päivänpituuden syksyllä lyhetessä. Kasvit kuitenkin hengittävät, koska lämpötila on sangen korkea. Tämä johtaa kasvit sellaiseen tilaan, että ne eivät pysty syksyllä muodostamaan riittävästi sellaisia versoja, jotka muodostaisivat röyhyn seuraavana keväänä. Päivänpituus on ratkaiseva tekijä, joka vaikuttaa eri lajikkeiden erilaiseen käyttäytymiseen. Niin ikään HÄBJØRG (1979 c) havaitsi, että Norjassa arktisten niittynurmikan ekotyyppeiden kasvu syksyllä oli huomattavasti lauhkean vyöhykkeen ekotyyppeiden kasvua vähäisempää.

3.4. Lämpötila syksyllä

Monet heinät vaativat kylmän jakson (vernalisaation), ennen kuin ne indusoituvat muodostamaan kukka-aiheita. Kylmäjakson vaativissa heinissä on sekä ehdollisia että pakollisia kylmän

jakson vaatijoita. Alhainen lämpötila vernalisaation yhteydessä tarkoittaa kasvulle optimaalista lämpötilaa alhaisempia lämpötiloja. Optimilämpötila alenee kestoajan pidentyessä (BERNIER ym. 1981a). Tehokkaiksi vernalisaatiolämpötiloksi eri heinäkasveilla EVANS (1964) esittää lämpötiloja välillä -6...+14 astetta ja LANGER (1979) lämpötiloja välillä 0...+10 astetta.

EVANS (1964) esittää heinäkasvien vernalisaatiovaatimuksen merkityksen olevan suuremman sen vuoksi, että vernalisaatiovaatimus estää kukintojen kasvun alkamisen syksyllä, kuin siksi, että kylmä kausi mahdollistaa kukintojen kasvun alkamisen keväällä. EVANS esittää edellistä tukevaksi sen, että heinäkasvipopulaatiot vernalisoituvat hyvissä ajoin ennen talven päättymistä ja kaikki vernalisaation vaativat kasvit tarvitsevat myös pitkän päivän kukintojen kasvulle. Siis tietyn pituisen kylmän kauden vaatimus, ennen kuin kukkien kasvu voi alkaa, ehkäisee kukka-aiheiden kasvun liian pitkälle ennen talvea ja varjelee näin röyhyt talven pakkasilta. Jos kasvilla on lyhyt vernalisaatiovaatimus ja lämpötilat vernalisoitumisen jälkeen ovat alhaiset mutta mahdollistavat kasvun, niin kukka-aiheiden kasvu voi alkaa jo syksyllä. WYCHERLEY (1952) havaitsi koiranheinän kukka-aiheiden alkavan kehittyä lyhyessä valojaksossa viileässä (+5 °C), kun kylmäkestä jatkui riittävän kauan.

Myös FEDOROV (1980) esittää monivuotisten nurmiheinien pyrkivän pysymään vegetatiivisessa kasvussa kasvukauden lopulla, mikä on hyväksi niiden karaistumiselle ja talveentumiselle. Ne eivät etene generatiiviseen vaiheeseen. Vernalisaatio vaikuttaa FEDOROVIN mukaan siten, että heinät menettävät kykynsä hillitä omaa kehitystään tietyissä valo-oloissa. Ne ovat valmiita aloittamaan generatiivisen kehityksensä hyvin nopeasti. FEDOROVIN mukaan jokaisen yksittäisen verson täytyy vernalisoitua, kun tietty kehitystaso esim. 4-5 lehteä on saavutettu, jotta verso muodostaisi röyhyn.

Varren kärkikasvupiste on havaittu vernalisaatioärsykkeen aistivaksi paikaksi, ja ilmeisesti jakaantuvia soluja on oltava vernalisaation tapahtumiseksi. Vernalisaatiotila siirtyy kasvissa alkuperäisten alhaisessa lämpötilassa olleiden kasvupisteen solujen jakaantumisella ja kasvulla. Vain ne meristeemit, jotka kehittyvät vernalisoituneesta meristeemistä, saavuttavat vernalisoidun tilan. Vernalisaatio on siis itseasiassa monilla kasveilla hyvin liikkumaton. Vernalisoitunut tila saattaa hävitä tietyissä oloissa. Korkea lämpötila, alhainen valonvoimakkuus tai lyhyt valojakso juuri vernalisaation jälkeen voi aiheuttaa vernalisoituneen tilan tuhoutumisen. Lämpötilan aiheuttamaa vernalisaation katoamista on havaittu jo lämpötilassa $+18-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BERNIER ym. 1981 a).

Tietyvästi ei täysin tunneta sitä, miten vernalisaatio vaikuttaa niissä versoissa, jotka ovat nuoruusvaiheessa viileän jakson aikana mutta jatkavat kasvuaan itsenäisesti. Talvi-dormanssissa olevien kasvien vernalisoitumismahdollisuus on myös epäselvä, koska jakautuvia soluja tulisi olla läsnä vernalisaation tapahtumiseksi. Kysymys kytkeytyy siihen, mitkä ovat alhaisimmat mahdolliset vernalisoivat lämpötilat eri lajeilla.

BERNIER ym. (1981 a) painottavat, että vernalisaatio ja valoinduktio täytyy erottaa selvästi toisistaan, koska niitä aistivat solukot ovat erilaiset ja kummankin aiheuttamat kasvin sisäiset muutokset ovat erilaiset. Vernalisaatio tapahtuu kasvupistessä ja induktio pääosin lehdissä.

3.4.1. Koiranheinä

Alhaisen lämpötilan merkityksestä koiranheinän kukkimiskehityksessä on erilaisia käsityksiä. BLONDONin (1985) esittämässä primaari-induktiossa vaikuttavat lämpötila, valojakso ja valonvoimakkuus. Lämpötila on BLONDONin mukaan tärkein tekijä. Vernalisaatio vähentää muiden tekijäin tarvetta. Lämpötilat välillä 2...10 astetta aiheuttavat kukkimiskypsyyden tai nopeuttavat kukintaa. Nuoruusvaiheessa olevien taimien vernalisoitumista ei ole ehdottomasti osoitettu (BLONDON 1985).

CALDERin (1964 b) mukaan taas alhainen lämpötila ei ole lainkaan välttämätön. Koiranheinäkasvit eivät kuki kylvövuonna, koska syksyn päivät tulevat liian lyhyiksi röyhyjen esiintu-
lolle ennen kuin kaikki tarpeelliset edeltävät kehitysvaiheet on käyty läpi, eikä siksi, että kasvit eivät ole olleet talviolosuhteissa.

Useissa tutkimuksissa induktion lyhyessä valojaksossa on todettu tapahtuneen tehokkaimmin suhteellisen alhaisessa lämpötilassa. Esimerkiksi IKEGAYAN ym. (1979) tutkimuksessa koiranheinätaimien induktio lyhyessä päivässä oli tehokkainta lämpötilassa +10 C ja tehokkuus väheni lämpötilan noustessa tai laskiessa. Kun lämpötila oli +5 °C, niin kaikki taimet pysyivät kasvullisessa vaiheessa alhaisen lämpötilan vuoksi. Toisaalta induktiolle tehokas lämpötila-alue ja päivänpituusalue oli vanhemmilla koiranheinäkasveilla selvästi laajempi kuin taimilla (IKEGAYA ym. 1982). Vanhoissa koiranheinäversoissa sai alhainen lämpötila induktion aikaan jatkuvassa valossakin (IKEGAYA 1981 b). Tämä vahvistaa BLONDONin (1972) ref. HEIDE (1980) havaintoa, että alhainen lämpötila ja lyhyt valojakso voivat koiranheinän induktiossa korvata toisensa.

Lämpötila näyttää vaikuttavan siihen, kuinka pitkälle kukinnon suuntaan kehitys voi lyhyen valojakson aikana edetä. WILSONin ja THOMASin (1971) mukaan korkeassa lämpötilassa lyhyen valojakson aikana kehitys etenee vain induktion tiettyyn vaiheeseen, mutta alhaisessa lämpötilassa lyhyen valojakson aikana kehitys voi edetä asteittain aina kukintojen kasvuun ja röyhylletuloon saakka. WILSONin ja THOMASin esittämää tukee mm. WYCHERLEYn (1952) havainto, että koiranheinän kukinnot kehittyivät viileässä (+5 °C) jo lyhyessä valojaksossa (8 h), mutta kukinnot eivät tulleet esille lehtitupesta. Myös BLONDONin (1985) mukaan alhaiset lämpötilat (0...2 °C) mahdollistavat koiranheinän röyhylletulon lyhyessä valojaksossa. Niin ikään englanninraiheinän on todettu tulevan röyhylle lyhyessäkin valojaksossa, jos se kasvaa viileässä (McWILLIAM ja JEWISS 1973).

Vastaavasti IKEGAYA ym. (1982b) totesivat, että korkea lämpötila (+20 °C) lyhyen valojakson aikana edisti induktion varhaisia vaiheita ja palautti induktion myöhäisempiä vaiheita.

Induktion palautumista tapahtui mahdollisesti myös WYCHERLEYn (1952) kokeessa, sillä kun luonnonoloissa talvehtineet koiranheinäkasvit pidettiin talven jälkeen lämpimässä ja lyhyessä valojaksossa, niin ne eivät kukkineet enää, kun ne siirrettiin jatkuvaan valoon.

BROUE ja NICHOLLS'n (1973) kokeissa yölämpötilat välillä 2-24 astetta lyhyen valojakson aikana eivät vaikuttaneet kukinnan indusoitumiseen. Lyhyt valojakso ja alhainen lämpötila toimivat BROUE ja NICHOLLS'n mukaan peräkkäin koiranheinän kukkimisen edistämässä eivätkä yhtäaikaisesti.

Myös valonvoimakkuus vaikuttaa vernalisaatioon. BÜHRINGin ja NEUBERTin (1980) tutkimuksessa koiranheinän vernalisoituminen alhaisessa valon voimakkuudessa oli tehottomampaa kuin suuressa valonvoimakkuudessa. Kasvien kasvu oli pysähtynyt. Valonvoimakkuuden vaikutus liittyyneen siihen, että jakautuvia soluja tulisi olla läsnä vernalisaation tapahtumiseksi.

Lämpötilan vaikutuksesta koiranheinän muuhun kasvuun syksyllä BROUE ym. (1967) totesivat juurien paino/kasvin paino -suhteen suurenevan lämpötilan aletessa. Suhde oli suurempi lyhyessä kuin pitkässä valojaksossa. Valojakson pituuden vaikutus oli selvin liettualaisessa populaatiossa. Lehdet ilmestyivät pääversoon paljon nopeammin lyhyessä kuin pitkässä valojaksossa. Lämpötilan kohoaminen nopeutti suuresti lehtien kehittymisnopeutta.

3.4.2. Niittynurmikka

LIDSEY ja PETERSON (1962) esittävät niittynurmikan röyhylletulon nopeutuvan ja kasvia kohti muodostuvien röyhyjen lukumäärän lisääntyvän kylmäjakson keston pidentyessä. Sama on todettu induktioajan keston vaikutukseksi (HÅBJØRG 1979 a, TURNER ym. 1983). Sitä vastoin HÅBJØRGin (1978) toisessa tut-

kimuksessa niittynurmikan arktisten tyyppien röyhyjen lukumäärä kasvia kohti väheni, kun kasvien pitoaikaa +2-3 asteen lämpötilassa pidennettiin.

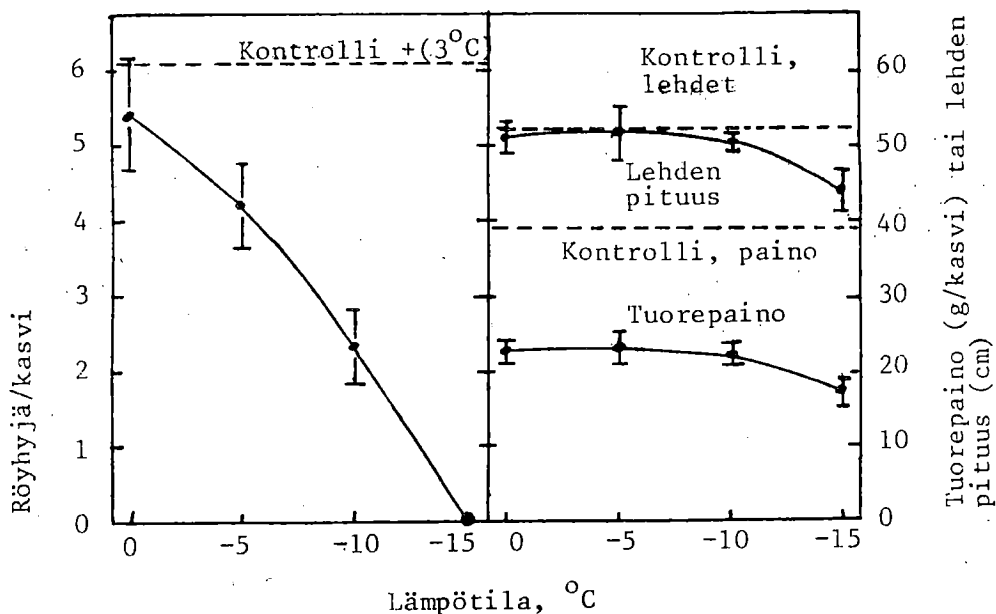
HEIDEN (1980) tutkimuksessa niittynurmikan induktio alhaisessa lämpötilassa (3 °C) oli riippumaton päivänpituudesta. Korkeammassa lämpötiloissa induktiossa oli selvä yhteisvaikutus lämpötilan, valojakson pituuden ja käsittelyn kestoajan välillä. Alhaisen lämpötilan ja lyhyen valojakson toistensa korvaavuus niittynurmikan induktiossa tuli selvästi esille.

4. Talven vaikutus kukintoihin

Hyvä talvenkestävyys on nurmiheinien menestymisen perusvaatimus oloissamme. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan puututa monimutkaiseen talvenkestävyysskysymykseen sinänsä, vaan tarkastellaan sitä, miten talven olosuhteet voivat vaikuttaa röyhynmuodostukseen häiritsemättä heinien vegetatiivista kasvua. Niittynurmikan ja punanadan siemenviljelyksillä on melko tavallista, että kasvusto on talvehtinut hyvin ja kasvaa voimakkaasti, mutta röyhyjä ei muodostu lainkaan.

Pakkanen on yksi tekijä, joka voi vioittaa heinien kasvupisteitä niin, että röyhynmuodostus häiriytyy. GARDNER ja LOOMISIN (1953) kokeissa monet koiranheinäkasvit vioittuivat paljeltumalla myöhään syksyllä sen jälkeen, kun indusoitumisvaatimus oli täytetty. Tyypillinen reaktio oli vegetatiiviseen kasvuun palaaminen. Pääversojen kasvupisteet, joista kukinnot normaalisti kehittyvät, eivät ensiksi näyttäneet lainkaan vahingoittuneilta mutta eivät kasvaneet lainkaan ja lopulta tulivat nekroottisiksi. Kasvu jatkui sivusilmuista. Uusiin versoihin ei kuitenkaan muodostunut röyhyjä. Kasvit kuolivat -24 asteessa. Myös HODGSONIN (1966) Alaskassa tehdyssä tutkimuksessa punanadan ja niittynurmikan syksyllä initioituneet versot tuhoutuivat talven aikana. Samoin rehukattaran syksyllä kasvunsa aloittaneiden kukka-aiheiden on havaittu tuhoutuvan talven aikana (SASS ja SKOGMAN 1951, ELLIOTT 1966). Vegetatiiviset kasvupisteet sen sijaan ovat säilyneet vahingoittumattomina.

HEIDE (1980) tutki pakkasen vaikutusta niittynurmikan kukka-aiheisiin ja röyhynmuodostukseen. Koska pakkaskäsittelyn aikaan kukka-aiheet olivat jo selvästi kehittyneet, vastaisi käsittely pakkasen vaikutusta lähinnä keväällä, vaikka niittynurmikan kukka-aiheiden on havaittu aloittavan kasvun jo syksylläkin. HEIDEn kokeessa indusoituneet niittynurmikan taimet laitettiin 0, -5, -10 ja -15 asteen lämpötiloihin 2, 4 ja 8:ksi vuorokaudeksi, jonka jälkeen ne siirrettiin röyhyjen kasvun kannalta suotuisiin olosuhteisiin. Pakkasan vaikutuksesta röyhyjen lukumäärä kasvia kohti laski erittäin voimakkaasti (kuva 4).



Kuva 4. Taimiasteella esiintyneen pakkasen vaikutus Holt-niittynurmikan röyhynmuodostukseen ja vegetatiiviseen kasvuun. Keskimääräiset tulokset 2, 4, 6, ja 8 päivän pituisen pakkasjakson vaikutuksesta. (HEIDE 1980).

Jatkuvasti lämpimässä pidettyihin kasveihin verrattuna käsittelyllä 0 °C lämpötilassa ei ollut vaikutusta, mutta käsittely alhaisemmissa lämpötiloissa vähensi röyhyjen lukumäärää ja -15 °C:ssa kaikki kukka-aiheet kuolivat. Pakkasan kestolla ei ollut merkitsevää vaikutusta. Kaikki kasvit selvisivät hengissä käsittelyistä, ja kasvien tuorepainot ja lehtien pituudet olivat yhtäsuuret eri käsittelyissä. Pakkasan vioitus oli HEIDEn mukaan spesifinen nimenomaan kukka-aiheisiin.

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa pakkaset tammi-helmikuussa, kun maa oli lumeton, vähensivät punanadan ja englanninraiheinän siemensatoja (LÜTKE-ENTRUP ja SCHRIMPF 1964). Niittynurmikan todettiin sen sijaan kestävän pakkasia lumettomaan aikaan. Koiranheinä ei ollut tutkimuksessa mukana. HEIDEN (1980) mukaan vakaa lumipeite suojaa kasvien kukintoja paleltumiselta, joskaan ROGNLI ja STAVER (1979) ref. HEIDE (1980) eivät kokeissaan havainneet eroja lumen suojassa ja ilman suojaa olleiden niittynurmikan kukintojen säilymisessä Åsissa Norjassa. Suomessa alkutalven 1963/64 lumettomuuden johdosta pakkasen koiranheinän röyhynmuodostukselle aiheuttamat vauriot eivät olleet suuret VALLEN (1964) mukaan. Englannissa suositellaan jätettäväksi jonkun verran odelmaa suojaamaan koiranheinän kasvupisteitä pakkaselta (ANON. 1978).

Maan pintaan muodostunut jää voi estää normaalin röyhynmuodostuksen kasvustoa kokonaan tuhoamatta (KÖYLIJÄRVI 1983). Punanata on kärsinyt jääpeitteestä niittynurmikkaa enemmän.

On epäselvää, kuinka talven pitkäkestoisuus vaikuttaa heinien röyhynmuodostuskykyyn. Röyhyjen lukumäärä kasvia kohti on yleensä sitä suurempi, mitä kauemmin kasvit ovat indusoivissa tai vernalisoivissa oloissa. Talvidormanssissa olevien heinien vernalisoituminen on kuitenkin epävarmaa, koska vernalisaation tapahtumiseksi versossa tulisi olla jakautuvia soluja. Alhaisissakin lämpötiloissa on kyllä todettavissa kasvua ja aineenvaihduntaa. OBRAZTSOVIN ym. (1980) tutkimuksessa koiranheinän kasvu alkoi lämpötilassa 0...+2 astetta.

DAVIDSONIN ja MILTHORPEN (1965) tutkimuksessa koiranheinän lehtien laajuuskasvu lakkasi kuitenkin jo lämpötilan laskiessa + 3 °C:een. Paksu lumipeite vähentää vernalisoitumisen mahdollisuutta, sillä vernalisoitumisen on todettu olevan alhaisessa valonvoimakkuudessa tehottomampaa kuin suuressa valonvoimakkuudessa (BÜHRING ja NEUBERT 1980).

HÅBJØRGIN (1979 a) tutkimuksessa oli havaittavissa kuitenkin myös merkkejä siitä, että liian pitkä aika indusoivassa lyhyessä päivässä voi johtaa röyhyjen lukumäärän vähenemi-

seenkin. HÅBJØRG selittää røyhyjen lukumäärän vähenemistä, että kasvun varhainen loppuminen johtaa hiilihydraattivararavintojen kulumiseen ja lopulta kasvin kuihtumiseen.

GARDNER ja LOOMISin (1953) kokeessa koiranheinän kukkimaan indusoituja taimia pidettiin jatkuvasti pimeässä, kunnes ne menettivät värinsä. Kun kasvit siirrettiin jatkuvaan valoon, saivat ne vihreän värinsä takaisin ja alkoivat kasvaa mutta ne eivät muodostaneet kukintoja osoittaen näin menettäneensä induktion, mahdollisesti pitkäkestoisen hiilihydraattivajeen vuoksi.

Pitkän talven vaikutus kukinnan indusoitumisessa voi olla koiranheinällä, niittynurmikalla ja punanadalla kahtalainen. Toisaalta alhainen lämpötila saattaa vahvistaa vernalisoitumista, toisaalta aineenvaihdunta kuluttaa vararavintoja, mikä voi pitkään jatkuessaan johtaa vernalisoituneen ja indusoituneen tilan tuhoutumiseen.

5. Røyhyjen kasvu keväällä

Myöhäinen kasvun alkaminen poistaa valoindusoitumisen mahdollisuuden keväällä, koska valojakso kasvun alkaessa keväällä on indusoitumiselle jo liian pitkä (GARDNER ja LOOMIS 1953). Sen sijaan kevään pitkä päivä ja korkeahko lämpötila ovat suotuisia kukka-aiheiden kasvun alkamiselle ja kukintojen kehitykselle. Kukintojen kasvu keväällä on reaktio pitkään päivään, mutta kukintojen kehitysnopeus riippuu suuresti lämpötilasta (BEDDOWS 1968). Kehitys on sitä nopeampaa mitä pitempi päivä ja mitä lämpimämpää on.

5.1. Valojakso keväällä

Koiranheinä tarvitsee pitkän päivän kukintojen kasvun alkamiselle ja kukintojen kehittymiselle (BLONDON 1985). Kukinta tapahtuu vain, jos päivänpituus on kriittistä päivänituutta pitempi. CALDERin (1964 b) mukaan koiranheinän kukintojen kehittyminen ja kasvu voi alkaa jo lyhyinä syyspäivinäkin, mutta korsien pituuskasvu ei ala ennen kuin päivät ovat 11-12

tuntisia tai pitempiä (CALDER 1964 b). Kukkien kasvun alkaminen ja varren pituuskasvu ovat molemmat pitkän päivän reaktioita, mutta niillä on erilainen kynnyksarvo päivänpituuden suhteen. CALDERin mukaan erot populaatioiden röyhylletulon ajassa perustuvat erilaisiin päivän pituusvaatimuksiin varren pituuskasvun alkamisessa.

Kriittinen päivänpituus, jolloin varren pituuskasvu alkaa, on tärkeä röyhylletuloajan määrääjä, jota lämpötila modifioi. Suomen olosuhteissa alhaiset lämpötilat saattavat estää aikaisten lajikkeiden röyhylletulon niin varhain kuin se päivän pituusvaatimuksen mukaan olisi mahdollista, ja siksi lajikkeet tulevat röyhylle miltei yhtäaikaan.

WILSONin ja THOMASin (1971) tutkimuksessa luonnollisissa lämpötiloissa (Uusi-Seelanti) koiranheinän kukintojen kasvu alkoi 11 tunnin päivänpituudessa ja röyhylletulo 14 tunnin päivänpituudessa.

Kukinto kehittyy sitä nopeammin mitä pitempi päivä on. GARDNER ja LOOMISin (1953) kokeessa indusoituihin koiranheinäkasveihin kehittyi kukinto nopeimmin 24 ja 16 tunnin valojaksossa. Myös 13 tunnin valojaksossa röyhyjä kehittyi, mutta paljon hitaammin. Valojakson pituus voi vaikuttaa myös muodostuvien röyhyjen määrään. 20 tunnin valojaksossa koiranheinä tuotti 56 % enemmän röyhyjä kuin normaalissa kevätpäivän 14-15 tunnin valojaksossa. Nuorten kehittyvien kukintojen hylkääminen oli syy kukinnan epäonnistumiseen. CALDERin (1964 a) tutkimuksessa jatkuva valo kukintojen kasvuvaiheessa edisti koiranheinän kukintojen runsaampaa syntymistä pitkään päivään verrattuna. Jatkuvassa valossa kasvit tulivat myös nopeammin röyhylle.

Sen sijaan LINDSEYn ja PETERSONin (1964) niittynurmikkatutkimuksessa 16 tunnin valojakso induktion jälkeen oli edullisin röyhyjen muodostumiselle. Vaikka jatkuva valo aiheutti täysin indusoituneiden versojen nopean kehityksen, jatkuva valo oli epäedullinen vain osittain indusoituneiden versojen röyhyjen muodostumiselle. Röyhyn kehittyminen vaati aina pitkän valojakson.

Yhdentoistatunnin valojakso oli liian lyhyt niittynurmikan normaalille röyhylletulolle PETERSONin ja LOOMISin (1949) tutkimuksessa. Viidentoistatunnin valojakso oli sen sijaan jo selvästi kriittistä päivänpituutta pitempi. Lajikkeiden vaatimukset ovat erilaiset, sillä HÅBJØRGin (1979 a) tutkimuksessa niittynurmikan arktisten tyyppien initiaatiolle ja kukkien erilaistumiselle oli 20 tunnin valojakso ja lauhkean alueen tyypeillä 12 tunnin valojakso kriittinen.

CANODEn ym. (1972) mukaan niittynurmikan, koiranheinän ja rehukattaran generatiivinen kasvu voi alkaa joko lyhyessä tai pitkässä valojaksossa, kun induktiovaatimukset on täytetty. Siirtyminen generatiiviseen vaiheeseen voi tapahtua jäätyneessäkin maassa.

HÅBJØRGin (1978) mukaan pitkä valojakso ja kohtuullinen lämpötila edistävät niittynurmikan varren pituuskasvua ja lopullista röyhyjen kasvua. Valojakson piteneminen johtaa myös nopeampaan röyhylletuloon ja kukintaan, sekä suurempaan varrenpituuteen ja kasvia kohti kehittyvien röyhyjen lukumäärään.

Niittynurmikan varrenpituus on ollut yleensä sitä pitempi mitä pohjoisemmassa kasvi on kasvanut (HÅBJØRG 1978 ja 1979 b, NORDESTGAARD 1983). Erityisesti arktisten tyyppien varren pituuskasvu on eteläisillä kasvupaikoilla ollut vähäistä (HÅBJØRG 1979 b). Arktisten niittynurmikkatyyppien röyhyjen kasvun suuri valojaksovaatimus on HÅBJØRGin mukaan ilmeisesti pääsyy arktisten tyyppien siementuotantovaikeuksiin eteläisillä alueilla.

Lyhyt valojakso heikensi myös HEIDEn (1980) tutkimuksessa varrenpituuskasvua ja kukkien kehitystä niittynurmikalla. Normaaleina vuosina lyhyt valojakso keväällä ei ole kukintojen kasvua rajoittava tekijä, mutta sen häiritsevä vaikutus kasvaa eteläisemmille leveysasteille mentäessä (HEIDE 1980).

5.2. Lämpötila keväällä

Korkea lämpötila nopeuttaa kehitystä ja röyhyjen kasvua.

5.2.1. Koiranheinä

Alhainen lämpötila pitkässä valojaksossa viivästyttää kukintojen kehityksen ja kasvun alkamista sekä röyhylletuloa ja pidentää röyhylletulon ja kukinnan välistä aikaa (HANSON ja SPRAGUE 1953). BEDDOWSin (1968) tutkimuksessa koiranheinän röyhylletuloaika vaihteli 18-25 vuorokautta eri vuosina ja pääasiallinen vaihtelun aiheuttaja oli lämpötila.

BLONDONin (1985) mukaan suotuisin lämpötila kukintojen kehitykselle on 17...33 astetta genotyypistä riippuen. Toisaalta liian korkean lämpötilan on todettu häiritsevän röyhynmuodostusta. HANSONin ja SPRAGUEn (1953) tutkimuksessa 24 asteen lämpötila pitkän valojakson aikana läheni maksimilämpötilaa, jossa röyhynmuodostus oli yhä tyydyttävän runsasta. BROUE ja NICHOLLS (1973) esittävät niinkin alhaisen vuorokauden keskilämpötilan kuin 14...17,5 astetta olevan lähellä kriittistä lämpötilaa, jota korkeammat lämpötilat ehkäisevät koiranheinän röyhyjen muodostumista kukka-aiheiden kasvun alkaessa pitkässä päivässä. Myös CALDERin (1964 a) tutkimuksessa korkea lämpötila ehkäisi röyhynmuodostusta. IKEGAYA ym. (1985) suosittavat koiranheinän kasvihuonelisäyksessä kukintojen erilaistumisvaiheen lämpötilaksi 15 astetta, joka nostetaan 20 asteeseen kukintojen kasvuvaiheessa ja edelleen 24 asteeseen tuleentumisvaiheessa.

Pitkässä valojaksossa korkea lämpötila näyttäisi vaikuttavan eri tavalla eri induktioasteella oleviin versoihin. Pitkässä valojaksossa korkean lämpötilan haitallinen vaikutus kukintaan kohdistuu WILSONin ja THOMASin (1971) mukaan vain heikolla induktioasteella oleviin versoihin, joiden kukkimisen aiheuttava tekijä tuhoutuu. Lyhyessä valojaksossa korkea lämpötila johtaa sitä vastoin induktion myöhäisempien vaiheiden tuhoutumiseen. Induktion varhaiset vaiheet ovat siis epävaakaat pitkässä valojaksossa korkeassa lämpötilassa ja induk-

tion myöhäiset vaiheet ovat epävakait lyhyessä valojaksossa korkeassa lämpötilassa. WILSON ja THOMASin mukaan on mahdollista, että joinakin kasvukausina korkea lämpötila induktion myöhäisemmissä vaiheissa vaikuttaa tuotettujen röyhysten lukumäärään.

Lämpötilan erilainen vaikutus eri induktioasteella oleviin versoihin tuli esille muun muassa IKEGAYAN ym. tutkimuksissa. Alhainen lämpötila (+10 °C) lisäsi osittain indusoituneiden versojen röyhymuodostusta ja yhtenäisti röyhylletuloa hidastamalla täysin indusoituneiden versojen röyhylletuloa (IKEGAYA ym. 1983 a ja b, IKEGAYA 1984). Röyhjä muodostamattomien versojen osuus väheni alhaisessa lämpötilassa. Alhainen lämpötila on IKEGAYAN ym. (1983 a) mukaan tärkeämpi lyhyen valojakson kauden jälkeen kuin sen aikana.

Lämpötilan spesifinen vaikutus eri kehitysvaiheessa oleviin versoihin tuntuisi ekologisesti luonnolliselta, sillä syksyllä lyhyen valojakson aikaan kasvien kehittymistä röyhylle saakka olisi syytä rajoittaa (vrt. CALDER 1964 a, FEDOROV 1980), jotta pitkälle kukinnon suuntaan kehittyneet versot eivät tuhoutuisi talven aikana. Toisaalta keväällä pitkässä päivässä niiden versojen mahdollisuus muodostaa kukinto, jotka ovat vasta induktion alussa, on vähäinen, koska pitemmälle ehtineet versot varjostavat niiden kasvua. Kasvin kannalta systeemi säätelisi muodostuvien röyhysten lukumäärän sopivaksi.

Keväthalla on vaarallinen röyhymuodostukselle. Havaintoja keväthallojen vaikutuksesta on, mutta laboratoriokokeista saatuja tuloksia vioituksen määrästä hallan eri voimakkuuksilla ja nurmiheinien eri kehitystasteilla esiintyneistä haloista ei liene käytettävissä. Syysvehnällä lyhytkestoinenkin (2-4 h) -4 asteen halla on lisännyt huomattavasti tupenkin sisässä olleiden tähkien steriliteettiä (LIVINGSTON ja SWINBANK 1950). Herkimpiä hallan vioitukselle olivat juuri kasvunsa aloittaneet alkiot ja pölyttyvät kukat.

Keväthalloille ovat arimpia aikaisin röyhylle tulevat lajit, koiranheinä ja punanata, mutta riski on olemassa myös niittynurmikalla (KÖYLIJÄRVI 1983). Tanskalaiset suosittelevat koiranheinän kasvupaikaksi keväthalloilta suojaista paikkaa, sillä myöhäinen keväthalla voi vioittaa röyhyä ja röyhy voi jäädä tuppeen (ANON. 1983).

5.2.2. Niittynurmikka ja punanata

Myös niittynurmikalla ja punanadalla korkeat lämpötilat on havaittu röyhynmuodostukselle haitallisiksi. Tutkimustuloksissa on tosin ristiriitaisuuksia.

PETERSON ja LOOMISin (1949) kokeessa niittynurmikka muodosti viilleässä (13-18 °C) kolminkertaisen määrän röyhyjä lämpimässä (16-24 °C) tuotettuun röyhymäärään verrattuna. LINDSEYN ja PETERSONin (1962) mukaan niittynurmikan induktio on lämpötilalle epävakaa, kun induktio on lähellä kynnyksarvoa. Korkea lämpötila voi hävittää indusoituneen tilan.

Sen sijaan norjalaisessa HEIDEN (1980) tutkimuksessa luonnollisissa valojaksoissa niittynurmikan röyhynmuodostus oli normaali kaikissa tutkituissa lämpötiloissa välillä 12...24 °C. Röyhyjä muodostui kasvia kohti yhtä paljon eri lämpötiloissa sekä luonnollisen pituisessa päivässä että jatkuvassa valossa. Lämpötilan alentuessa kukintaprosessi hidastui, ja 12 asteessa aika kukintaa oli yli kaksinkertainen 24 asteen lämpötilaan verrattuna. Indusoimattomissa kasveissa ei havaittu mitään kukinnan merkkejä missään valo- ja lämpöolosuhteissa.

Punanadan kukintojen kasvun alkaessa alhainen lämpötila on suotuisa (ELLIOTT 1966). ELLIOTT'n mukaan punanadan vernalisoitunut tila voi tuhoutua jo +16 asteen lämpötilassa.

5.3. Valkoröyhyisyys

Maamme kasvuoloissa on koiranheinän, punanadan ja niittynurmi-
mikan siemenviljelyksillä röyhyjä muodostunut useina vuosina
vain vähän ja/tai suuri osa muodostuneista röyhyistä on ollut
kuolleita valkoröyhyjä.

POHJAKALLIO ym. (1959 a ja b, 1960) tutkivat vaurioita, joita
on esiintynyt eräissä heinissä, kun niitä on siirretty tal-
vella lämpimään kasvihuoneeseen. POHJAKALLION ym. kokeissa
sisälle kasvamaan siirretyissä englanninraiheinässä, koiran-
heinässä, nurminadassa, nurmipuntarpäässä ja timoteissa e-
siintyi äkillistä kasvupisteen ravinnonpuutetta heinien al-
kaessa kasvaa nopeasti talvidormanssista vapauduttuaan. Koi-
ranheinän ja nurminadan eräiden versojen kasvupisteet tuhou-
tuivat niin, että röyhy ei tullut lainkaan esiin lehtitupes-
ta. Kun versojen ylimmät kasvupisteet tuhoutuivat, muodostui
valkoröyhyjä. Valkoröyhyisyys johtui POHJAKALLION ym. (1960)
mukaan korren ylimpien kasvuyvyöhykesolujen äkillisestä ravin-
nonpuutteesta. Ilmiötä POHJAKALLIO ym. nimittävät fysiogeeni-
seksi valkoröyhyisyydeksi.

Tarkastellessaan yleisemmin valkoröyhyisyyden esiintymistä
nurmiheinien siemenviljelyksillä POHJAKALLIO ja KLEEMOLA
(1961) esittävät nurmiheinien kasvuyvyöhykkeiden vioittuvan,
kun kasvien kasvu talven jälkeen muuttuu nopeaksi kevään kor-
keassa lämpötilassa. Vioittumisen vuoksi osa röyhyistä ei
tule näkyviin ja osasta röyhyjä tulee valkoröyhyjä. Jääkö
röyhy tuppeen vai kehittykö siitä valkoröyhy, riippuu siitä
mihin aikaan lämpötila muuttuu korkeksi. Versojen kasvupis-
teiden kuoleminen johtuu POHJAKALLIO ja KLEEMOLAN mukaan ver-
sojen kasvuyvyöhykkeen ravinnonpuutteesta. Yleensä ne tekijät,
jotka jouduttavat kasvuyvyöhykesolujen kasvua tai vaikeuttavat
niiden ravinnonsaantia, ovat röyhyjen kuoleamisen ja vaalene-
misen ratkaisevia syitä. Lannoitus ja kastelu lisäävät valko-
röyhyjen lukumäärää. Eniten vaurioita muodostuu, kun kylmää
tai poutaista kautta seuraa kostea ja lämmin sää. Ensimmäisen
vuoden nurmet ovat arimmat, sillä kasvien vararavinnot ensim-
mäisen vuoden nurmessa ovat vielä verraten pienet. Tutkituis-

ta kasveista kasvuvyöhykesolujen vioittumista esiintyi eniten nurminadalla, timoteilla, nurmi- ja polvipuntarpäällä, hieman vähemmän englanninraiheinällä, ja selvästi vähiten koiranheinällä. Fysiogeenisella valkoröyhyisyydellä on POHJAKALLIO ja KLEEMOLAN (1961) mukaan huomattava merkitys Etelä-Suomessa havaitun heinien kokonaisvalkotähkäisyyden aiheuttajana, vaikka muitakin valkoröyhyisyyden aiheuttajia on olemassa.

Valitettavasti punanata ja niittynurmikka eivät sisältyneet POHJAKALLION ym. kokeisiin, sillä KÖYLIJÄRVEN (1983) mukaan valkoröyhyisyys on vaikeimpana punanadalla ja niittynurmikalla. Valkoröyhyt ilmestyvät usein muutaman päivän kuluttua lämpimän kauden alkamisesta.

Punanadan vähäinen korrenmuodostus tai muodostuvien röyhyjen vioittuminen valkoröyhyiksi on PULLIN (1983) mukaan seurausta alkukevään voimakkaan lämpöaallon ja sitä seuraavan yöpakkaa sisältävän kylmänkauden kasvin nestevirtaus- ja yhteyttämistuotteiden kuljetusmekanismeille aiheuttamista vaurioista. Valkoröyhyjen syntymisvaaraa PULLIN mukaan lisää maan roudassa olo lämpöaallon alkaessa.

Fysiogeenisten syiden lisäksi heinien valkoröyhyisyyttä aiheuttavat mm. tuhoeläimet. Valkotähkäpunkki (Citeroptes gramimum) on yksi heinien valkoröyhyisyyden aiheuttaja maassamme (SAALAS 1943). Tsekkoslovakiassa valkoröyhyisyyden pääaiheuttajaksi on havaittu tähkälude (Leptopterna dolobrata), jonka aiheuttamat tuhot on pystytty torjumaan röyhylletuloaikaan tehdyillä torjuntaruiskutuksilla (CAGAS ym. 1984).

Tuholaiset voivat aiheuttaa vaurioita siemenviljelykasvustoille jo syksyllä. HEIDEN (1980) mukaan syksyllä jo varsin pitkälle kehittyneet kukka-aiheet ovat tuholaisille mm. kahukärpäselle (Oscinella frit) houkuttelevia kohteita, sillä ne ovat sukkulentteja ja ravintoainepitoisia. Myös HÅBJØRGIN (1979 a) tutkimuksessa havaittiin eteläisimmillä koepaikoilla kahukärpäsen tuhoja etenkin niissä niittynurmikka yksilöissä, joiden kukka-aiheet olivat syksyllä kehittyneimmät.

6. Muut tekijät

6.1. Perimän vaikutus

Perimän vaihtelu aiheuttaa huomattavaa vaihtelua lajin käyttäytymisessä. Ristisiittoisten heinien lajikkeetkaan eivät reagoi yhtäläisesti, vaan lajikkeiden sisällä on eritavoin reagoivia yksilöjä. Esimerkiksi koiranheinäsuvun sisällä on populaatioita, joiden kaikki kasviyksilöt muodostavat kukinnon kylvövuonna ilman talvelle alttiinaoloa, ja populaatioita, joiden yksilöistä yksikään ei muodosta kukintoa kylvövuonna (CALDER 1964 b). Monissa populaatioissa osa kasviyksilöistä muodostaa kukinnon kylvövuonna. Eri populaatioiden välillä lienee eroja röyhylletuloon johtavien eri fysiologisten vaiheiden kestoajassa.

Perimän synnyttämiä eroja on niin induktioon tarvittavan ajan kestossa kuin muissakin ominaisuuksissa. MURRAYN ym. (1973) kokeessa induktioon tarvittu aika punanatakloonien välillä vaihteli 30 vrk. Niin ikään BEAN (1970) totesi eroja eri perheiden induktiovaatimuksissa isonata S.170:llä. TURNER ym. (1983) totesivat eroja niittynurmikkalajikkeiden välillä siinä, missä suhteessa eri aikana muodostuneet versot vastasivat kehittyneistä röyhyistä. Lajikkeen Victa röyhyt muodostuivat pääosin varhain syntyneistä versoista, kun taas lajikkeilla Bristol ja Vantage röyhyt muodostuivat pitemmän ajanjakson aikana syntyneistä versoista. TURNERin ym. mukaan Victa tarvitsi muita lajikkeita pidemmän ajan induktion saavuttamiseen, ja siksi ainoastaan varhain muodostuneet versot olivat kykeneviä muodostamaan röyhyn.

HEIDEN (1980) tutkimuksessa niittynurmikan ekotyypin reagoiminen valojaksoon ja lämpötiloihin erosi suuresti. Pohjoiset ekotyypit aloittivat kukka-aiheiden kasvun aikaisemmin ja helpommin kuin eteläiset ekotyypit. Pohjoisten ekotyyppien primääri induktio täydellistyi lyhyemmässä ajassa ja primääri induktion kriittinen valojakso oli pitempi kuin eteläisillä ekotyypeillä. Erot ovat HEIDEN mukaan riittävän suuret aiheuttamaan vaikeuksia pohjoisten ekotyyppien kukinnalle ete-

läisillä alueilla. Ongelma on syksyllä pohjoisten ekotyypin liian aikainen kukka-aiheiden kasvu ja vioittuminen pakka- sessa myöhemmin.

Koska vaihtelu induktioon tarvittavassa ajassa on todennä- köisesti osaltaan perinnöllisistä, on mahdollista valita pi- tempien ja lyhyempien induktioaikojen perusteella ja jalos- taa lyhyen induktioajan tarvitseva lajike (BEAN 1970, MURRAY ym. 1973).

Lajikkeiden röyhylletuloajoissa ja tuleentumisessa on suurta vaihtelua. CALDERin (1964 b) kokeessa 23 koiranheinäpopu- laatiolla oli aikaisimman ja myöhäisimmän populaation ero röyhylletuloajassa 37 vrk. Japanissa INAMI ym. (1985) testa- sivat 114 koiranheinälajikkeen ja -kannan aikaisuuden. Ai- kaismmaksi ja myöhäisimmäksi luokitellun ryhmän välillä oli 48 vuorokauden ero röyhylletuloajassa. Suomessa lajikkeiden väliset erot röyhylletuloajoissa ja tuleentumisessa eivät ole suuret. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että kun kasvu keväällä voi alkaa, päivänpituus on riittävän suuri myöhäi- simpien lajikkeidenkin varren pituuskasvun alkamiselle, ja kaikki lajikkeet tulevat röyhylle lähes yhtäaikaan.

Lajikkeiden tuleentumisajan perusteella ei voida arvioida niiden induktiovaatimuksia, sillä generatiiviseen kasvuvai- heeseen siirtymisen ajankohdalla ei ole suurta merkitystä lajikkeiden väliseen tuleentumisjärjestykseen (CANODE ja PER- KINS 1977).

Pinta-alaa kohti tuotettujen röyhyjen lukumäärissä on lajik- keiden välillä havaittu niin ikään suuria eroja. Muun muassa kotimaisissa siemenviljelyn lajikekokeissa on todettu koti- maisten koiranheinälajikkeiden muodostaneen ulkomaisia lajik- keita enemmän röyhyjä. Myös niittynurmikka- ja punanatalajik- keiden välillä on havaittu erittäin suuria eroja röyhynmuo- dostuskyvyssä (KÖYLIJÄRVI 1983, NIEMELÄINEN 1983 a ja b).

Erot koiranheinäkloonien röyhyjen lukumäärissä riippuvat pääversojen induktion asteesta ja siitä, kuinka riippuvainen sivuversojen kukinta on pääversion kukintakäyttäytymisestä (IKEGAYA ym. 1983 c). FEJERin (1966) mukaan jalostuksella on mahdollista nopeasti parantaa koiranheinän röyhyjä tuottavien versojen lukumäärää. Toisaalta HOVIN ym. (1966) ovat todenneet koiranheinässä olevan perinnöllistä ainesta kehittää röyhyjä tuottamaton lajike, joka olisi rehuominaisuuksiltaan erinomainen.

Lajikkeen röyhynmuodostuskyky on sopeutunut ympäröiviin olosuhteisiin ja muuttuu kasvuolosuhteiden muuttuessa. Muun muassa yhteispohjoismaisessa punanadan lajikekokeessa lajikkeiden kyky muodostaa röyhyjä muuttui eri tavalla koepaikan sijainnin muuttuessa (NORDESTGAARD 1983).

Perimä synnyttää lisäksi vaihtelua ominaisuuksissa, jotka vaikuttavat epäsuorasti röyhynmuodostukseen. Muun muassa koiranheinälajikkeiden välillä on eroja pakkasenkestävyydessä taimiasteella (LARSEN 1979, ABE 1980). Pakkasenkestävyys on perinnöllistä, ja sitä on mahdollista parantaa valinnalla. IKEGAYA ym. (1982 b) mukaan niin ikään korkean lämpötilan aiheuttamassa induktion menettämisessä on perinnöllisistä tekijöistä aiheutuvaa eroavuutta.

6.2. Kasvutiheys ja typpilannoitus

Monivuotisten nurmiheinien versominen on jatkuvaa, ja kasvustossa on hyvin eri-ikäisiä, erikokoisia ja sijainniltaan erilaisia versoja, kun kukintojen kasvu suotuisissa ympäristöoloissa keväällä alkaa. Kasvit tuottavat paljon enemmän versoja kuin mitä röyhyjä muodostuu. Kasvustossa tapahtuu yhtäaikaista versojen kuolemista ja uusien versojen syntymistä. Aikaisimmin muodostuneilla versoilla on paremmat mahdollisuudet muodostaa röyhy, kuin niiden jälkeen ilmestyneillä versoilla (LANGER ja LAMBERT 1959). Kasvuston rakenteella on suuri merkitys siemensadon muodostumisessa, sillä monivuotisten heinäurmien siemensato riippuu merkitsevästi tiettyinä

ajankohtina tapahtuvasta versojen muodostumisesta, röyhyjä muodostavien versojen osuudesta ja röyhyä kohti muodostuvien kukkien määrästä (LANGER ja LAMBERT 1963).

Kuiva-ainepainon mukaan mitattuna kookkaimmilla versoilla on keväällä olevista versoista parhaat mahdollisuudet tulla fertiileiksi (LAMBERT 1967). Suuri varrenpituus ja lehtimateriaalin määrä edistävät verson mahdollisuuksia röyhynmuodotukseen. WILSONin (1959) kokeessa koiranheinän versossa tuli olla vähintään yhdeksän lehteä, jotta versoon olisi muodostunut röyhy. Keväällä kasvustossa on runsaasti versoja, joiden kukintojen kasvu on alkamassa, mutta huomattava osa näistä versoista kuolee ja lopullinen röyhylukumäärä pienenee huomattavasti. HUOKUNAn (1964) kokeessa noin 60 prosenttia nuorista koiranheinän versoista kuoli keväällä ilmeisesti varjostuksen vuoksi. LAMBERTin (1966 a) kokeessa keväällä elossa olleista versoista 50-60 % muodosti röyhyn. Alkuperäisestä määrästä versojen määrä väheni huomattavasti.

Suurin osa röyhyn muodostavista versoista on muodostunut jo edellisenä syksynä (WILSON 1959, LAMBERT 1963 ja 1967). LANGERin ja LAMBERTin (1959) kokeessa koiranheinällä noin 70 % ja LAMBERTin (1966 a) kokeessa 88 % röyhynmuodostavista versoista oli muodostunut jo syksyllä. Typpilannoitus ei vaikuttanut kiistattomasti versojen eikä röyhyjen lukumäärään.

CALDER ja COOPERin (1961) mukaan sekä kasvutiheys että typpilannoitus vaikuttivat huomattavasti koiranheinän kukinnan indusoitumiseen. Harva kasvusto tai suuri typpilannoitus ovat suuresti korvanneet induktiovaatimukset tai tiheä kasvusto on alhaisella typpilannoituksella ehkäissyt valojakson vaikutuksen. Typpilannoitus lisää röyhynmuodostavien versojen osuutta koiranheinäkasvustossa (WILSON 1959, ANON. 1978). Typpilannoituksen lisääntyminen pidentää aikaa, jona röyhyjen kasvu alkaa ja myös röyhylletuloaikaa (WILSON 1959).

EVANSin (1964) mukaan valon voimakkuudella tai kasvin ravinneolosuhteilla ei ole spesifistä merkitystä kukkien kehittymiselle, mutta ne saattavat vaikuttaa valojakson ja lämpöti-

lan määräämään kukkimisreaktioon. IKEGAYAN ym. (1981 a) tutkimuksessa koiranheinän taimien reagointi induktiokäsittelyyn herkistyi, kun taimet kasvoivat harvassa ja voimakkaasti lannoitettuna. Kun versojen ravinnetilanne parani, induktioon tarvittava aika lyheni, mutta ilman valoinduktiota eivät hyvissäkään ravinneoloissa kasvaneet versot tuottaneet röyhyjä (IKEGAYA ym. 1980 b). Lannoituksen induktiota nopeuttava vaikutus ei ollut aina suhteessa versojen kokoon vaan pääsyy oli muutos kasvien fysiologisessa tilassa.

PETERSON ja LOOMISin (1949) kokeessa niittynurmikan typpilannoitus varhaisyyksyllä lisäsi versomista ja lisäsi röyhyjenmuodostusta seuraavana keväänä. Niittynurmikan niittäminen syksyllä sen sijaan pienensi huomattavasti muodostuvien röyhyjen määrää. LAMBERTin (1966 a) koiranheinäkokeessa typpilannoitus lisäsi kasvia kohti muodostuvien versojen ja kukintojen määrää.

Liian suuri kasvutiheys ja siemenmäärä on havaittu koiranheinällä röyhynmuodostukselle haitalliseksi (LAMBERT 1963, NORDESTGAARD 1974 ja 1979). NORDESTGAARDin mukaan optimitiheys koiranheinän siemenviljelyssä on 50-60 kasvia neliömetrillä. Kasvutiheyden vaikutus on suuri myös niittynurmikan ja punanadan röyhynmuodostukseen. MEIJERin (1984) kokeessa jo ensimmäisenä vuonna kasvuston tiheys vähensi versojen fertiiliyttä. Vähäinen röyhynmuodostus tiheissä kasvustoissa johtui versojen suuremmasta kuolleisuudesta tiheissä kasvustoissa sekä vegetatiivisten versojen suuremmasta osuudesta. Myös KÖYLIJÄRVEN (1983) mukaaan punanadan ja niittynurmiakan siemennurmet tulevat usein jo ensimmäisen satovuoden syksyllä liian tiheiksi.

Versojen elossa pysymiselle kriittinen vaihe näyttää olevan keväällä nopeimman kasvun aikaan. MEIJERin (1984) tutkimuksessa suurin versojen kuolleisuus oli korrenkasvuvaiheen aikana. RYLE (1967) ja ONG ym. (1978 a ja b) tutkivat radiohiilitekniikkaa käyttämällä yhteyttämistuotteiden kulkeutumista englanninraiheinäkasvustossa. Yhteyttämistuotteiden, ravinteiden ja veden kulkeutuminen kookkaista, röyhynmuodostavista versoista nuoriin, itsenäisiin versoihin väheni äkisti gene-

ratiivisen kasvun alkaessa englanninraiheinällä. Pienimmät ja nuorimmat versot kuolevat ensimmäisenä riippumatta niiden sijainnista, kun koko kasvi joutuu stressin alaiseksi (ONG 1978). Varjostus on päätekijä versojen kuolemisessa.

RYLEn (1967) tutkimuksessa varjostus ehkäisi ja hidasti kukintojen kasvua ja kehitystä nurminadalla ja englanninraiheinällä. Tähkylöiden lukumäärä röyhyä kohti väheni varjostuksen voimistuessa. Varjostuksen haitallinen vaikutus oli voimakkaampi nurminadalla kuin englanninraiheinällä. Ennen kukintojen kasvun alkamista vallinnut valon voimakkuus oli hyvin tärkeä tekijä nurminadan röyhyjä muodostavien versojen lukumäärälle. Yli 60 % nurminatakasveista pysyi vegetatiivisina, kun valonvoimakkuus vähennettiin 25 prosenttiin normaalista. RYLEn mukaan varjostus hidastaa tai estää generatiivisen vaiheen alkamisen, vähentää kukinnon muodostavien versojen osuutta ja pienentää röyhyjen kokoa. Varjostuksen vaikutus on erilainen eri heinillä. Nurminata kärsii varjostuksesta enemmän kuin englanninraiheinä.

6.3. Muut tekijät

Tekijöitä, jotka vaikuttavat röyhynmuodostukseen jo käsiteltyjen tekijöiden lisäksi on monia. Kuivuus on niistä yksi. PULLIn (1983) kokeessa kuivuus keväällä vähensi punadalla muodostuvien röyhyjen lukumäärää ja röyhyä kohti muodostuvien siementen lukumäärää. Voimakkaimmin kuivuuden vaikutus näkyi, kun viileää jaksoa seurasi hyvin lämmin kausi kasvin korrenmuodostusvaiheessa. Jo edellisen kasvukauden kuivuus vähensi metsäkastikan röyhynmuodostusta HINTIKAN (1985) tutkimuksessa.

Kasvuston ikä on mahdollisesti sellainen tekijä, joka vaikuttaa röyhynmuodostuskykyyn. Nurmen vanhetessa LAMBERT (1963 ja 1966 a) havaitsi koiranheinän fertiilisyyden vähenevän. Kasvuston iän ja tiheyden vaikutukset liittynevät kiinteästi toisiinsa.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Heinäkasvien kukkimiskehityksestä tehdyt tutkimukset ovat olleet monimuotoiset. Kokeita on järjestetty pelto- ja kasvi-huoneolosuhteissa eri maissa ja erilaisilla materiaaleilla. Kokeet, joissa kasvuolosuhteet ovat olleet täysin kontrolloidut, ovat hyvin harvinaisia. Koska yhteneväisiä menetelmiä ei ole ollut, on saatuja tuloksia vaikea verrata toisiinsa. Myös erilaisiin olosuhteisiin sopeutuneiden lajikkeiden käyttäytymisen suhteessa päivänpituuteen ja lämpötilaan poikkeaa suuresti. Kokeiden toistettavuuden ja tulosten vertailtavuuden parantamiseksi on BLONDON (1985) koiranheinän kukkimiskehitystä tutkiessaan kehittänyt niin sanotun yksiverso -menetelmän (mono tiller method). Yksiversomenetelmässä koiranheinämätäs jaetaan ensin itsenäisiksi versoiksi, joissa on mukana mahdollisimman paljon juuria. Näitä itsenäisiä versoja kasvatetaan, ja niihin kehittyy lisää lehtiä ja hankasilmuja. Jatkuvasti kuitenkin poistetaan alin lehti ja sen hankasilmu. Verso koostuu silloin 4-5 näkyvästä lehdestä. Näin on saatu tuotetuksi yhtenäinen vegetatiivinen materiaali käsittelyjä varten. Menetelmällä on saatu täysin toistettavia tuloksia.

Yksiverso -menetelmä on käyttökelpoinen tutkittaessa perustavia fysiologisia reaktioita kukkimisessa. Siemenviljelyyn saatujen tulosten soveltaminen voi sen sijaan olla vaikeata. Kasvuston tiheydestä aiheutuva kilpailu ja versojen väliseen dominanssiin liittyvät tekijät voivat vaikuttaa huomattavasti verson kukinnan virittymisen jälkeiseen kukinnan erilaistumiseen ja kasvuun. Siemenviljelyn kannalta käyttökelpoisempia tuloksia saataisiin kasvustossa tehdyistä kokeista. Kasvustoilla tehtyjen kokeiden suorittaminen kasvatuskaapeissa ja kasvihuoneissa on vaikeaa. Talven olosuhteiden simulointi kasvustomittakaavassa on ilmeinen ongelma tutkimusmenetelmässä.

Menetelmien kirjavuuden lisäksi havaittavissa on myös terminologista horjuvuutta. Samoilla termeillä on tarkoitettu hieman eri asioita eri tutkimuksissa (EVANS 1969). Termien tarkkarajaisen käytön tekee vaikeaksi se, että esimerkiksi kukin-

nan virittymistä ei voida havaita tapahtuneeksi ennen kuin seuraavan vaiheen ensimmäiset ilmiöt ovat nähtävissä. Vaikka virittyminen on fysiologiselta luonteeltaan erotettavissa, sen tapahtumisajankohdan tarkka määrittäminen ei ole mahdollista.

Koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan on todettu muodostaneen röyhyjä hyvin vaihtelevissa olosuhteissa (katso kappaleet 3.3. ja 3.4.). Näiden heinien kukkimiseen virittymistä ei ole voitu osoittaa yhden ja vain yhden tekijän aikaansäämaksi reaktioksi. Kukkimiseen virittymistä on syytä tarkastella BERNIERin ym. (1981 b) hahmotteleman kukinnan virittymismallin pohjalta. Siinä huomio kiinnitetään useisiin kukintaa edistäviin ja ehkäiseviin tekijöihin. BERNIERin ym. malli ei tee röyhynmuodostusilmiötä selväksi, mutta se kuvaa tilanteen niin monivaiheisena prosessina kuin se todellisuudessa on.

Lyhyesti kukinnan ja röyhynmuodostuksen kehitys voidaan esittää seuraavasti. Koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan versojen kukinnan virittyminen tapahtuu nuoruusvaiheen päätyttyä syksyn lyhyessä päivässä ja/tai viileässä lämpötilassa. Kukka-aiheiden ja varren kasvu alkaa varsinaisesti vasta keväällä pitkässä päivässä. Vernalisoituminen kylmässä voi korvata lyhyen päivän induktion kokonaan tai osittain. Tutkimustuloksia siitä, voivatko versot talvikuukausien aikana vernalisoitua, ei ole käytettävissä. Lämpötila, kasvutiheys, ja ravinteiden saatavuus vaikuttavat kasvuston röyhynmuodostavien röyhyjen lukumäärään. Perimältään poikkeavilla materiaaleilla tekijöillä on erilaiset optimikohdat.

Suomessa yksi suurimmista vaikeuksista koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan siemenviljelyssä on ensimmäisen vuoden pieni siemensato. Ilmeisesti ensimmäisen nurmivuoden pieni siemensato on yhteydessä näillä heinillä esiintyvään nuoruusvaiheeseen. On tärkeää selvittää, millä kasvuasteella nuoruusvaihe päättyy ja miten kasvusto saadaan riittävän varhain saavuttamaan tämä kasvuaste ensimmäistä nurmivuotta edeltävä-

nä syksynä. Varsinaisten nurmivuosien oikean syyskäsitteilyn suorittamiseksi versojen nuoruusvaiheen kesto on niin ikään tiedettävä.

Siemensato riippuu ennen talvea muodostuneiden versojen lukumäärästä. Suomessa ennen talvea muodostuneiden versojen lukumäärä on ilmeisesti vielä määräävämpi tekijä kuin Keski-Euroopassa, koska meillä päivänpituus on kukinnan indusoitumiseksi epäsuotuisa kasvun alkaessa keväällä. LAMBERTin (1966a) koiranheinäkokeessa 88 prosenttia röyhyistä muodostui versoista, jotka olivat syntyneet syys-lokakuussa. MEIJERin (1984) mukaan Hollannissa tulisi niittynurmikalla ja punanadalla olla riittävä määrä versoja ennen joulukuuta, jotta röyhynmuodostus olisi seuraavan vuonna riittävä.

Riittävä versonmuodostus heti sadonkorjuun jälkeen muodostaa perustan seuraavan kasvukauden röyhynmuodostukselle. Viljelytekniset toimenpiteet, jotka lisäävät versomista syksyllä, vaikuttavat todennäköisesti edullisesti röyhyjen lukumäärään. Meidän oloissamme päivänpituus lyhenee syksyllä voimakkaasti, ja päivänpituuden vaikutus versojen kasvutapaan ja kasvuston rakenteeseen tulee ottaa tarkasteluissa huomioon.

Koiranheinän rehunurmilla on HUOKUNA (1964) todennut 3-4 niittokerran stimuloivan versomista yhteen niittokertaan verrattuna ja niittokorkeuden 5-7 cm olevan versojen muodostukselle suotuisimman. Koiranheinän siemennurmien odelman leikkuu tai leikkuaika ei kylläkään LAMBERTin (1966) kokeessa vaikuttanut versojen muodostukseen eikä siemensatoon. Olemassa on vaara nurmen kehittymisestä liian tiheäksi ja varjostavaksi. Erityisesti punanadan ja niittynurmikan röyhynmuodostuksen väheneminen vanhemmassa nurmessa arvioidaan olevan liian tiheäksi kehittyneen kasvuston aiheuttamaa (MEIJER 1984). Koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan syyskäsitteilyt ovat keskeisiä tutkimusaiheita.

Syksyn ja mahdollisesti varhaistalven aikana nuoruusvaiheen ohittaneet versot virittyvät kukkimaan. Kasvuston röyhynmuodostuskyky on silloin suurimmillaan. Jos kasvuston syyskäsit-

tely saadaan optimaaliseksi, tulisi joka vuosi vielä tässä vaiheessa olla mahdollisuudet runsaaseen röyhynmuodostukseen ja siemensatoon. Miksi sitten useina vuosina röyhynmuodostuskyky on seuraavan kasvukauden kesäkuuhun mennessä miltei tyystin kadonnut? Tekijöitä, jotka voivat vähentää kasvuston röyhynmuodostuskykyä on useita.

Kasvustot voivat olla alttiina koville pakkasille syksyllä ennen lumentuloa. Kovien pakkasten on todettu vioittaneen kukintojen kasvun aloittaneiden versojen kasvupisteitä (SASS ja SKOGMAN 1951, HODGSON 1966). Samanlainen - vieläpä vaarallisempi - tilanne voi esiintyä keväällä, jolloin lumi on sulanut ja on ollut jo useita lämpimiä päiviä, jonka jälkeen tulee kovia pakkasia. Koska pakkasen aiheuttama vioitus on spesifinen nimenomaan kukka-aiheisiin eikä kasvullisessa vaiheessa oleviin versoihin (HEIDE 1980), olisi tärkeätä tietää, milloin koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan kukka-aiheiden kasvu alkaa meidän oloissamme. Kukka-aiheiden kasvun alkamisajankohtaa ei ole toistaiseksi määritetty.

Suurimmalta osalta kukka-aiheiden kasvu alkaa keväällä pitkässä päivässä, mutta mielenkiintoinen on WILSON ja THOMASin (1971) koiranheinällä tekemä havainto, että alhaisessa lämpötilassa lyhyen valojakson aikana kehitys etenee asteittain aina kukintojen kasvuun ja röyhylletuloon saakka. Kun Suomessa on syksyllä lyhyen valojakson aikaan melko viileää, on mahdollista, että koiranheinän kukka-aiheet kehittyvät niin pitkälle, että ne vioittuvat syksyn ja talven pakkasissa. Sekä syksyn että kevään paleltumisriskiä voidaan vähentää sijoittamalla siemenviljely alueille, missä riskien esiintymistodennäköisyys on pieni. HEIDEn (1980) mukaan parhaat tulokset pohjoisten niittynurmikkalajikkeiden siemenviljelyssä on saavutettavissa oloissa, jossa talvi alkaa varhain ja paksu lumipeite kestää läpi talven ja kevät on melko myöhäinen. Tällöin kukkien kehitys syksyllä päättyisi varhaisessa vaiheessa, talvehtiminen olisi hyvä ja keväällä ei olisi altistumista lyhyille valojaksoille ja kohtuuttoman alhaisille lämpötiloille.

Pääosa maamme koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan siemenviljelytutkimuksista ja käytännön viljelystä on tehty alueilla, joissa SOLANTIEn (1985) kartoituksen mukaan jääpolte ja paleltumisriski on suuri. Siemenviljely mahdollisuuksia olisikin tutkittava Varsinais-Suomen lisäksi alueella, jossa jääpoltteelta ja syksyn, talven ja kevään pakkasvaurioilta voitaisiin välttyä. SOLANTIEn (1985) kartoituksen perusteella tällaisia alueita on runsaasti maan keski- ja itäosissa. Viljelypaikka tulisi sijoittaa myös suojaan pahimmilta keväthaloilta.

Koiranheinä, niittynurmikka ja punanata talvehtivat varsin hyvin paksun lumen oloissa, kun sienitaudit torjutaan ruiskutuksin. On tutkittava, voiko kukkimiseen virittyneen kasvin kyky röyhynmuodostukseen hävitä pitkäkestoinen talven aikana samoin kuin virittynyt tila on hävinnyt pitkäkestoisen pimeäjakson vaikutuksesta. Mahdollisesti osa virittyneistä versoista voi menettää virittyneen tilansa pitkän talven aikana.

Keväällä kasvu on voimakasta. Päivä on pitkä, valonvoimakkuus on suuri, lämpötila on korkea ja kosteutta on riittävästi. Voimakkaan kasvun aikaan korrenkasvuvaiheessa on kasvustossa myös versojen välinen kilpailu suuri ja versokuolleisuus suurimmillaan. Sopivan lannoituksen ja rivivälin merkitys on ilmeisesti suurin kevään kilpailutilanteessa, jotta mahdollisimman suureen osaan röyhynmuodostukseen kykenevistä versoista röyhy muodostuisi. Kevään korkeat lämpötilat saattavat joinakin vuosina olla röyhynmuodostukselle haitallisen korkeita. Kevään korkeiden lämpötilojen röyhyjen kehitystä ja kasvua häiritsevän vaikutuksen suuruus tulisi selvittää olosuhteissamme. Tähän liittyy tuholais tilanteen seuraaminen, sillä tuholaiset runsastuvat nopeasti lämpimän kevään oloissa.

TURNER ym. (1983) esittävät, että niittynurmikkalajikkeiden induktiovaatimusten tunteminen mahdollistaisi lajikkeiden siementuotannon sijoittamisen lajikkeille edullisimmille alueille. Suomessa viljeltävien lajikkeiden valojaksovaatimusten selvittäminen ei liene tarpeellista kotimaista

siemenviljelyä ajatellen. Lajike joko indusoituu tai ei indusoidu meidän oloissamme, sillä erot valo-oloissa mahdollisten viljelyalueiden välillä ovat pienet. Jos kotimaisista lajikkeista halutaan tuottaa siementä huomattavasti Suomea etelämpänä, saattavat erot päivänpituudessa aiheuttaa ongelmia kukinnan indusoitumiselle ja röyhyn esiintulolle. Kasvun loppuminen päivän pituuden lyhetessä saattaa altistaa kotimaiset lajikkeet taudeille etelämpänä viljeltäessä. Ulkomaista alkuperää olevien lajikkeiden röyhynmuodostuskyvyssä on havaittu erittäin suurta vaihtelua oloissamme. Tässä mielessä erilaisilla induktiovaatimuksilla voi olla huomattava merkitys viljelyn onnistumiselle.

Punanadan, niittynurmikan ja koiranheinän siemennurmet tulisi perustaa kasvupaikan olosuhteissa parhaiten siementä tuottavilla lajikkeilla (KÖYLIJÄRVI 1983, NIEMELÄINEN 1983 a ja b). Oikea lajikeratkaisu on välttämätön viljelyn onnistumiselle.

Syksyn lyhyt päivä ja suhteellisen alhainen lämpötila vaikuttavat koiranheinän, punanadan ja niittynurmikan kasvuston rakenteeseen ja fysiologiseen tilaan suuresti. Syksyn olosuhteissa kasvin aineenvaihdunta suuntautuu karaistumiseen. On avoin kysymys, voiko talveen valmistautuminen häiritä syksyllä kukinnan virittymiselle tarpeellisia prosesseja niin paljon, että riittävää kukinnan virittymistä ei tapahdu. Koiranheinällä, punanadalla ja niittynurmikalla kukinnan virittymisvaatimukset ovat tiukat, ja tilanne siinä mielessä on toinen kuin timoteilla, nurminadalla ja englanninraiheinällä, joilla röyhyttömyyttä ei olosuhteissamme esiinny.

Kasvutiheyteen vaikuttavilla kylvösiemenmäärällä ja rivivälillä on ilmeinen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhynmuodostukseen. Optimaaliseksi havaitun rivivälin ja siemenmäärän on todettu vaihtelevan hyvin paljon koepaikan mukaan (vert. CANODE 1972, NORDESTGAARD 1974 ja 1979). Nurmen kasvutiheys ei kuitenkaan voine olla maassamme esiintyneiden täysin röyhyttömien tai runsaasti valkoröyhyjä sisältävien kasvustojen aiheuttaja.

8. KIRJALLISUUTTA

- ABE, J. 1980. Varietal differences in cold tolerance of temperate grasses. *J. Jap. Soc. Grassl. Sci.* 25: 279-284.
- ANON. 1978. Principles of herbage seed production. Welsh Plant Breeding Station. Techn. Bull. 1. 149 p.
- ANON. 1983. Dyrkning af hundegraes. Danske Landboføreningers Frøforsyning. 4 p.
- BEAN, E. W. 1970. Short-day and low-temperature control of floral induction in Festuca. *Annals Bot.* 34: 57-66.
- BEDDOWS, A. R. 1968. Head emergence in forage grasses in relation to february-may temperatures and the predicting of early or late springs. *J. Brit. Grassl. Soc.* 23: 88-97.
- BERNIER, G., KINET, J-M. & SACHS, R. M. 1981 a. The physiology of flowering. Volume I. 149 p. Boca Raton.
- , KINET, J-M. & SACHS, R. M. 1981 b. Volume II. 231 p. Boca Raton.
- BLONDON, F. 1972. Facteurs externes et determinisme floral d'unclone de Dactylis glomerata L. *Phytoronique et prospective horticole*. p. 135-181. Paris. (Ref. HEIDE, O. 1980).
- 1985. Dactylis glomerata. Handbook of flowering. Volume II. p. 407-413. Boca Raton.
- BROUE, P. 1973. Flowering in Dactylis glomerata. I Photo-periodic requirement. *Aust. J. agric. Res.* 24: 677-684.
- & NICHOLLS, G. H. 1973. Flowering in Dactylis glomerata II Interaction of temperature and photoperiod. *Aust. J. agric. Res.* 24: 685-692.
- WILLIAMS, C. N., NEAL-SMITH, C. A. & ALBRECHT, L. 1967. Temperature and daylength response of some cocksfoot populations. *Aust. J. agric. Res.* 18: 1-13.
- BÜHRING, J. & NEUBERT, K. 1980. Results regarding the accelerated production of complete generations of Lolium perenne L. and Dactylis glomerata L. under artificial climate. *Proc. XIII Intern. Grassl. Cong. Leipzig. 1977.* DDR. p. 407-409.
- CAGAS, B., ROTREKL, J., BUMERL, J. & KLUMPAR, J. 1984. Bekämpfung der Weissährickeit in Vermehrungsbeständen der Futtergräser in der CSSR. Ertragserhöhung und Qualitätsverbesserung in der Saatgutproduktion. p. 446-455. Band 2. Halle.

- CALDER, D. M. 1963. Environmental control of flowering in Dactylis glomerata L. *Nature* 197: 882-883.
- 1964 a. Stage development and flowering in Dactylis glomerata L. *Annals Bot.* 28: 187-206.
 - 1964 b. Flowering behaviour of populations of Dactylis glomerata under field conditions in Britain. *J. appl. ecol.* 1: 307-320.
- & COOPER, J. P. 1961. Effect of spacing and nitrogen-level on floral initiation in cocksfoot (Dactylis glomerata L.) *Nature* 191: 195-196.
- CANODE, C. L., MAUN, M. A. & TEARE, I. D. 1972. Initiation of inflorescences in cool-season perennial grasses. *Crop Sci.* 12: 307-320.
- & PERKINS, M. 1977. Floral induction and initiation in Kentucky bluegrass cultivars. *Crop Sci.* 17: 278-282.
- COOPER, J. P. & CALDER, D. M. 1964. The inductive requirements for flowering of some temperate grasses. *J. Brit. Grassl. Soc.* 19: 6-14.
- DAVIDSON, J. L. & MILTHORPE, F. L. 1965. The effect of temperature on the growth of cocksfoot (Dactylis glomerata L.). *Annals Bot.* 29: 407-417.
- EAGLES, C. F. 1973. Effect of light intensity on growth of natural populations of Dactylis glomerata L. *Annals Bot.* 37: 253-262.
- ELLIOT, C. R. 1966. Floral induction and initiation in three perennial grasses. Ph.D. Thesis. Univ. Saskatchewan, Saskatoon. (Herb. Abstr. 38: 354.)
- EVANS, L. T. 1964. *Reproduction. Grasses & Grasslands.* p. 126-153. London.
- 1969. The nature of flower induction. The induction of flowering. Some case histories. p. 457-480. Victoria.
- FEDOROV, A. K. 1980. Generative development of perennial forage grasses under natural and controlled conditions. *Proc. XIII Intern. Grassl. Congr. Leipzig. DDR. 1977.* p. 229-230.
- FEJER, S. O. 1966. Growth and reproduction of New Zealand, Mediterranean, and hybrid Dactylis glomerata after short day and temperature treatments. *Can. J. Plant Sci.* 46: 233-241.
- GARDNER, F. P. & LOOMIS, W. E. 1953. Floral induction and development in orchardgrass. *Pl. physiol.* 28: 201-217.
- HANSON, A. A. & SPRAGUE, V. G. 1953. Heading of perennial grasses under greenhouse conditions. *Agron. J.* 45: 248-251.

- HEIDE, O. M. 1980. Studies on flowering in Poa pratensis L. ecotypes and cultivars. Meld. Norges Landbrukshogskole 59, 14. 27 p.
- HINTIKKA, V. 1985. Anthoperiodical investigations on fluctuations in flowering intensity of forest plants in successive years 1969-84 in South and Central Finland. Mimeogr. 80 p.
- HODGSON, H. J. 1966. Floral initiation in Alaskan Gramineae. Bot. Gaz. 127: 64-70.
- HOVIN, A. W., RINCKER, C. M. & WOOD, G. M. 1966. Breeding of nonflowering orchardgrass, Dactylis glomerata L. Crop Sci. 6: 239-241.
- HUOKUNA, E. 1964. The effect of frequency and height of cutting on cocksfoot swards. Ann. Agric. Fenn. 3. Suppl. 4. 83 p.
- HÅBJØRG, A. 1978. Climatic control of floral differentiation and development in selected latitudinal and altitudinal ecotypes of Poa pratensis L. Meld. Norges Landbrukshøgskole 57, 7. 21 p.
- 1979 a. Floral differentiation and development of selected ecotypes of Poa pratensis L. cultivated at six localities in Norway. Meld. Norges Lantbrukshøgskole 58, 4. 19 p.
 - 1979 b. Vegetative growth of selected latitudinal and altitudinal distant varieties of Poa pratensis L. cultivated at six localities in Norway. Meld. Norges Lantbrukshøgskole 58, 27. 18 p.
 - 1979 c. Seed production studies in latitudinal and altitudinal distant types of Poa pratensis L. cultivated at nine localities in Norway. Meld. Norges Lantbrukshøgskole 58, 28. 18 p.
- IKEGAYA, F. 1984. Flowering control in orchardgrass (Dactylis glomerata L.). Jap. Agric. Res. Quart. 17: 260-268.
- , SATO, S. & KAWABATA, S. 1979. Control of flowering of orchardgrass (Dactylis glomerata L.). I. Optimum temperature for floral-induction in seedling. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 15: 49-58.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1980 a. II. Influence of day-length on floral-induction, inflorescence differentiation and its development in seedling. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 16: 47-55.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1980 b. III. Influence of fertilizer application on responsiveness to floral-induction treatment in aged plant. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 17: 68-75.

- , SATO, S. & KAWABATA, S. 1981 a. IV. Aquirement of responsivness to floral-induction treatment in seedling. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 27: 139-146.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1981 b. V. Increase in responsivness to floral-induction treatment with plant-age after juvenile stage. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 27: 147-151.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1982 a. VI. Influence of temperature and day-length on floral-induction in aged plant. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 28: 182-187.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1982 b. VII. Reversal of floral-induction by high temperature. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 28: 265-271.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1983 a. VIII. Interaction of day-length and temperature for floral-induction and inflorescence differentiation in D. glomerata ssp. judaica. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 28: 413-419.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1983 b. IX. Influence of low temperature immediatly after floral induction treatment on heading behaviour. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 28: 420-425.
 - , SATO, S. & KAWABATA, S. 1983 c. X. Influence of floral-induction of main stem on heading behaviour of lateral tiller buds, and its difference among genotypes. J. Jap. Soc. Grassl. Sci. 29: 9-16.
 - , KAWABATA, S. & SATO, S. 1985. A method of accelerating generation-cycles in orchardgrass. Proc. XV Intern. Grassl. Congr. Kyoto. 1985. (in press).
- INAMI, S., SATO, S., IKEGAYA, F., KAWABATA, S. & ODA, T. 1985. Grouping of orchardgrass varieties by date of heading and yield-related characteristics. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 31: 18-30.
- KOZUMPLIK, V. & CHRISTIE, B. R. 1972 a. Completion of the juvenile stage in orchardgrass. Can. J. Pl. Sci. 52: 203-207.
- & CHRISTIE, B. R. 1972 b. Heading response of orchardgrass seedlings to photoperiod and temperature. Can. J. Pl. Sci. 52: 369-373.
- KÖYLIJÄRVI, J. 1983. Tuloksia nurmi- ja nurmikkoheinien siemenviljelystä. Lounais-Suomen koegaseman tied. 9. 49 p.
- LAMBERT, D. A. 1963. The influence of density and nitrogen in seed production stands of S37 cocksfoot (Dactylis glomerata L.). J. Agric. Sci. 61: 361-373.

- 1966 a. The effect of relating applications of nitrogen to the stage of development of cocksfoot (Dactylis glomerata L.) grown for production of seed. J. Brit. Grassl. Soc. 21: 127-134.
 - 1966 b. The effect of cutting cocksfoot (Dactylis glomerata L.) grown for production of seed. J. Brit. Grassl. Soc. 21: 200-207.
 - 1967. Cocksfoot (Dactylis glomerata) grown for production of seed. Annals Bot. 31: 371-383.
- LANGER, R. H. M. 1979. How grasses grow. Studies Biol. 34. 66 p.
- & LAMBERT, D. A. 1959. Ear-bearing capacity tillers arising at different times in herbage grasses grown for seed. J. Brit. Grassl. Soc. 14: 137-140.
 - & LAMBERT, D. A. 1963. The physiological significance of population density in grass seed production. J. Brit. Grassl. Soc. 18: 177-180.
- LARSEN, A. 1979. Freezing tolerance in grasses. Meld. Norges Landbrukshogskole 58, 42. 28 p.
- LINDSEY, K. E. & PETERSON, M. L. 1962. High temperature suppression of flowering in Poa pratensis L. Crop Sci. 2: 71-74.
- & PETERSON, M. L. 1964. Floral induction and development in Poa pratensis L. Crop Sci. 4: 540-544.
- LIVINGSTON, J. E. & SWINBANK, J. C. 1950. Some factors influencing the injury to winter wheat heads by low temperature. Agron. J. 42: 153-157.
- LÜTKE-ENTRUP, E. & SCHRIMPF, K. 1964. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Witterung und Grassamenerträgen. Z. Acker Pfl.bau 118: 293-320.
- McWILLIAM, J. R. & JEWISS, O. R. 1973. Flowering of S.24 perennial ryegrass (Lolium perenne L.) in short days at low temperature. Annals Bot. 263-265.
- MEIJER, W. J. M. 1984. Inflorescence production in plants and in seed crops of Poa pratensis L. and Festuca rubra L. as affected by juvenility of tillers and tiller density. Neth. J. Agric. Sci. 32: 119-136.
- MURRAY, J. J., WILTON, A. C. & POWELL, J. B. 1973. Floral induction and development in Festuca rubra L. Differential clonal response to environmental conditions. Crop Sci. 13: 645-648.
- NIEMELÄINEN, O. 1983 a. Koiranheinän siemenviljely vaikeaa. Koetoim. ja Käyt. 20.12.1983.

- 1983 b. Nurmikkoheinien siemenviljelyssä on lajike yksi riskitekijä. Käytännön maamies 32, 12: 22-25.
- NORDESTGAARD, A. 1974. Frøavlsforsøg i rammer med hundegras, engsvingel og engrapgras. Tidsskr. Planteavl 78: 116-130.
- 1979. Såmangdeforsøg ved frøavl af hundegras (Dactylis glomerata). Tidsskr. Planteavl 83: 111-122.
 - 1983. Samnordiske frøavlsforsøg med sorter av engrapgræs (Poa pratensis) og rod svingel (Festuca rubra). Tidsskr. Planteavl 87: 429-444.
- OBRAZTSOV, A. S., KOVALEV, V. M., GOLOVATY, V. G. & KHUDYAKOVA, KH. K. 1980. The influence of temperature, soil moisture content, and mineral supply on growth and some fractions of the chemical composition of cocksfoot (Dactylis glomerata L.). Proc. XIII Intern. Grassl. Congr. Leipzig. DDR. 1977. p. 235-237.
- ONG, C. K. 1978. The physiology of tiller death in grasses. 1. The influence of tiller age, size and position. J. Brit. Grassl. Soc. 33: 197-203.
- , MARSHALL, C. & SAGAR, G. R. 1978 a. 2. Causes of tiller death in a grass sward. J. Brit. Grassl. Soc. 33: 205-211.
 - ¹⁴COLVILL, K. E. & MARSHALL, C. 1978 b. Assimilation of ¹⁴CO₂ by the inflorescence of Poa annua L. and Lolium perenne L. Annals Bot. 42: 855-862.
- PETERSON, M. L. & LOOMIS, W. E. 1949. Effect of photoperiod and temperature on growth and flowering of Kentucky bluegrass. Pl. Physiol. 24: 31-34.
- POHJAKALLIO, O., ANTILA, S. & ULVINEN, O. 1959 a. On pathological phenomena caused by lack of energy in certain grasses. Acta agric. Scand. 9: 111-128.
- , ANTILA, S., HALKILAHTI, A-M. & KARHUVAARA, L. 1959 b. Acute starvation of plant tissues caused by lack of energy. Acta agric. Scand. 9: 413-420.
 - , KLEEMOLA, S. & KARHUVAARA, L. 1960. On a cause of physiogenic total whiteheads in some grass species. Acta agric. Scand. 10: 153-167.
 - & KLEEMOLA, S. 1961. Nurmiheinien kokonaisvalkotähkäisyydestä. Maat. ja Koetoim. 15: 161-173.
- PULLI, S. 1983. Punanadan siemenmuodostus ja valkotähkäisyys. Koetoim. ja Käyt. 20.9.1983.
- ROGNLI, O. A. & STAVEN, E. 1979. Virkning av så- og plantetid på blomsterdifferensieringen og viktige avlingsbestemmende karakterer ved frøavl av engrapp (Poa pratensis L.) i Bardu og Ås. M. Sc. Thesis, Agric. Univ. Norway. 155 p. (Ref. Heide, O. 1980).

- RYLE, G. J. A. 1967. Effects of shading on inflorescence size and development in temperate perennial grasses. *Ann. appl. Biol.* 59: 297-308.
- SAALAS, U. 1943. Maatalouden tuho- ja hyötyeläimet. Helsinki. 497 p.
- SASS, J. E. & SKOGMAN, J. 1951. The initiation of the inflorescence in Bromus inermis (Leyss). *Iowa State J. Sci.* 25: 513-519.
- SOLANTIE, R. 1985. Viljelykasvien ilmastollisten talvehtimisriskien alueellisuudesta Suomessa. *Maat.hall. Aikak.* 15, 4: 20-26.
- TURNER, J. K., CHILCOTE, D. O. & FRAKES, R. V. 1983. Reproductive growth and development in selected Kentucky bluegrass cultivars under different environmental conditions. *J. Appl. Seed Production* 1: 43-46.
- VALLE, O. 1964. Kesän 1964 kokemuksia koiranheinän siemenurmilta. *Koetoim. ja Käyt.* 21, 12: 41.
- VINCE-PRUE, D. 1985. What do we know about the fundamental physiological causes and mechanisms in relation to flower induction and development. *NJF-utredning/Rapp.* 22. *Blomstringsregulering.* p. 16-35.
- WILSON, D. & THOMAS, R. G. 1971. Flowering responses to daylength and temperature in Dactylis glomerata L. *N. Z. J. Bot.* 9: 307-321.
- WILSON, J. R. 1959. The influence of time of tiller origin and nitrogen level on the floral initiation and ear emergence of four pasture grasses. *N. Z. J. agric. Res.* 2: 915-932.
- WYCHERLEY, P. R. 1952. Temperature and photoperiod in relation to flowering in three perennial grass species. *Meded. Landb.Hogesch.* 52: 75-92.

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 stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. 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. Jordanalysermetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUUOMA, 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 MTTK: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 tomaatilla. 21 p.
6. VIJORINEN, 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. Kuonakalkituskokeiden 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 näytteiden 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 fosforilisa oljen kompostoinnissa
II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina
III Kompostin arvo lannoitteena

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y.
Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa
1970 - luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuus-
tutkimus. 38 p.
6. TURTOLO, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus
typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typhen 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 ammoniakkin sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. &
VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 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. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.
15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä
sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.

17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet.
Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-84.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaina kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmissa. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M.
Eri säilötäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M.
Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, Urea-Fosforihappo-Viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soiijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä.
Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa.
24 p. + 2 liitettä.

2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus.
Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista
nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-84. 48 p.

7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus
koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen.
Kirjallisuustutkimus. 51 p.

