



Viljojen kehityksen ja kasvun ABC

Pirjo Peltonen-Sainio, Ari Rajala
ja Risto T. Seppälä



Maa- ja elintarviketalous 67
72 s.

Viljojen kehityksen ja kasvun ABC

Pirjo Peltonen-Sainio, Ari Rajala ja Risto T. Seppälä

ISBN 951-729-954-0 (Painettu)
ISBN 951-729-955-9 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)
www.mtt.fi/met/pdf/met67.pdf

Copyright

MTT

Pirjo Peltonen-Sainio, Ari Rajala ja Risto T. Seppälä

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Kasvinviljely, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2450, telekopio (03) 4188 2437

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2005

Kannen kuva

Risto T. Seppälä

Painopaikka

Vammalan Kirjapaino Oy

Viljojen kehityksen ja kasvun ABC

Pirjo Peltonen-Sainio¹⁾, Ari Rajala¹⁾ ja Risto T. Seppälä²⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, pirjo.peltonen-sainio@mtt.fi, ari.rajala@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristötutkimus, 31600 Jokioinen, risto.t.seppala@mtt.fi

Tiivistelmä

Tämä perusteos valottaa monipuolisesti viljakasvin kehitys- ja kasvutapahtumia koko elinkaaren ajalta, itämisestä uuden siemensadon tuottamiseen asti. Teos perehdyttää käsitteisiin sekä kuvailee niin perimän, kasvuolojen kuin viljelymenetelmienkin roolia kehitys- ja kasvutapahtumissa. Samalla kerrotaan, mitä tapahtumia viljelijä tai kasvinjalostaja voi hallita ja mistä määrää ”luontoäiti”. Viljakasvin rakennetta, erilaistumista ja kasvua havainnollistavat lukuisat piirrokset ja yksityiskohtia paljastavat valokuvat. Myös kehitys- ja kasvutapahtumien etenemistä esitellään, samoin niiden pohjalta rakennettuja kasvu- ja kehitysasteikoita. Ne nivovat yhteen moninaiset tapahtumasarjat, mutta myös yksinkertaistavat totuutta. Kehitys- ja kasvutapahtumien vuorovaikutusta havainnollistetaan ja näin paljastetaan viljojen menestymisen ja sadontuoton osittain kätkeytyäkin piirteitä kasvuoloissamme. Tarkastelussa otetaan vahvasti huomioon Suomen kasvuolot. Missään muualla viljat eivät kasva vastaavissa olosuhteissa. Siksi muualla tuotettua, sinällään arvokasta, tietoa ei voida suoraan soveltaa oloissamme. Lopuksi annetaan käytännön ohjeita kehitysvaiheiden määrittäystä varten. Apuna ovat niin piirrokset kuin valokuvatkin kaikkien kevätviljojemme, eli kauran, ohran ja vehnän, kehitysvaiheista. Lisäksi mukana on luettelo alan termeistä englanniksi ja ruotsiksi.

Avainsanat: viljakasvit, kaura, ohra, vehnä, ruis, kasvifysiologia, kasvinosat, kehitysvaiheet, siemen, itäminen, kukinta, taimettuminen, tuleentuminen, versominen, kasvusto, tähhä, kukinto, sato, verso, kasvukausi, lämpösumma, päivänpituus, sadanta, viljelytekniikka, kasvinjalostus

ABC of cereal development and growth

Pirjo Peltonen-Sainio¹⁾, Ari Rajala¹⁾ and Risto T. Seppälä²⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, pirjo.peltonen-sainio@mtt.fi, ari.rajala@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, risto.t.seppala@mtt.fi

Abstract

ABC of cereal development and growth is a basic text that provides comprehensive information on development and growth of cereals. The book places particular emphasis on spring barley, oat and wheat. Development and growth processes are covered from germination and seedling emergence to ripening and maturity. This book familiarizes the reader with basic concepts and describes the role of the genome, growth conditions and crop management practices used in controlling cereal development and growth. The aim is to increase understanding of the processes that are especially responsive to management, those which can be altered by plant breeding and others that are solely under natural control. Furthermore, the book describes the structure of a cereal plant and details how different organs are differentiated prior to their growth. Numerous development and growth stages have been illustrated with drawings and photographs. In addition, formation of plant stands and yield are characterized. Different development and growth scales are described and compared. Individual growth stages are described in terms of a complete process. Interactions and interrelationships between different development and growth phases are discussed with emphasis on northern growing conditions, which are exceptional in many ways. Finally we provide practical instructions to assist in identification of particular cereal developmental stages. Numerous drawings and photographs make this easier. This book is written in Finnish, but the terminology used is also given in Swedish and English in an appendix.

Key words: barley, oat, rye, wheat, vegetative phase, generative phase, development, development stage, development phase, growth, growth stage, development scale, plant stand, ear, head, panicle, inflorescence, yield component, main shoot, tiller, tillering, growing season, growing conditions, degree days, temperature, day length, precipitation, crop management, plant breeding

Alkusanat

Käsillänne oleva *Viljojen kehityksen ja kasvun ABC* on nimensä mukaisesti perusteos, joka on laadittu maatalousalan, erityisesti viljasektorin nykyisten ja tulevien asiantuntijoiden käyttöön. Kirjoittajat ovat pyrkineet kuvaamaan viljojen kehitys- ja kasvutapahtumien keskeiset vaiheet sekä valottamaan eri vaiheiden ja tapahtumien merkitystä kokonaisuuden, erityisesti viljojen menestymisen ja sadonmuodostuksen kannalta. Käsikirjassa kerrotaan esimerkkien avulla, kuinka muutamat keskeiset viljelymenetelmät vaikuttavat kasvustojen rakentumiseen. Emme kuitenkaan tavoittele kattavuutta tältä osin, sillä teos ei pyri antamaan varsinaisia ”viljelyohjeita”. Kirjoittajien tavoite on itse asiassa juuri päinvastainen. Halusimme koota yhteen ja päivittää tiedot sekä entisestäään kirkastaa näkemyksiä siitä, kuinka viljat kehittyvät, kasvavat ja rakentavat satoa. Erityisenä tavoitteena oli ymmärtää kuinka Suomen kasvuolot vaikuttavat näihin tapahtumiin, koska viljelymme tapahtuu olosuhteissa, joihin ei suoraan voida soveltaa muualla tuotettua kehitys- ja kasvutapahtumatietoutta - sen enempää kuin kasvuston rakentumisenkaan piirteitä.

Tämä teos on tehty korvaamaan aikaisemmin julkaistun oppaan nimeltään *Viljojen kehitysvaiheet ja niiden seuranta* (Peltonen-Sainio 1990). Päivitetyn tiedon ja uudenlaisen lähestymistavan lisäksi *Viljojen kehityksen ja kasvun ABC* tarjoaa lukijalle edeltäjästään poiketen hyvin monipuolisen kokoonpanon valokuvia. Näillä pyritään evästämään kehitysvaiheiden tunnistustyötä sekä valottamaan ja konkretisoimaan viljakasvin rakennetta ja siinä tapahtuvia muutoksia.

Kirjoittajien toiveena on, että jokainen lukija onnistuu hyödyntämään teosta monipuolisesti omassa toiminnassaan ja soveltamaan tietoa antamiemme esimerkkitapauksia selvästi monipuolisemmin. Teos palvelee laajasti kasvin tuotantoalan opiskelijoita niin ammattikorkeakouluissa kuin yliopistoissa heidän perehtyessään viljakasvuston rakentumisen saloihin, mutta myös neuvontaa, viljelijöitä, tutkijoita, kasvinjalostajia, tuote- ja menetelmäkehittäjiä sekä lukuisia muita vilja-alan toimijoita.

Toivotamme miellyttäviä lukuhetkiä teoksen parissa.

Jokioinen 28.1.2005

Kirjoittajat



Tiedä mitä kylvät.



LAATUSIEMENTÄ VILJELIJÄLLE



RAISIO

RESEPTI MAKOISAAN ELÄMÄÄN.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	11
2 Kehittymisestä kasvuun, suvuttomasta suvulliseen.....	12
3 Perimän, kasvuolojen ja viljelymenetelmien rooli.....	13
4 Viljakasvin rakenne.....	15
5 Suvuttoman ja suvullisen kehittymisen pääpiirteet	21
6 Kehitys- ja kasvutapahtumat asteikoiksi puettuna	30
6.1 Kasvua kuvaavat asteikot	31
6.1.1 Feeksin ja Largen asteikko	32
6.1.2 Zadoksin asteikko.....	33
6.2 Kukinnan kehittymistä kuvaavat asteikot	36
7 Kehitys- ja kasvutapahtumien saman-aikaisuus ja vuorovaikutus	46
8 Käytännön ohjeita määrittelytyöhön.....	50
9 Kirjallisuus	54
10Liitteet	58

1 Johdanto

Viljakasvien kehitys- ja kasvutapahtumien tuntemus ja niiden kasvukauden aikainen seuranta ovat avainasemassa, kun pyrimme ymmärtämään kasvin toimintaa ja reaktioita erilaisiin tuotantotilanteisiin - oli kyseessä sitten ihmisen tuottamat tai ympäristön tarjoamat kasvutekijät. Ymmärrys on välttämätön lähtökohta, jotta onnistumme mahdollisimman hyvin ennakoimaan odotettavissa olevat muutokset viljojen kasvuston ja sadon rakentumisessa ja siten lyhyelläkin varotusajalla sopeutumaan uuteen tilanteeseen. Perimmäisenä tavoitteena tuotantoympäristön muuttuessa on valmius toimia rationaalisesti, kustannustehokkaasti sekä ympäristön kannalta mahdollisimman edullisesti. Tämä edellyttää ennakoimista sen sijaan, että nojaisimme yksinomaan myöhemmässä vaiheessa kertyneeseen kokemukseen.

Ennakoimistarvetta edellyttävät muun muassa uusien viljelymenetelmien kehittäminen ja käyttöönotto sekä varautuminen lyhyen ja pitkän aikavälin muutoksiin kasvuoloissamme. Laajamittainen siirtyminen suorakylvöön on tyypillinen esimerkki viimeaikaisesta viljelytoiminnassa tapahtuneesta muutoksesta, jolla on huomattava vaikutus kasvien kasvuun ja sadon rakentumiseen. Monien alan toimijoiden ennakoimista tarvitaan myös jatkuvasti, kun kohtaamme kasvukaudellemme tyypillistä kasvuolojen vaihtelua. Kauaskantoisen esimerkki on puolestaan sopeutuminen ilmastonmuutokseen. Tämän perusteoksen voi nähdä työkaluna, jolla viljelykäytäntöjen ja kasvuolojen muutosten tuomia vaikutuksia ja suuntaa voidaan ennakkoon arvioida. Näin se toivottavasti ohjaa nopeammin oikeille poluille, vaikkei toki poista empiirisen tutkimuksen tarpeita rakennettujen teorioiden ja oletusten todentamiseksi.

Seuraavien lukujen keskeisin tavoite on valottaa viljojen kehitys- ja kasvutapahtumia sekä antaa omalta osaltaan lisäeväitä sadon rakentumisen ymmärryksen tiellä. Näiden tapahtumien huomioiminen on tärkeää ajoitettaessa viljelytoimia, erityisesti kasvinsuojelutoimenpiteitä. Viljojen kehitysvaiheiden tuntemus on myös avainasemassa, kun erilaisia kasvuoloja kohdanneista tutkimusaineistoista pyritään löytämään olosuhteiden ylitse menevä, yhdistävä tekijä.

2 Kehittymisestä kasvuun, suvuttomasta suvulliseen

Kehittyminen ja kasvu sekoitetaan usein arkikielessä, vaikka ne käsitteinä eroavatkin toisistaan. Kehittyminen edeltää aina kasvua. **Kehittyminen** johtaa erilaistumisen kautta uudenlaisen solukon rakentumiseen. Kehittymisessä luodaankin aina jotain uutta, kuten uusi lehti tai kukka-aihe. Erilaistumista seuraa **kasvu**, kun erilaistunut kasvinosa suurenee kooltaan solujen laajentumisen myötä. Tämä tapahtuu niin perimän kuin vallitsevien kasvuolojen sallimissa rajoissa. Vaikka kehittyminen ja kasvu ovatkin tapahtumina erotettavissa toisistaan, etenevät ne osittain samanaikaisesti: osa erilaistuvan kasvinosan soluista lähtee jo kasvamaan, osan yhä erilaistuessa aktiivisesti jakaantuvasta meristeemisolukosta. Kehittyminen johtaa kvalitatiivisiin (laadullisiin tai lukumäärällisiin) muutoksiin, kun kasvu tarkoittaa kvantitatiivisia (massaa lisääviä) muutoksia.

Kasvin kehittyminen tuottaa tuloksenaan **suvuttomia eli vegetatiivisia** ja **suvullisia eli generatiivisia** kasvinosia. Kun kasviin ei ole erilaistumassa suvullisia lisääntymisyksiköitä eli jyviä, on kyseessä vegetatiivinen kehitys- ja kasvuvaihe. Kun ensimmäiset tähkylän aiheet erilaistuvat kukintoon - eli viljan kukintorakenteesta riippuen joko tähkään tai röyhyyn, katsotaan kasviyksilön siirtyneen suvuttomasta suvulliseen kehitysjaksoon. Tämä siitäkkin huolimatta, että kasviin yhä erilaistuu myös suvuttomia kasvinosia, esimerkiksi sivuverson lehtiaiheita. Onkin hyvä muistaa, että erilaisia **kehitys- ja kasvuvaiheita sekä niistä rakentuvia pidempikestoisia jaksoja kuvaavat asteikot** ovat aina kompromisseja ja huomattavia yksinkertaistuksia vallitsevasta moniulotteisesta tilanteesta.

- Kehittyminen edeltää kasvua
- Kehittyminen on uusien kasvinosien erilaistumista ja se johtaa kvalitatiivisiin muutoksiin kasvin rakenteessa
- Kasvu on erilaistuneiden kasvinosien massan lisääntymistä eli kvantitatiivisia muutoksia
- Kehittyminen on suvutonta tai suvullista
- Kehitys- ja kasvuvaiheista rakentuu jaksoja, joiden muodostamaa kokonaisuutta kuvataan erilaisin asteikoin
- Kehitystä ja kasvua kuvaavat asteikot ovat aina yksinkertaistuksia

3 Perimän, kasvuolojen ja viljelymenetelmien rooli

Kasvin perimä luo puitteet, joiden rajoissa kasvi kykenee toimimaan ja reagoimaan kulloinkin vallitseviin kasvuoloihin. Eräs esimerkki on viljalajien ja -lajikkeiden perinnölliset erot herkkyydessä reagoida päivänpituuteen. Useat lauhkean vyöhykkeen viljat vaativat vähimmäispäivänpituuden siirtyäkseen suvuttomasta suvulliseen kehitykseen, mutta poikkeuksena ovat niin sanotut päiväneutraalit lajikkeet.

Kasvinjalostus on ihmisen ohjaamaa hyötykasvien evoluutiota. Siinä valitaan - tai sen myötä valikoituu - kasvurytmiltään kulloisiinkin oloihin parhaiten sopeutuneet aineistot. Tällöin kasvin kehittyminen ja kasvu, siirtyminen suvuttomasta suvulliseen kehitysjaksoon, tähkälle tulo ja sadon kypsyminen noudattavat mahdollisimman hyvin kyseisten kasvuolojen sallimia rajoja. Juuri tästä syystä onkin äärimmäisen tärkeää, että Suomen poikkeuksellisissa kasvuoloissa on omaa kasvinjalostusta.

Kasvuolot. Kasvin kehittyminen on päivänpituuden ja lämpötilan määräämää, joskin perimän suomissa rajoissa. Päivänpituus on vuodesta toiseen muuttumaton tekijä, kun taas lämpötila vaihtelee kasvukaudesta toiseen. Tämän takia samalla kasvupaikalla (leveysasteella) vuotuiset erot viljojen kehityksrytmissä selittyvät täysin lämpösumman kertymisen eroilla. Kehityksen lämpötilariippuvuuden vuoksi viljelytoimia ei voida ajoittaa kasvin kannalta toistuvasti samoin kuin ainoastaan seuraamalla lämpösumman kertymää.

Suomi on pohjoisin laaja-alaista kasvinviljelyä harjoittava maa. Kasvinviljelyä harjoitetaan muissa Pohjoismaissa kokonaan tai suurelta osin Suomea eteläisemmillä alueilla. Missään muualla maailmassa viljan viljely ei sijoitukaan leveysasteille, joilla päivä olisi kasvukauden aikana yhtä pitkä kuin Suomessa. Mitä pidempi päivä sitä nopeammin viljat kehittyvät. Oloissamme viljat siis kehittyvät ainutlaatuisella tavalla. Lisää kiivautta kehityksrytmiin tuo kylvöjen jälkeen ilmenevät eurooppalaisittain yllättävän korkeat, lämpimän Golf-virran aikaansaamat vuorokauden keskilämpötilat. Nämä kasvuoloillemme tyypilliset kaksi avaintekijää yhdessä mahdollistavat ylipäätään viljanviljelyn näin poikkeuksellisen korkeilla leveysasteilla.

Kiivas kehityksrytmi on Suomen kasvintuotannon edellytys, mutta siitä maksetaan myös hinta, alhaisempi satopotentiaali (Peltonen-Sainio ym. 2003). Kasvi ehtii erilaistamaan lyhyessä ajassa vähemmän sato-osia, eivätkä meillä tuotetut tähkät onnistu kilpailemaan jyvämäärällään Keski-Euroopan oloissa tuotettujen kanssa. Toisaalta pääverson kasvun ollessa kiihkeätä, sivuversot eivät pysy pääverson vauhdissa vaan kehittyvät jälkijunassa. Sivuverson kehityttömyys yltää pääverson tasolle sadontuottokyvyssään on johtanut poik-

keuksellisen suuren kylvösiemenmäärän käyttöön Suomen kasvuoloissa. Näin voidaan turvata pääversoaltaisuus, satoisuus ja kasvustojen tasalaatuisuus.

Viljelymenetelmien käytön perimmäinen tarkoitus on hallita viljelyoloja sekä hyödyntää ja ilmentää mahdollisimman täysmittaisesti viljelykasvien arvokkaat, perinnölliset ominaisuudet. Viljojen kehittymistapahtumien etenemistä ei voi kuitenkaan hallita viljelymenetelmin, vaan kehittyminen etenee perimän, päivänpituuden ja lämpötilan määrääminä kuin 'juna raiteillaan', viljelijän toimista riippumatta.

Vaikka viljojen kehitysrytmi on - lajikevalintaa lukuun ottamatta - viljelijän vaikutusmahdollisuuksien ulkopuolella, voi hän valinnoillaan ja käyttämillään tuotantopanoksilla suuresti vaikuttaa eri kehitysjaksojen aikaiseen tuotantokykyyn, kuten jyviksi kehittyvien kukkien määrään ja jyvien kasvuun. Kohdentamalla viljelymenetelmät oikein, viljelijä tukee kasvin kasvua, edistää satopotentiaalin toteutumista ja avittaa sadon rakentumista kulloisissakin kasvuoloissa.

Vaikka typen ja veden saatavuus ovatkin keskeisiä sadontuottoon vaikuttavia tekijöitä, ei niitä säätelemällä voida vaikuttaa siihen, millä vauhdilla kehittyminen etenee ja miten nopeasti kasvi tulee esimerkiksi tähkälle. Kasvin vesi- ja typpitalouden hallinnalla vaikutetaan kuitenkin siihen, miten kasvi onnistuu hyödyntämään kasvupotentiaalinsa: kuinka paljon se tuottaa kukkia eli tulevia jyvääihteitä tähkälle tuloon mennessä ja kuinka se siitä eteenpäin onnistuu jyvät täyttämään. Vaikka veden ja typen saatavuus eivät vaikuta kehitysnopeuteen ennen tähkälle tuloa, säätelevät ne voimakkaasti kasvustojen tuleentumisesta. Tyypillisenä esimerkkinä mainittakoon liiallisen typen aiheuttama kasvustojen viivästynyt tuleentuminen ja toisaalta kuivuuden aiheuttama pakkotuleentuminen. Samoin viljelijä onnistuu kasvitaudit torjumalla pitämään lehdistön yhteyttämiskykyisenä perimän määräämään tuleentumishetkeen saakka ja siten estämään jyvien täyttymisen ennenaikaisen päättymisen ja jyväkoon pieneksi jäämisen.

Suomessa tehdyt tutkimukset tukevat näkemystä, ettei ankarakaan kuivuus tai typenpuute vaikuta viljojen kehitysrytmiin. Kauraa tutkittiin kokeissa, joissa vedensaanti oli säädeltyä. Vaikka kuivuus heikensi kasvin kasvukykyä ja röyhyn jyvämäärää huomattavastikin, kehitysrytmi ei muuttunut (Peltonen-Sainio 1991). Samoin typen saatavuus vaikutti suuresti vehnän ja kauran jyvämäärään ja satoon, muttei lainkaan kehitysrytmiin (Peltonen-Sainio & Peltonen 1995). Tämä tarkoittaa väistämättä, että hyvässä vesi- ja ravinnetilassa kasviin erilaistuu samanaikaisesti enemmän satokomponentteja.

- Kasvi reagoi vallitseviin kasvuoloihin perimänsä sallimissa rajoissa
- Päivänpituus ja lämpötila säätelevät kehitystapahtumien etenemistä
- Viljelymenetelmin pyritään hallitsemaan kasvuoloja ja hyödyntämään mahdollisimman täysmittaisesti viljelykasvien arvokkaat, jalostuksella aikaansaadut perinnölliset ominaisuudet

4 Viljakasvin rakenne

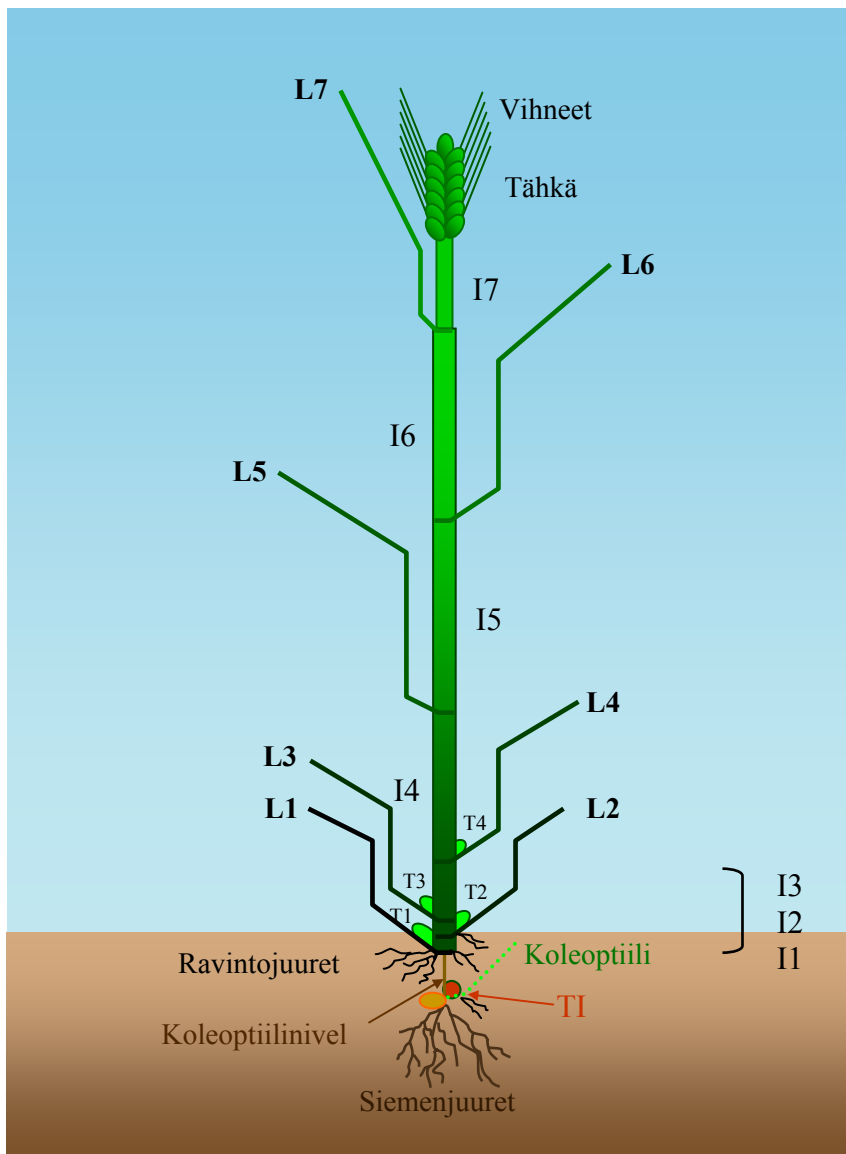
Viljat kuuluvat heinäkasveihin, joten niillä on kyseiselle kasviryhmälle tunnusomaiset rakenteelliset piirteet: ontto, nivelistä ja nivelväleistä koostuva korsi, kasvutilan tehokkaasti hyödyntävä versontakyky sekä kukintona tähkä tai röyhy. Seuraavassa lyhyt kooste viljakasvin tärkeimmistä rakenneosista.

Juuret. Viljakasvin juuristo muodostuu siemen- ja ravintojuurista. Näistä siemenjuuret lähtevät nimensä mukaisesti siemenen tuntumasta ja tunkeutuvat syviin maakerrokseen päätehtävänä kasvin veden saannin turvaaminen. Ravintojuuret sijoittuvat erityisesti ruokamultakerrokseen ja huolehtivat suurelta osin kasvin ravinteiden saannista. Myös versojen tyvelle muodostuu ravintojuuria (Kuva 1).

Lehti. Viljakasvissa on yhtä monta lehteä kuin korressa on niveliä. Lehti on rakenteeltaan kaksiosainen. Lehden kiinnittymiskohdan eli nivelen yläpuolisen nivelvälin ympärille kietoutuu lehtituppi ja korresta poispäin erkane lehtilapa. Lehtitupen ja -lavan yhtymäkohdassa ovat laji- ja myös lajiketypillisiä piirteitä omaavat kieleke ja korvake (Kuva 2), joista jälkimmäinen puuttuu kauralta.

Korsi. Viljakasvin korsi on ontto. Se sisältää niveliä eli solmuja ja nivelvälviä. Pullistunut nivel on lehden kiinnittymiskohta. Siemenen välittömässä läheisyydessä sijaitsevaa ensimmäistä niveltä kutsutaan koleoptiilinineleksi. Sen yläpuolinen nivelväli (koleoptiilinineleväli) pidentyy, kunnes kasvi saavuttaa maanpinnan. Kasvin tyvellä olevat nivelet ovat hyvin lähellä toisiaan, koska niiden väliset nivelvälit eivät pitene. Siksi viljakasvi pensastuu eli versoo aivan maanpinnan läheisyydessä. Vasta kolmas tai neljäs nivelväli lähtee pitenemään. Mitä ylempänä nivel on, sitä voimakkaammin nivelväli pitenee. Kolme ylintä nivelväliä pidentyvät erityisen runsaasti.

Verso. Jokaisessa kasvin nivelessä on, itutuppinivel mukaan lukien, sivuvernon aihe. Tämä on sijoittuneena jokaisen lehden, myös suojuslehtenä toimivan itutupen lehtihankaan. Suotuisissa kasvuoloissa sivuversonaiheesta



Kuva 1. Viljakasvin rakenne. T1=ltutupen nivelestä kasvava verso; I1-I7=nivelvälit kehitysjärjestyksessä; T1-T4=sivuversojen aiheet samalla numerolla olevan lehtensä hangassa; L1-L7=lehdet kehitysjärjestyksessä siten, että L1=sirkkalehti ja L7=lippulehti. Versoa kuvaava lyhenne T tulee englanninkielisestä sanasta *tiller* ja nivelväliä kuvaava lyhenne I sanasta *internode*. (Kuva: Pirjo Peltonen-Sainio)

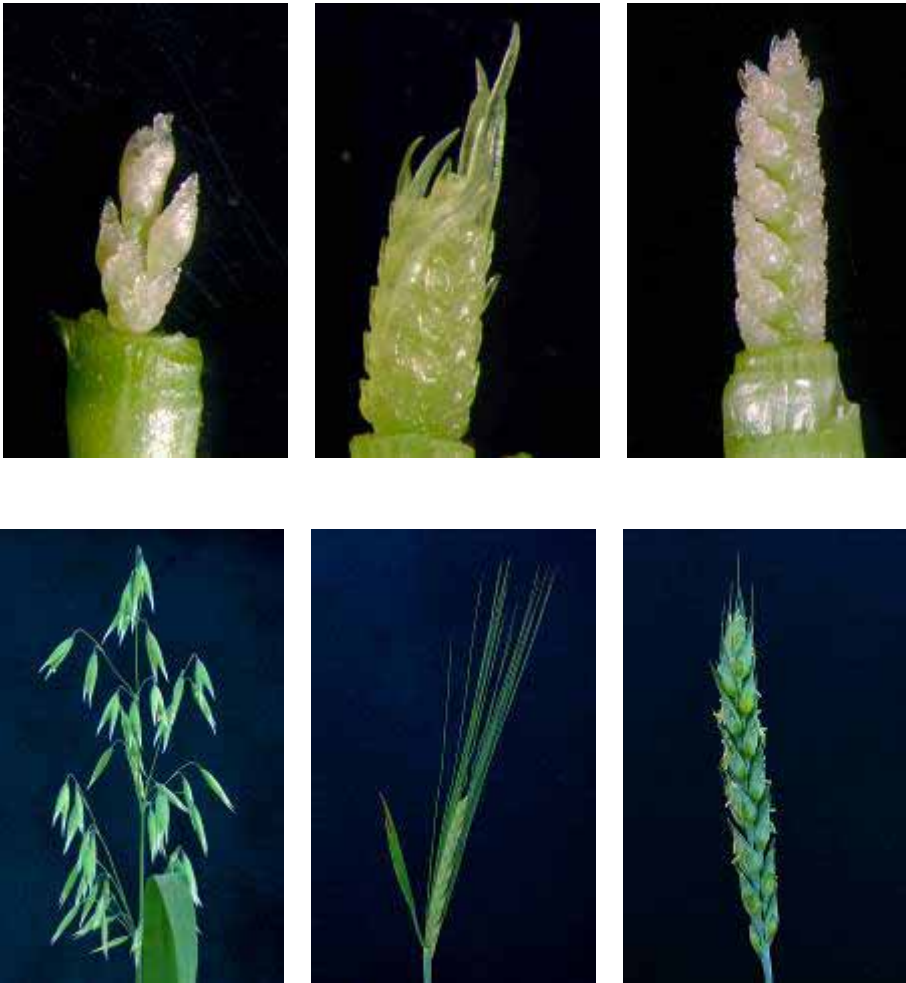
kehitty verso, joka tuottaa olosuhteiden salliessa kukinnon. Itutuppinivelestä kasvavaa versoa kutsutaan koleoptiliversoksi, joka työntyy kylvösyvyydestä maanpinnalle. Lehtien hangasta kehittyvät sivuversot nimetään siten, että sirkkalehden hangassa oleva verso on T1-verso (T tulee sanasta *tiller*), toisen lehden hangassa T2-verso ja niin edelleen (Kuva 1). Myös ylimpien lehtien hangassa on sivuversonaihe, mutta versot kehittyvät vain maanpinnan välitörmään läheisyyteen. Syynä tähän on pääversion hormonaalisen säätelyn aikaansaama apikaalidominanssi (pääversion vallitsevuus), joka hillitsee eniten juuri ylimmissä korren nivelissä olevien sivuversonaiheiden kasvua.

Jokaiseen kasvuun lähtevän version lehden hankaan muodostuu sivuversion aihe. Pääversion lehtien hangassa olevia versoja kutsutaan primaariversoiksi, joiden lehtihangasta kehittyvät versot ovat sekundaariversoja ja niin edelleen. Suomessa vain viljojen pääversion kehittyy sivuversoja, kun taas monien voimakkaasti mätästävien heinälajien runsas versonta perustuu versojen kykyyn tuottaa lisää versoja. Toisaalta myös ruis saattaa joissakin tilanteissa tuottaa sekundaariversoja.



Kuva 2. Kauran, ohran ja vehnän kieleke (KI) ja korvake (KO) lehtitupen (LT) ja lehtilavan (LL) yhtymäkohdassa. (Kuvat: Risto T. Seppälä)

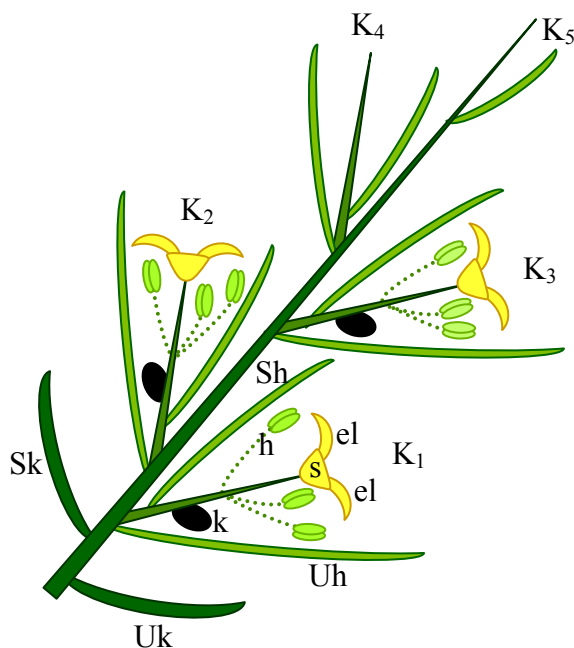
Kukinto. Eri viljalajien kukinnot eroavat rakenteeltaan toisistaan. Lauhkean vyöhykkeen viljoista ohran, rukiin ja vehnän kukinto on tähkä ja kauran puolestaan löyhä, avoin röyhy (Kuva 3). Tähkässä tähkylät kiinnittyvät suoraan tähkälapakon niveliin. Kauran röyhyn pääakseli on korren jatketta, joten myös siinä on korren tapaan niveliä ja pidentyneitä nivelvälviä. Ensimmäiset röyhyn haarat lähtevät pääakselista, joista lähtee edelleen sekundaarihaaroja ja niin edelleen. Jokaisen haaran päässä on tähkylä (Bonnett 1961, 1966, Langer & Hill 1982).



Kuva 3. Kauran, ohran ja vehnän kukinnot. Ylärivissä kehittyössä olevat ja alarivissä röyhylle/tähkälle tulleet kukinnot. (Kuvat: Risto T. Seppälä)

Tähkylä. Kauran, vehnän ja rukiin tähkylässä sijaitsevia kukkia ja niistä kehittyviä jyviä suojaavat tähkylän uloimmat rakenteet, kaleet (Kuva 4). Ohralla kaleet eivät kehity kunnolla. Varsinaisista kukkaosista ensimmäisinä muodostuu ulkohelpe, sitten heteet, sisähelpe, kauna ja lopulta emi. Emiin muodostuu sikiäin sekä myöhemmin vartalo ja luotit (Bonnett 1961, 1966). Kaunan rooli on turvota ja siten raottaa helpeitä, jotta erityisesti ristisiittoiset lajit, kuten ruis, voivat pölyttyä esteettä vieraalla siitepölyllä.

Kauran, rukiin ja vehnän tähkylään muodostuu useita kukkia. Kauran tähkylään kehittyy korkeintaan kuusi kukka-aihetta (K_1 - K_6 , katso Kuva 4). Normaalisti vain kahdesta ensin kehittyneestä kukasta muodostuu jyvä (ulko- ja sisäjyvä), mutta erittäin suotuisissa kasvuoloissa tähkylään saattaa täytyä kolmaskin, niin sanottu välilyvä. Toisaalta eräillä paljasjyväsillä kauralajikkeilla on hyvinkin monikukkaisia tähkylöitä. Kymmenestä kukasta kuusikin saattaa tuottaa jyvän (Burrows 1986). Tosin Suomen kasvuoloissa paljasjyväisen kauran tähkylään kehittyy vain hivenen tavanomaista kauraa useammin kolmas välilyvä (Peltonen-Sainio 1994, 1997, Peltonen-Sainio ym. 2004). Kyky tuottaa välilyviä ei paranna kauran satoisuutta vaan on haitallinen ominaisuus, lisätessään jyväkoon vaihtelua ja pienten, kuoripitoisten jyvien osuutta sadossa.



Kuva 4. Viljan viisikukkainen tähkylärakenne. Tähkylää uloimpina suojaavat Uk=ulkokale ja Sk=sisäkale. K_1 - K_5 =kehitysjärjestyksen mukaan numeroidut kukat, joista K_1 - K_3 ovat fertiilejä ja K_4 - K_5 steriilejä. Jokaista kukkaa suojaavat helpeet, Uh=ulkohelve ja Sh=sisähelve, joista kuorellisilla viljoilla, kuten kauralla ja ohralla muodostuvat jyviä suojaavat kuorirakenteet. Emi muodostuu el=emin luoteista ja s=sikiäimestä; h=heteet; k=kauna, joka ristisiittoisilla lajeilla turvotessaan edesauttaa helpeiden avautumista ja emin pölyttymistä. (Kuva: Pirjo Peltonen-Sainio)

Rukiin tähkylään kehittyy yleensä kaksi kukkaa (K_1 - K_2) – yksi liisteen kummallekin puolelle. Suotuisissa kasvuoloissa kolmaskin kukka saattaa erilaistua, muttei täyty jyväksi (Bruinsma & Swart 1962, Langer & Hill 1982).

Vehnän tähkylän kukkamäärä saattaa olla parhaimmillaan jopa kymmenen (K_1 - K_{10}). Kuitenkin vain kahdesta kolmeen kukkaa on fertiilejä ja kehitty jyviksi. Vehnän tähkän kasvutapa on päätteellinen ja tähkä huipentuu niin sanottuun päätetähkylään.

Ohra poikkeaa tähkylän jyvämäärältään muista meille tutuista viljoista, sillä jokaiseen ohran tähkylään kehitty aina vain yksi kukka (K_1) ja siitä edelleen jyvä (Bonnett 1966). Kuhunkin lapakon kiinnittymiskohtaan kehitty puolestaan kolme tähkylän aihetta. Näistä vain keskimäinen jatkaa kehittymistään kaksitahoisella ohralla, kun taas monitahoisella ohralla kaikki kolme tähkylää ovat fertiilejä. Ohran tähkän kasvutapa on päätteetön, joten tähkään voi erilaistua kasvuoloista riippuen vaihtelevia määriä tähkylöitä. Ohran tähkässä ei ole vehnän tapaan päätetähkylää vaan tähkä päättyy kuihtuneeseen, kehittymättä jääneeseen soluksoon.

Jyvä. Viljan jyvä on pähkylä. Fertiilistä kukasta kehitty jyvä pölyttymisen seurauksena. Jyvään kehitty diploidisesta solukosta alkio sekä triploidisesta vararavintovarastona toimiva endospermi ja entsyymien tuotannon kannalta keskeinen aleuronikerros. Jyvän uloin kerros on diploidista solukkoa oleva siemenkuori. Niin sanotuilla kuorellisilla viljoilla, kauralla ja ohralla, helpeet kiinnittyvät tiukasti jyvän ympärille, jolloin niitä kutsutaan erheellisesti kuoriksi.

- Viljakasvilla on siemen- ja ravintojuuret
- Lehti muodostuu lehtitupesta ja –lavasta, joiden yhtymäkohdassa on laji- ja lajiketyypillisiä piirteitä omaavat korvake ja kieleke
- Korsi on ontto ja rakentuu nivelistä ja nivelväleistä
- Versot kasvavat lehtihankoihin erilaistuneista aiheista
- Versoutuminen on heikkoa pitkässä päivässä
- Syysviljat versovat kevätiljoja runsaammin
- Viljojen kukintona on joko tähkä tai röyhy
- Kukut ja niistä pölyttymisen seurauksena kehittyvät jyvät sijaitsevat tähkylöissä
- Ohralla kehitty yksi jyvä kuhunkin fertiiliin tähkylään, rukiilla ja kauralla yleensä kaksi jyvää ja vehnällä mahdollisesti useampiakin
- Kauralla ja ohralla, helpeet kiinnittyvät jyvän ympärille, jolloin niitä kutsutaan virheellisesti kuoriksi

Vegetatiivinen kehitysjakso

Siemenen alkiossa on meristeemisolukko, josta uudet kasvisolukot ja kasvinosat erilaistuvat. Kun itämään lähtevän siemenen itutuppi eli koleoptiili saavuttaa maanpinnan, tunkeutuu sirkkalehti ulos sen suojista. Tällöin nuori oras aloittaa yhteyttämisen ja tulee riippumattomaksi siemenen vararavintovarastojen riittävydestä. Kasvi säilyy suvuttomassa kehitysvaiheessa eli erilaistaa muita kuin suvullisia kasvinosia, kunnes päivän pituudesta ja kasvin perimästä riippuvainen lämpötilakertymä on riittävä suvullisen kehittymisen käynnistämiseen ja sitä myötä kukinnon osien tuottamiseen (Peltonen-Sainio ym. 2003).

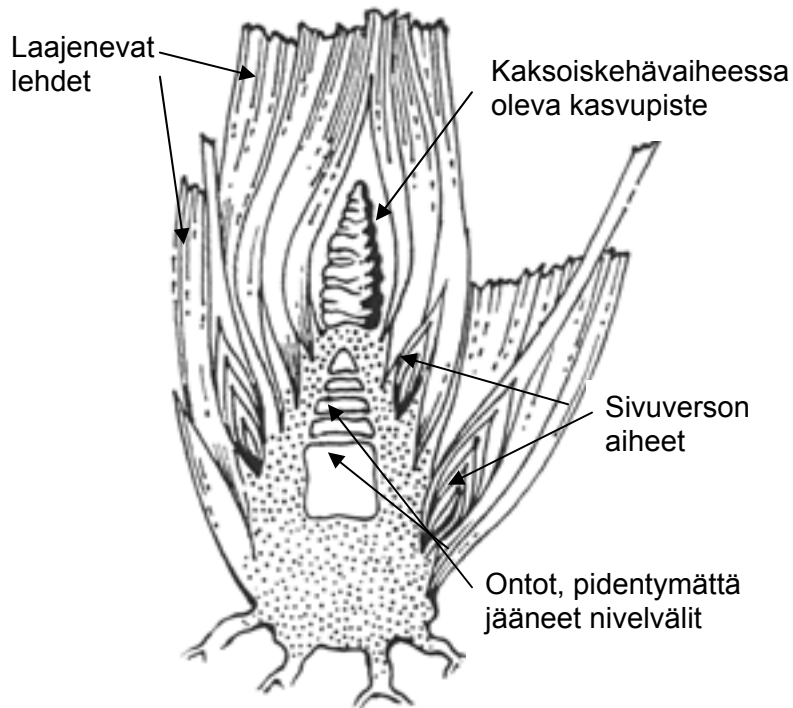
Viljakasvin kärkimeristeemisolukko, jota kutsutaan arkikielessä kasvupisteeksi, sijaitsee aina kunkin verson ylimmän solmun tuntumassa. Kun kasvi on vegetatiivisessa vaiheessa, on kasvupiste maan alapuolella, koska myös kaikki nivelet eli solmut ovat tuolloin maanpinnan alapuolella. Juuri kun kasvi on siirtymässä suvuttomasta suvulliseen kehitysjaksoon, siirtyy kasvupiste maanpinnan läheisyyteen. Koska useat kasvin tyvellä olevat nivelvälit eivät pitene, pysyy kasvupiste pitkään aivan maanrajassa. Kasvupiste nousee reilusti maanpinnan yläpuolelle vasta, kun korren pituuskasvu käynnistyy.

Kasvupiste sijoittuu erittäin käytännöllisesti kasvin menestymisen kannalta. Nuoren oraan kärkimeristeemi olisi altis monille sitä koetteleville tekijöille, jos se ei sijaitsisi hyvässä suojassa maanpinnan alapuolella. Eräs riskitekijä on alkukasvukaudellemme tyypillinen halla. Vaikka ankara halla vioittaisikin maanpäälle työntyneitä lehtiä, ei se tavoita maan alla olevaa kasvupistettä. Tämä onkin erittäin tarpeellinen suojautumiskeino, sillä vesipitoinen kasvupiste on altis jäätymään. Tällöin muodostuneet jääkiteet rikkovat kärkimeristeemisolujen rakenteita, jolloin kasvupiste tuhoutuu. Osittain samasta syystä talvehtivan syysviljan kasvupisteet säilyvät paremmin vaurioitumatta maan alla kuin maan pinnan yläpuolella.

Kasvupiste on myös vähemmän altis tuholaisille ollessaan maanpinnan alapuolella tai sen välittömässä läheisyydessä. Jos pääverson kärkimeristeemi kuitenkin tuhoutuu syystä tai toisesta, kuolee verso kykenemättä jatkamaan kehittymistään. Viljakasvilla on varajärjestelmä tämänkin tilanteen varalle. Pisimmälle kehittynyt sivuverso voi korvata tuhoutuneen pääverson, jos sen meristeemisolukko on säilynyt vaurioitumatta. Tällöin koko kasvuyksilö ei menehdy, vaan jatkaa ponnistelujaan uuden sukupolven tuottamiseksi.

Sen lisäksi, että kasvupiste sijaitsee strategisesti hyvin viisaasti, sitä suojaavat myös ympärillä kasvavat lehdet (Kuva 6). Vaikka suoja on hyvä, se ei ole täysin pitävä. Esimerkiksi kahukärpäsen (*Oscinella frit* L.) toukat pääsevät käsiksi kasvupisteeseen, jonka ne käyttävät ravinnokseen. Solukkoa nakertava toukka tuhoaa yleensä koko kukintoaiheen, jolloin kyseisen verson kehittä-

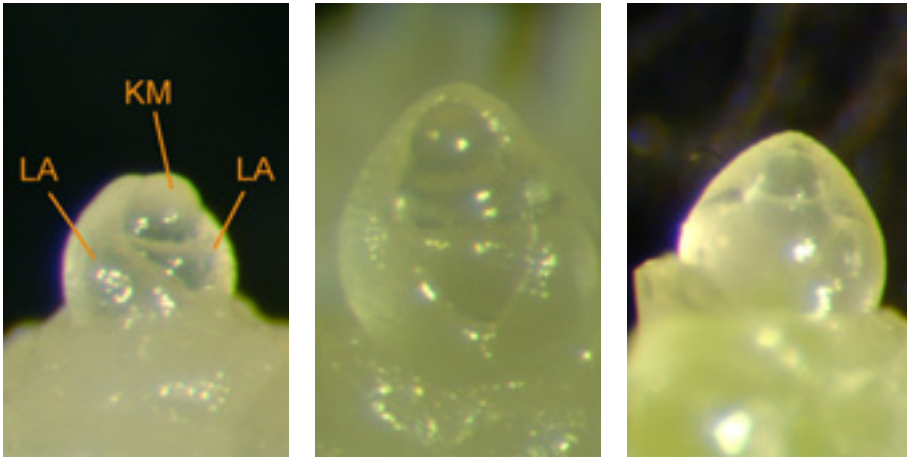
tyminen keskeytyy ja se kuihtuu pois. Hierarkialtaan parhaassa asemassa oleva sivuverso korvaa tuhoutuneen verson. Kahukärpäset eivät tuhoa ainoastaan syysviljojen, vaan myös aikaisin kylvettyjen kevätiljojen kasvupisteitä - yllättäviäkin määriä. Tuho jää kuitenkin usein havaitsematta, koska pisimmälle kehittynyt sivuverso ottaa nopeasti tuhotun pää- tai sivuverson aseman. Tutkiessamme kauran kukinnon kehitysvaiheita havaitsimme, että pahimmillaan noin puolet kauran pääversoista tuhoutui ilman, että havaitsimme koerutujen kasvustoissa huomattavia oireita tapahtuneesta.



Kuva 6. Erilaistuva kasvupiste on hyvässä suojassa, kun laajenevat lehdet muodostavat sen ympärille tupen. (Kuvan uudelleen tuottanut: Olli Parkkari)

Suvuttomassa kehitysvaiheessa kärkimeristeemisolukosta erilaistuu lehtiaiheiden lisäksi sivuverson aiheita - yksi kunkin lehtiaiheiden lehtihankaan. Uusi lehtiaihe erilaistuu aina viimeksi muodostuneen lehtiaiheiden vastakkaiselle puolelle. Suvuttomassa vaiheessa kasvupiste on kupolimainen ja sisältää kahdesta kolmeen lehtiaihetta (Kuva 7). Jokainen erilaistunut lehtiaihe alkaa kasvaa ylöspäin ja kiertyy laajetessaan uusia lehtiaiheita ja myöhemmin, suvullisessa vaiheessa kukinto-osia tuottavan kasvupisteen ympärille suojaamaan sitä. Suomen kasvuoloissa viljojen pääversoon erilaistuu yleensä kuudesta seitsemään lehteä, joista viimeisenä kehittyvää kutsutaan lippulehdeksi. Jokaisen lehtiaiheiden lehtihankaan (Kuva 6) erilaistuu pääversoon kupolia muistuttava sivuversoon kupoli. Suotuisissa kasvuoloissa ensimmäisenä kehiti-

tyneistä sivuverson aiheista kasvaa sivuversoja - aivan pääverson tapaan: ensin erilaistuvat lehtiaiheet ja jokaiseen lehtihankaan edelleen uusi sivuverson aihe.



Kuva 7. Kauran, ohran ja vehnän suvuttomassa kehitysvaiheessa oleva, lehtien aiheita tuottava kupoli. LA=lehdenaihe, KM=kärkimeristeemisolukko. (Kuvat: Risto T. Seppälä)

Suomen kasvuoloissa kasviyksilöön kehittyä pääverson ohella yleensä kolmesta neljään sivuversoa. Sivuversonojen määrään vaikuttaa niin kasvuolot kuin laji ja lajikekin. Pitkä päivä suosii pääverson kasvua ja sivuversot eivät ehdi kehittymään pääverson vauhdissa. Siksi pääversot varjostavat sivuversoja ja heikentävät niiden kasvuedellytyksiä. Sivuversonot onnistuvatkin vain an harvoin tuottamaan pääverson veroista jyväsatoa. Tästä syystä kasvustomme ovat pääversoaltaisia ja sivuversonojen kasvukykyä rajoitetaan perustellusti käyttämällä varsin korkeita kasvustotiheyksiä ja kylvösiemenmääriä. Vaikka sivuversot eivät onnistu harvaankaan kylvettäessä hyödyntämään pääversolta vapautunutta kasvitilaa, ei se tarkoita, etteikö aikaisin kasvukaudella tapahtuva versonta olisi tärkeä ja tavoiteltava ominaisuus. Versoilla turvataan aikainen maanpeittävyys ja luodaan edellytykset myöhemmin kasvilta paljon voimavaroja vaativalle pääverson satopotentialin rakentamiselle.

Päivänpituuden lisäksi versoutumista säätelevät useat muut tekijät. Kasvin hyvä vesitalous luo edellytykset tehokkaalle yhteyttämiselle, jolloin pääversolla riittää voimavaroja myös sivuversonojen kasvun käynnistämiseen. Sivuversonot tarvitsevat kuitenkin vain hetkellistä tukea ja ne aloittavatkin pian itsenäisen yhteyttämis. Ne alkavat myös palauttaa pääversolle ”lainaamiaan” yhteyttämistuotteita, vieläpä korkojen kera (Lauer & Simmons 1985). Tämä on seurausta pääverson kyvystä hallita sivuversonojen kasvua hormoni-toiminnan kautta (Peltonen-Sainio & Rajala 1994). Tosin vaikutukset ovat sitä vähäisemmät, mitä enemmän kasvuolot suosivat kasvua. Toisaalta sivuversonot eivät ole aina hyödyksi kasvin kokonaisenergiataloudelle. Mikäli kui-

vuus tai kasvitaudit estävät versoja yhteyttämästä tehokkaasti ja maksamasta ”velkaansa” pääversolle, voidaan versoja pitää voimavarojen tuhlausena (Alaoui ym. 1992). Veden saatavuuden ohella kasvin hyvä ravinnetilanne, erityisesti typen saatavuus, lisää versoutumista. Itse asiassa sivuversot toimivatkin kasvin ylenmääräisen typen väliavarastoina.

Syys- ja kevätiljat altistuvat versonnan kannalta täysin vastakkaisille olosuhteille. Kevätiljat kylvetään pitkään päivään ja Suomen kevät-kesä on tyypillisesti kasvukauden vähäsateisinta aikaa. Kevätiljat altistuvatkin usein juuri versonnan aikaan alkukesän kuivuudelle ja saavat tällöin myös niukasti lannoitteena tarjottuja ravinteita käyttönsä. Kevätiljoilla onkin oloissamme varsin huonot lähtökohdat versonnalle. Keväällä harvaksi jäänyt kasvusto kostautuu helposti myöhemmin kasvukaudella, kun sadanta alkaa suosia epäedullista, sadon kypsymistä ja puintia häiritsevää jälkiversontaa. Päinvastoin kuin kevätiljat, syysviljat altistuvat versontaa suosiville olosuhteille. Varsinkin ruis hyödyntää syksyn kosteuden, ravinteiden helpon saatavuuden, alhaiset lämpötilat sekä lyhyen päivän ja versoutuu tehokkaasti.

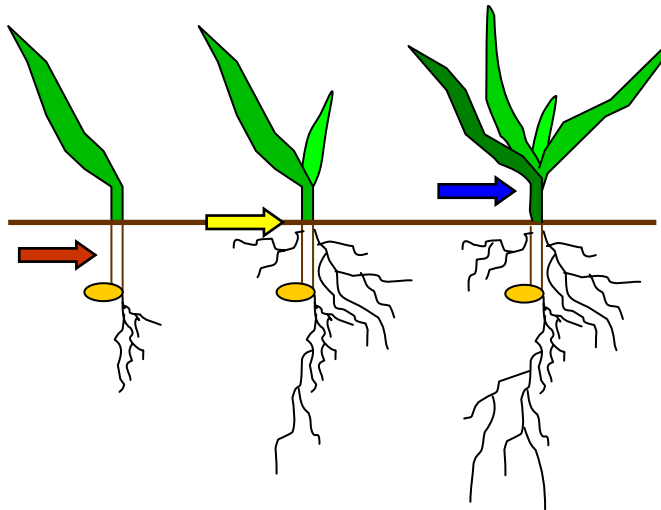
Syys- ja kevätkuotoisten viljojen versomiserojen lisäksi myös viljalajeilla on eroja. Ruis versoo voimakkaasti syksyllä - syysvehnän versonnan painottuessa kevätpuolelle. Kevätkuotoisista ohra versoo kauraa paremmin, kun taas vehnä on erityisen huono versontakyvyltään. Lisäksi kaksitahoinen ohra on taipuvainen versomaan monitahoista runsaammin. Ohralajikkeet eroavat niin versonnan runsauden kuin rytmittymisenkin osalta. Vaikka ohran muita kevätiljoja parempaa versomiskykyä voidaan hyödyntää käyttämällä muita lajeja alhaisempaa kylvötiheyttä erityisesti rehuohraa tuotettaessa, eivät sivuversot pysty täysin kilpailemaan pääversion kanssa ja tuottavatkin useimmiten pääversoa pienempiä ja laadultaan vaatimattomampia jyviä.

- Viljan jyvän alkiossa on sirkkajuuren ja –lehtien sekä lehtiä suojaavan itutupen aiheet
- Endospermi on vararavintovarasto, jota entsyymit pilkkovat sirkkatalaimen kasvuun, kunnes oras voi aloittaa yhteyttämisen
- Suvuttoman kehitysjakson aikana lehtien ja sivuversojen aiheet erillaisuvat kasvupisteen meristemaattisesta solukosta
- Kolmesta neljään sivuversion aihetta kasvaa suotuisissa oloissa
- Sivuversojen sadontuottoedellytykset eroavat riippuen kasvuoloista sekä viljalajista ja –lajikkeesta
- Pääverso dominoi sivuversoja Suomen pitkässä päivässä
- Suomessa pääversoon kehittyy yleensä kuudesta seitsemään lehteä

Suvullinen kehitysjakso

Kukinnon kehittyminen. Kevätviljat siirtyvät suvulliseen, generatiiviseen kehitysjaksoon, kun pääversoon on kehittynyt kuudesta seitsemään lehtiaihta, joista kaksi ensimmäistä on työntynyt esille. Tällöin oras on kaksilehtivaiheessa. Syysviljoilla suvulliseen kehittymiseen siirtyminen edellyttää vernalisaatiota eli oraan kylmäsäätelyä. Tämä varmistaa sen, ettei syysvilja ala rakentamaan tähkänsä talvea vasten, mikä olisi kohtalokasta.

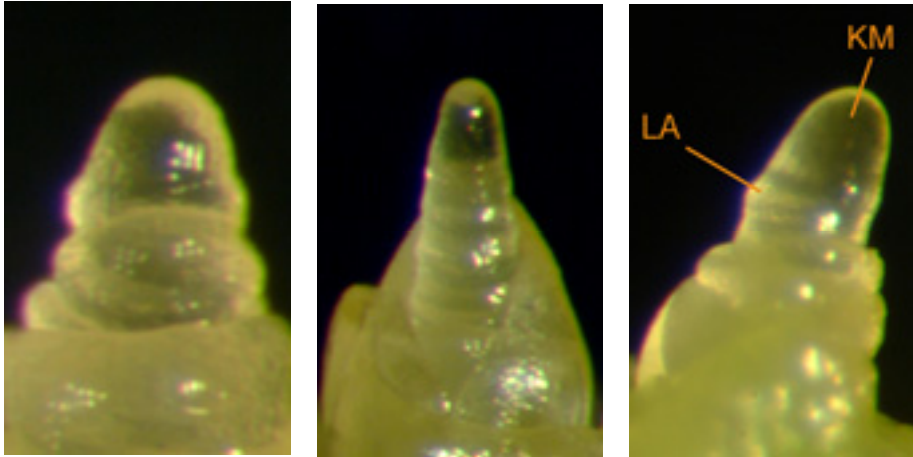
Kun viljakasvi siirtyy suvulliseen kehitysjaksoon, on sen ylin solmukohta, jossa kasvupiste sijaitsee, noussut lähelle maanpintaa (Kuva 8). Kupolimainen, lehtiä ja sivuverson aiheita tuottanut kasvupiste pidentyy ja muuttuu sylinterimäiseksi (Kuva 9). Siirtyminen suvuttomasta suvulliseen kehitysjaksoon tapahtuu siirtymävaiheen kautta. Tällöin sylinterimäisessä kasvupisteessä on useita lehtiaiheita muistuttavia 'ulokkeita'. Siirtymävaihe on varsin lyhytkestoinen ja siksi usein vaikeasti havaittavissa. Poikkeuksena ovat syysviljat, joilla siirtymävaihe on usein helppo havaita myöhään syksyllä.



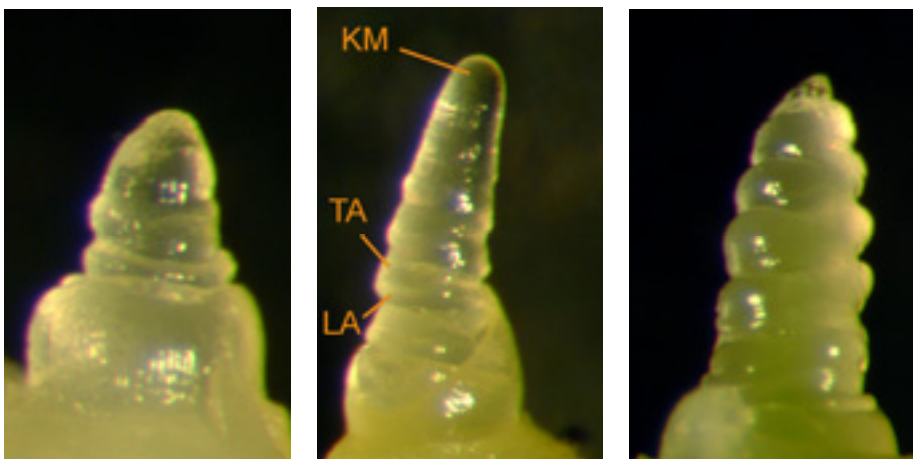
Kuva 8. Aktiivisesti erilaistuva, kasvupisteen meristeemisoluuko sijaitsee aina ylimmässä nivelessä. Suvuttomassa kehitysvaiheessa se on maan pinnan alapuolella (punainen nuoli), siirtymävaiheessa maan tasalla (keltainen nuoli) ja suvullisissa vaiheissaan aina maan pinnan yläpuolella (sininen nuoli). (Kuva: Pirjo Peltonen-Sainio)

Siirtymävaihe päättyy, kun kukinnon ensimmäiset osat erilaistuvat. Sylinterimäisen kasvupisteen lehtiaiheita muistuttavat ulokkeet muuttuvat kaksoiskehärakennelmiksi. Siksi kyseistä kehitysvaihetta kutsutaan kaksoiskehävaiheeksi (Kuva 10). Muodostuvista kehistä alempi on lehtiaihe ja ylempi tähky-

län aihe. Tähkänaiheessa olevat lehtiaiheet eivät kuitenkaan kehity lehdeksi (Bonnett 1961, Bruinsma & Swart 1962, Langer & Hill 1982, Kirby & Appleyard 1984).

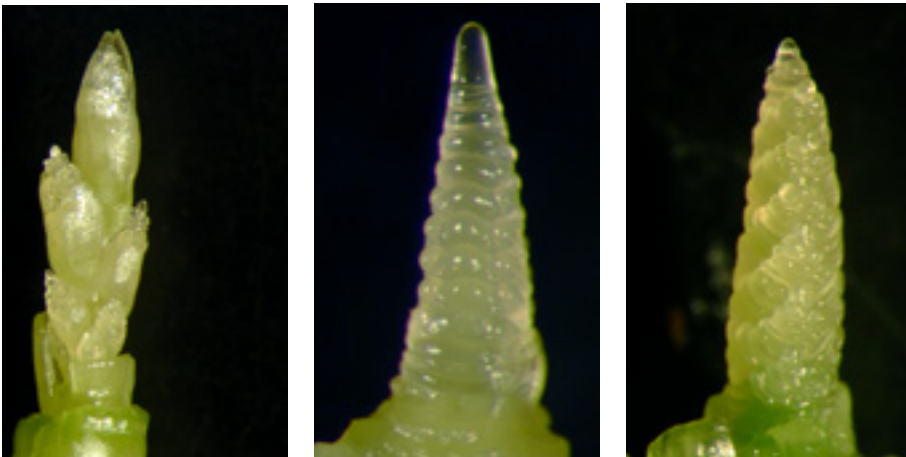


Kuva 9. Kauran, ohran ja vehnän sylinterimäiseksi pidentynyt siirtymävaiheessa oleva kärkikasvupiste. LA=lehtenaihe, KM=kärkimeristeemisolukko. (Kuvat: Risto T. Seppälä)



Kuva 10. Kauran, ohran ja vehnän ensimmäinen suvullinen kehitysvaihe, kaksoiskehävaihe. LA=lehtiaihe, TA=tähkylän aihe, KM=kärkimeristeemisolukko. (Kuvat: Risto T. Seppälä)

Ensimmäiset tähkylänaiheet erilaistuvat viljalajista riippuen eri osiin kehittyvää kukintoa. Kauralla röyhyn yläosat kehittyvät ensimmäisinä. Mitä alemmissa röyhyn osissa ollaan, sitä myöhemmin tähkylän osat ovat erilaistuneet suhteessa päätetähkylään. Vehnällä kehittyminen on edistyneintä tähkän alapuoliskossa, kuten myös ohralla, jolloin viimeisenä kehittyvät kukat ovat aivan tähkän latvassa päinvastoin kuin kauralla (Kuva 11). Kaksoiskehävaiheesta lähtien erilaistuneisiin tähkylän aiheisiin alkaa seuraavissa kehitysvaiheissa erilaistua tähkylä- ja kukkaosia. Kehittyvässä kukinnossa onkin samanaikaisesti lukuisia eri kehitysvaiheita meneillään - riippuen mitä osaa kukinnosta tai tähkylästä tarkastelee. Tähkylän aiheisiin erilaistuvat kaleet, helpeet, heteet ja emi (katso Kuva 4).



Kuva 11. Kauran röyhyn latvaosat kehittyvät ensimmäisinä, kun taas ohran ja vehnän tähkän yläosaan erilaistuvat viimeisimmät kukat. (Kuvat: Risto T. Seppälä)

Jyvien kehittyminen. Kukka-aiheen tulee pölyttyä voidakseen kehittyä jyväksi. Pölytyminen edeltää hedelmöitymistä. Siinä heteet tuottavat siitepölyä, joka joko itsepölyttää samaisen kukan tai ristipölyttää vieraan kukan. Viljan kukintoon kehittyy huomattava kukka-arsenaali, josta vain osa pölytyy. Kun kukinnon edistyneimmän tähkylän ensimmäinen kukka pölytyy, päättyy tuolloin liian varhaisessa kehitysvaiheessa olevien, myöhään erilaistuneiden kukkien kehittyminen. Ei kuitenkaan tiedetä tarkalleen, mikä on se kriittinen kukan kehitysaste, joka pitää ehtiä saavuttamaan, jottei abortoidu jo aikaisessa vaiheessa.

Suomen päivänpituutta mukailevissa kasvihuonetutkimuksissa osoitettiin, että kaura ja vehnä tuottivat ylen määrin kukkia – sitä enemmän, mitä runsaammin kasvilla oli ravinteita saatavilla (Peltonen-Sainio & Peltonen 1995). Kuitenkin ravinnetilasta riippumatta, sama osuus kukista abortoitui. Abortoi-

tuneiden kukkien osuudet olivat huimia varsinkin kauralla, jolla noin 80% kukista abortoitui kykenemättä tuottamaan jyvää. Kauran huomattavasti vähemmän runsaampi kukkien ja myös jyvien tuottokyky kuvastaakin röyhymäisen kukintorakenteen omaavien lajien erinomaista kykyä reagoida suotuisiin kasvuoloihin.

Kun heteiden tuottama siitepöly hedelmöittää emin, käynnistyvät jyvän kehitystapahtumat aktiivisten solunjakaantumisten myötä. Pölyttymistä seuraa kukinta, jossa pölyttymistehtävän suorittaneet heteet työntyvät ulos helpeiden välistä (Kuva 12). Tämä on erityisen hyvin nähtävissä vehnällä.



Kuva 12. Vehnän kukkiessa pölyttäminen on tapahtunut ja tehtävän suorittaneet heteet työntyvät ulos helpeiden välistä. (Kuva: Risto T. Seppälä)

Jyvän kehittymisen alkuvaiheen etenemistä, solunjakaantumista, voidaan seurata värjäämällä ja laskemalla tumat. Kotimaiset tutkimukset (Rajala & Peltonen-Sainio 2004, Rajala ym. 2004) osoittivat, että ohran jyviin jakaantuu 600.000-800.000 ja kauran jyviin 300.000-400.000 solua. Solunjakaantuminen on oloissamme nopeaa ja jakaantumisvaihe lyhyempi kuin eteläisemmissä, lyhyen päivän kasvuoloissa. Myös jyväntäytyminen alkaa varhain – tärkelestä syntetisoidaan jyvän enspermisoluihin jo 7-8 vuorokauden kulluttua pölyttymisestä. Solumäärän voidaan periaatteessa ajatella kuvaavan jyvän täyttymiskapasiteettia eli –potentiaalia. Jyvän täytyessä sen solut, lukuunottamatta aleuronikerroksen ja alkion soluja, inaktivoituvat ohjatun solukuoleman kautta.

- Kaksoiskehävaihe on suvullisen kehitysjakson ensimmäinen askel
- Kukinto-osat rakentuvat suvullisen kehitysjakson aikana
- Tähkylänaiheeseen erilaistuvat ensin kaleet, sitten helpeet, heteet ja emi
- Kauran röyhyn latvaosien kukkarakenteet kehittyvät ensimmäisinä, kun taas vehnällä ja ohralla kehittyminen on edistyneintä tähkän ala- ja keskiosissa
- Suuri joukko epätäydellisesti kehittyneitä kukkia abortoituu myös suotuisissa kasvuoloissa
- Jyvien kehittyminen käynnistyy pölyttymisen seurauksena aktiivisten solunjakaantumisten myötä
- Kukinnalla tarkoitetaan pölyttymisen jälkeen tapahtuvaa heteiden työntymistä ulos helpeiden välistä
- Yhteen kehittyvään jyvään jakaantuu useita satoja tuhansia soluja
- Jyvän solumäärä kuvastanee sen täyttymispotentiaalia

6 Kehitys- ja kasvutapahtumat asteikoiksi puettuna

Viljelykasvien kehityksen- ja kasvutapahtumien kuvaamiseen on kehitetty lukuisia erilaisia asteikoita. Viljoille niitä on kehitetty poikkeuksellisen innokkaasti. Eräässä englantilaisessa julkaisussa vertailtiin peräti 23 erilaista kehitys- ja kasvuasteikkoa. Asteikoiden perimmäisenä tavoitteena on kuvata kasvuvaiheet ja -tapahtumat mahdollisimman yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi, sekä koodata ne pääsääntöisesti numeerisessa muodossa.

Erilaisia asteikoita on kehitetty erityisesti kasvintuotantotutkimuksen tarpeisiin. Niitä käytetäänkin varsin monipuolisesti. Esimerkiksi tehtäessä havaintoja, ajoitettaessa erilaisia kasvustokäsittelyjä tai kerättyä kasvustonäytteitä, toimenpide osataan rinnastaa toistuvasti samoin, kasvuston vallitsevan kehitys- tai kasvuvaiheen mukaan. Näin käsittely- ja keräysajat onnistutaan kohdentamaan tarkasti verrattuna tilanteeseen, jossa ajankohta ilmaistaisiin esimerkiksi pelkästään vuorokausina käsittelystä tai kylvöstä.

Myös viljelijä tarvitsee tietoa viljelykasvien kasvuasteista. Hän törmääkin erilaisiin kasvuasteikkoihin monissa kasvinsuojelu- ja kasvuohjelmaoppaissa. Esitämme tässä oppaassa yleisimmin käytetyt, niin sanotut makromorfologiset kasvuasteikot. Niitä ovat Feekin kasvuasteikko (Large 1954) ja kaikista yleisimmin käytetty Zadoksin asteikko (Zadoks ym. 1974).

Kasvuasteikkojen tarkkuus ei kuitenkaan ole aina riittävä. Erityisesti tutkimuksessa tarvitaan toisinaan kukinnan kehittymistä kuvaavia asteikoita. Eräiden kriittisten vaiheiden tunnistus saattaa olla tarpeen myös käytännön viljelyssä. Esimerkiksi tutkimusten mukaan on olemassa riski, että ruiskutettaessa kasvihormonien tavoin vaikuttavia rikkakasvien torjunta-aineita, herbisidejä (esim. MCPA-valmisteet), viljojen tähkiin tuli epämuodostumia, jotka saattoivat merkitä jopa satotappioita. Kotimaiset tutkimukset kuitenkin osoittivat tällaiset riskit liioitelluiksi (Rajalahti & Peltonen 1993).

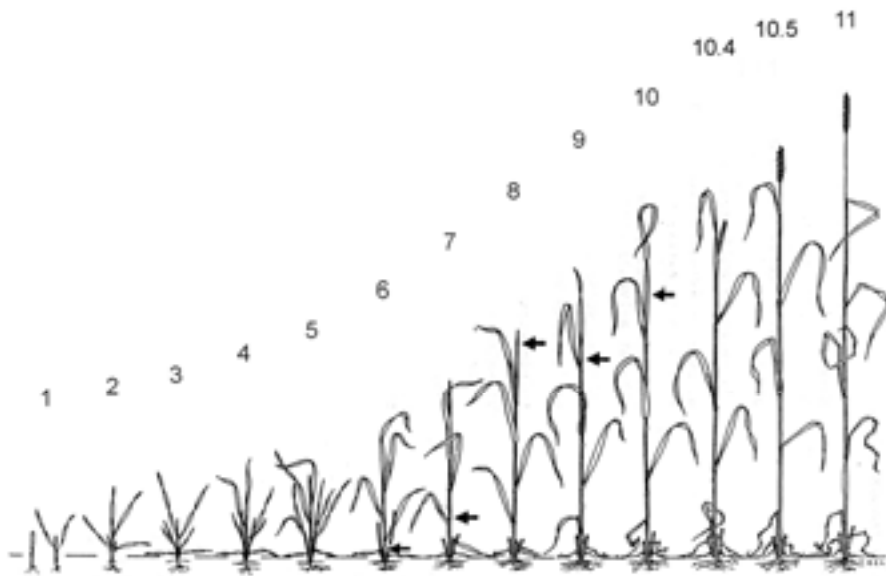
Eräs tarkimmista ja selkeimmistä kukinnan kehittymistä kuvaavista, niin sanotuista mikromorfologista asteikoista löytyy ruotsalaisesta julkaisusta Åfors ym. (1988), jossa kauran, ohran ja vehnän kukinnan kehitysvaiheet on luonnehdittu myös sanallisesti. Tässä kirjoittajat ovat noudattaneet varsin tarkasti Waddingtonin ym. (1983) julkaisua. Waddingtonin (1983) julkaisusta puuttuu kuitenkin kauran kukinnan kehittymistä luonnehtivat kuvat. Poiketen edeltäjästään, Åfors ym. (1988) päätyi käyttämään koodauksessa kirjaimia numeroiden sijaan. Tämä siksi, että numerot saattavat harhauttaa kuvittelemaan, että kehitysvaiheesta toiseen siirtyminen tapahtuisi aina samalla rytmillä. Peltonen-Sainio ja Pekkala (1993) menivät astetta pidemmälle ja antoivat kauran kukinnan kehitysvaiheille Suomen oloissa sovellettavissa olevat numeroarvot, jotka perustuivat kunkin kehitysvaiheen vaatimaan keskimääräiseen lämpösummaan.

Åforsin ym. (1988) ja Waddington ym. (1983) lisäksi muun muassa Bonnett on julkaissut erittäin perusteellisia kuvauksia eri viljalajien kehitys- ja kasvu-tapahtumista (Bonnett 1935, 1936, 1937, 1961, 1966). Tosin näissä teoksissa kuvataan kehitystapahtumia ilman, että niitä olisi pyritty rakentamaan kehitysasteikoiksi. Tarkkuudeltaan ja yksityiskohtaisuudeltaan nämä teokset ovat kuitenkin vertaansa vailla. Teokset toimivatkin erinomaisena tietolähteenä, haluttaessa päästä vielä astetta syvemmälle kehitystapahtumissa. Toinen mielenkiintoinen julkaisu on Moncurin (1981) käsialaa. Siinä pääpaino on kehitysvaiheita kuvaavilla elektronimikroskooppikuvilla, joita on vieläpä lukuisilta eri viljelykasveilta.

6.1 Kasvua kuvaavat asteikot

Kasvuasteikot kuvaavat helposti toisistaan erotettavissa olevia, kasvin ulkoisia ominaisuuksia (Kuva 13). Näitä asteikoita kutsutaan makromorfologisiksi, koska kasvuvaiheiden tunnistaminen onnistuu paljain silmin. Tyypillisiä tarkkailtavia ominaisuuksia ovat lehtien ja sivuversojen lukumäärää, korren pituuskasvu, lippulehden ja tähkän esiin tulo, kukinta eli heteiden ulostyöntymisen helpeiden välistä (Kuva 12) sekä kasvuston ja jyvän eri kypsyys- tai tuleentumisasteet. Ensimmäiset asteikot olivat varsin karkeita jättäen monia kiinnostavia vaiheita vaille huomiota. Nämä asteikot toimivat kuitenkin lähtökohtana ja asteikoiden käytön yleistyessä niitä alettiin tarkentamaan. As-

teikoiden tarkentumisen voi havaita hyvin vertaamalla seuraavilla sivuilla esitettyjä Feekesin ja Zadoksin kasvuasteikoita toisiinsa.



Kuva 13. Feekesin kasvuasteikko. Numerot vastaavat taulukossa 1 esitettyjä koodeja. (Kuva: Large 1954)

6.1.1 Feekesin ja Largen asteikko

Feekes julkaisi kasvuasteikon vehnän kehitysvaiheiden tunnistamiseen jo vuonna 1941. Laajemmalti tunnetuksi Feekesin asteikko tuli, kun Large (1954) esitti sen englanninkielisenä ja kuvitettuna. Tässä asteikossa vehnän kehittyminen on jaettu viiteen päävaiheeseen, joita ovat versoutuminen, korren pituuskasvu, tähkälle tulo, kukinta ja tuleentuminen. Asteikossa kuvatut kasvuasteet on helppo tunnistaa toisistaan. Se soveltuukin käytettäväksi esimerkiksi määrittäessä ajankohtaa, jolloin kasvitautit tai tuholaiset ovat ilmestyneet kasvustoihin. Sen tarkkuus on kohtuullinen määrittäessä sopivaa täydennyslannoituksen ajankohtaa.

Taulukko 1. Vehnän eri pääkasvuvaiheita kuvaava Feekesin asteikko (Large 1954).

Numerokoodi	Kuvaus
1	Versoutumaton sirkkataimi.
2	Versoutuminen alkamassa.
3	Useita versoja näkyvillä, lehdet usein kiertyneenä spiraalille.
4	Pääverso pysty, lehtitupet alkavat pidentyä voimakkaasti.
5	Kasvutapa (lehtitupet) voimakkaasti pysty.
6	Ensimmäinen pääverson nivel tunnistettavissa kasvin tyvellä.
7	Toinen pääverson nivel tunnistettavissa (nivelväli pidentynyt).
8	Lippulehti näkyvillä, mutta yhä avautumattomana. Tähkän turpoamisen seurauksena lippulehden tuppi voimakkaasti pullolla.
9	Lippulehden korvake tullut esille.
10	Viimeinen lehtituppi täysmittainen. Tähkä turvonnut, muttei näkyvillä.
10.1	Tähkän ensimmäiset tähkylät näkyvillä.
10.2	Neljäsosa tähkästä näkyvillä.
10.3	Puolet tähkästä näkyvillä.
10.4	Kolme neljäsosaa tähkästä näkyvillä.
10.5	Tähkä kokonaan näkyvillä.
10.5.1	Kukinta alkamassa.
10.5.2	Kukinta ohi tähkän huipulla.
10.5.3	Kukinta ohi tähkän tyviosassa.
10.5.4	Kukinta täysin ohi, jyvä vetinen.
11.1	Jyvä maitoinen.
11.2	Jyvä jauhoinen, mutta yhä pehmeä.
11.3	Jyvä kova, vaikea halkaista kynnellä.
11.4	Vilja puintikypsää, olki tuleentunut.

6.1.2 Zadoksin asteikko

Zadoksin ym. (1974) kehittämä desimaaliasteikko on Feekesin ja Largen asteikkoa huomattavasti tarkempi ja yksityiskohtaisempi. Zadoksin asteikossa viljojen kehitysvaiheet on jaettu yhdeksään päävaiheeseen, joita ovat itäminen, oraan kasvu, versominen, korren pituuskasvu, kukinnon työntyminen ulos lehtitupesta, kukinta sekä jyvän maitotuleentuminen, taikinatuleentuminen ja tuleentuminen. Asteikko on todella kiitettävän tarkka ja vaatii esimerkiksi idättämistä jyvän dormanssiasteen selvittämiseksi. Asteikko soveltuu erinomaisesti kasvintuotantotieteilijöiden käyttöön. Vaikka asteikossa on huomattava määrä eri kasvuvaiheita, ei sen soveltaminen ole vaikeata aloittelijallekaan tarkan kuvauksen ansiosta. Myös viljelijöille asteikko on tullut tutuksi kasvinsuojelu- ja kasvuohjelmaoppaista.

Taulukko 2. Zadoksin desimaaliasteikko viljojen kasvuvaiheiden kuvaajana. Vastaavuus Feeksin asteikon kanssa ilmaistu sulkeissa (Zadoks ym. 1974).

Numerokoodi	Kuvaus
	<u>Itäminen</u>
00	Kuiva siemen
01	Siemen alkaa imeä vettä
02	-
03	Veden imeytyminen siemeneen täydellistä
04	-
05	Sirkkajuuri tunkeutuu esiin siemenestä
06	-
07	Koleoptiili eli itutuppi tunkeutuu esiin siemenestä
08	-
09	Sirkkalehti näkyvillä aivan koleoptiilin kärjessä
	<u>Oraan kasvu</u>
10 (1)	Sirkkalehti tunkeutuu ulos suojaavasta itupesta
11 (1)	Sirkkalehti täysin avautunut
12	Toinen lehti täysin avautunut
13	Kolmas lehti täysin avautunut
14	Neljäs lehti täysin avautunut
15	Viides lehti täysin avautunut
16	Kuudes lehti täysin avautunut
17	Seitsemäs lehti täysin avautunut
18	Kahdeksas lehti täysin avautunut (ei yleisesti Suomessa)
19	Yhdeksäs lehti täysin avautunut (ei yleisesti Suomessa)
	<u>Versominen</u>
20	Vain pääverso
21 (2)	Pääversion lisäksi yksi sivuverso esillä
22	Pääversion lisäksi kaksi sivuversoa esillä
23	Pääversion lisäksi kolme sivuversoa esillä
24	Pääversion lisäksi neljä sivuversoa esillä
25	Pääversion lisäksi viisi sivuversoa esillä
26 (3)	Pääversion lisäksi kuusi sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
27	Pääversion lisäksi seitsemän sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
28	Pääversion lisäksi kahdeksan sivuversoa esillä (ei yleisesti Suomessa)
29	Pääversion lisäksi vähintään yhdeksän sivuversoa esillä (ei yleisesti)
	<u>Korren piteneminen</u>
30 (4-5)	Pääverso pysty
31 (6)	Ensimmäinen nivel tunnistettavissa
32 (7)	Toinen nivel tunnistettavissa
33	Kolmas nivel tunnistettavissa
34	Neljäs nivel tunnistettavissa
35	Viides nivel tunnistettavissa
36	Kuudes nivel tunnistettavissa
37 (8)	Lippulehti näkyvillä, muttei avautunut

38	-
39 (9)	Lippulehden korvake näkyvillä
40	-
41	Lippulehden tuppi laajenemassa
42	-
43	Lippulehden tuppi juuri näkyvästi turvonnut
44	-
45 (10)	Lippulehden tuppi voimakkaasti turvonnut, mutta ehyt
46	-
47	Lippulehden tuppi raottunut auki antaen tietä laajenneelle tähkälle
48	-
49	Ensimmäiset vihneet näkyvillä <u>Kukinnon esiintulo</u>
50 (10.1)	Ensimmäinen tähkylä juuri näkyvillä
51	-
52 (10.2)	Neljännes kukinnosta näkyvillä
53	-
54 (10.3)	Puolet kukinnosta näkyvillä
55	-
56 (10.4)	Kolme neljännestä kukinnosta näkyvillä
57	-
58 (10.5)	Kukinto kokonaan ulkona tupesta
59	- <u>Kukinta</u>
60 (10.5.1)	Kukinta aluillaan
61-63	-
64	Kukinta puolivälissä
65-67	-
68	Kukinta täydellistä
69	- <u>Maitovaihe</u>
70	-
71 (10.5.4)	Jyvä vetinen
72	-
73 (11.1)	Jyvä aikaisessa maitovaiheessa
74	-
75 (11.1)	Jyvä maitovaiheen keskivaiheilla
76	-
77 (11.1)	Jyvä myöhäisessä maitovaiheessa
78-79	- <u>Taikinavaihe</u>
80-82	-
83 (11.2)	Aikainen taikinavaihe
84	-
85 (11.2)	Pehmeä taikinavaihe
86	-

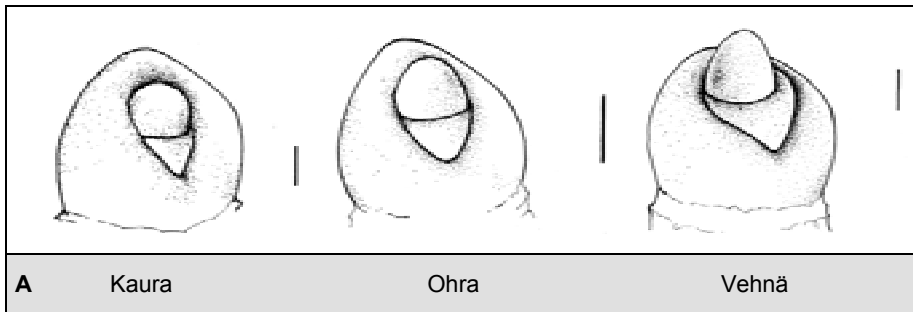
87 (11.2)	Kova taikinavaihe
88-89	-
	<u>Tuleentuminen</u>
90	-
91 (11.3)	Jyvä kova, vaikea halkaista kynnellä
92 (11.4)	Jyvä kova, ei voi halkaista kynnellä
93	Jyvä 'irtonainen'
94	Kasvusto ylituleentunut, olki ränsistynyttä
95	Jyvä dormanssissa eli itämislevossa
96	Jyvistä puolet itämiskykyisiä
97	Jyvät vapautuneet itämislevosta
98	Jyvä vaipunut sekundääriseen itämislepoon
99	Jyvä vapautunut sekundäärisestä itämislevosta

6.2 Kukinnan kehittymistä kuvaavat asteikot

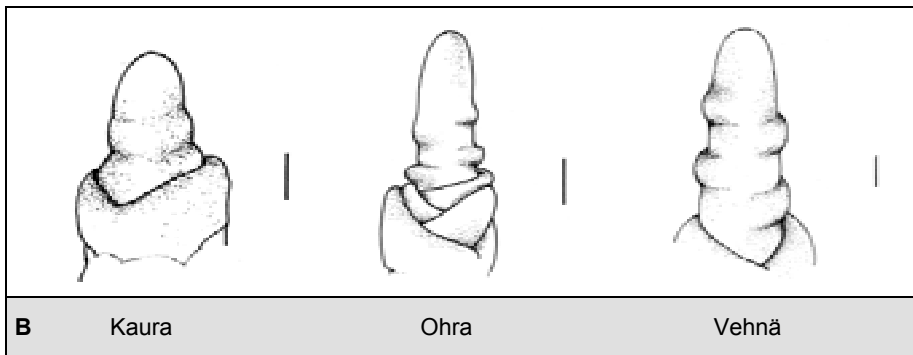
Kukinnan kehittymistä kuvaavia asteikoita kutsutaan mikromorfologisiksi. Niissä eri kehitysvaiheiden tunnistaminen edellyttää suurimmaksi osaksi preparointimikrokoopin käyttöä. Kehitysvaiheiden seuraaminen aloitetaan kasvupisteen ollessa vielä vegetatiivisessa eli suvuttomassa vaiheessa. Tällöin kasvupiste on kupolivaiheessa ja tuottaa vain lehti- ja sivuversoaiheita. Varsinaiset ensimmäiset kukka-aiheet muodostuvat kaksoiskehävaiheessa, kun ensimmäiset tähkylän aiheet erilaistuvat. Erilaisia kehitysvaiheasteikoita ovat julkaisseet mm. Andersen (1952, 1954), Nerson ym. (1980), Klepper ym. (1983), Waddington ym. (1983) ja Åfors ym. (1988). Kaksi viimeksi mainittua asteikkoa ovat selkeitä ja riittävän yksityiskohtaisia ja niiden avulla voi harjaantua tunnistamaan kukinnan eri kehitysvaiheet.

Myös tässä julkaisussa nojaamme Waddingtonin ym. (1983) ja Åforsin ym. (1988) kehitysvaiheasteikoihin. Seuraavilta sivuilta löytyy Åforsin ym. (1988) julkaisema, Fredrik Stendahlin piirtämä kuvasarja kauran, ohran ja vehnän kehitysvaiheista (Kuvat 14A-14Y). Kirjan lopussa osa näistä kehitysvaiheista on esitetty valokuvina, jotka on koodattu Åforsin ym. (1988) kirjainasteikkoa noudattaen.

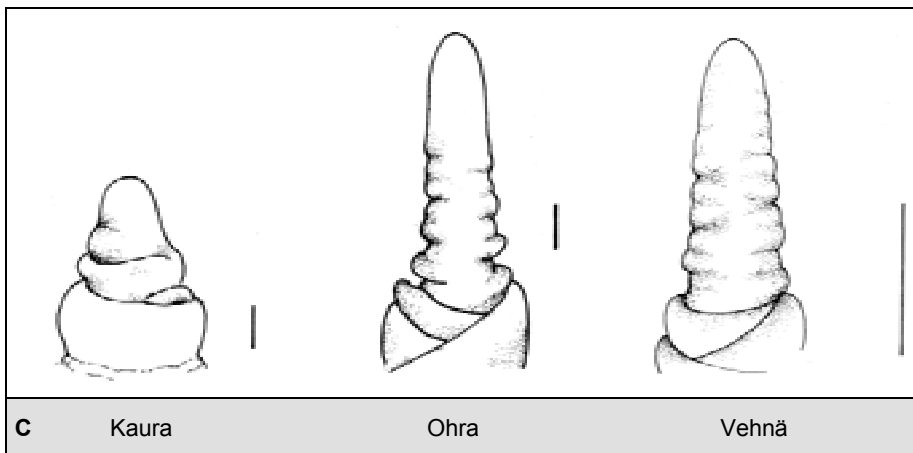
Koska kukinnan kehitysvaiheiden määrittäminen edellyttää mikroskoopin käyttöä, on eri vaiheita pyritty rinnastamaan ulkoisiin, helpommin havaittaviin kasvuasteisiin. Näin voidaan tehdä jossain määrin, mutta yleensä tarkkuudesta tinkien (Peltonen 1992).



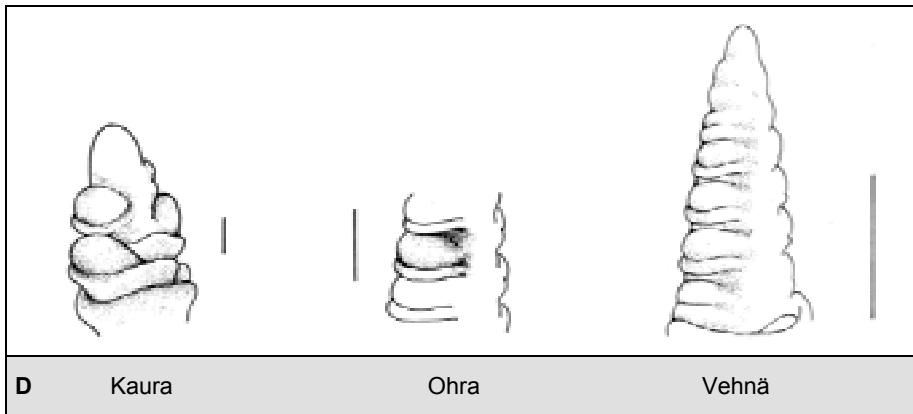
Kuva 14A. Suvuton, lehtiä tuottava kupolivaihe. Kaikki kuvasarjan kuvat (A-Y) on piirtänyt Fredrik Stendahl ja ne on aiemmin julkaistu Åforsin ym. (1988) teoksessa. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,1 mm.



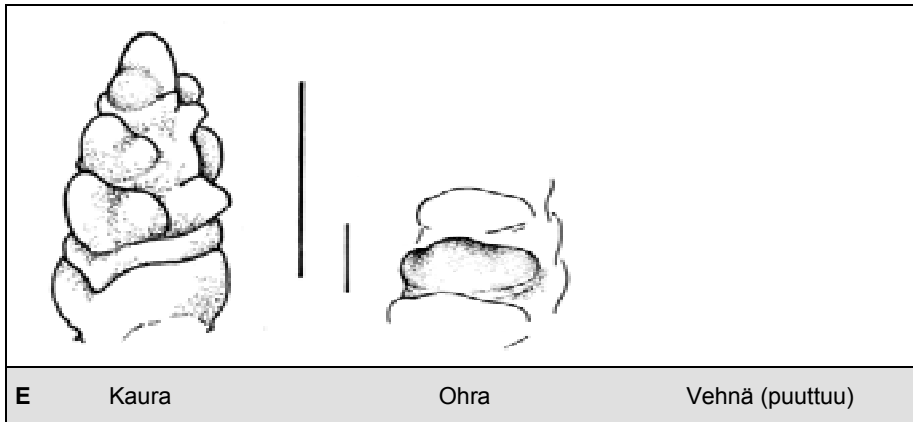
Kuva 14B. Siirtymävaihe. Kasvupiste pitenee, useat lehtiaiheet erilaistuvat. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,1 mm.



Kuva 14C. Ensimmäinen suvullinen kehitysvaihe, kaksoiskehävaihe. Ylempi kehä erilaistuu tähkylänaiheeksi ja alempi lehtiaiheeksi, joka ei kehity. Viivan pituus kauralla ja ohralla 0,1 mm ja vehnällä 0,5 mm.



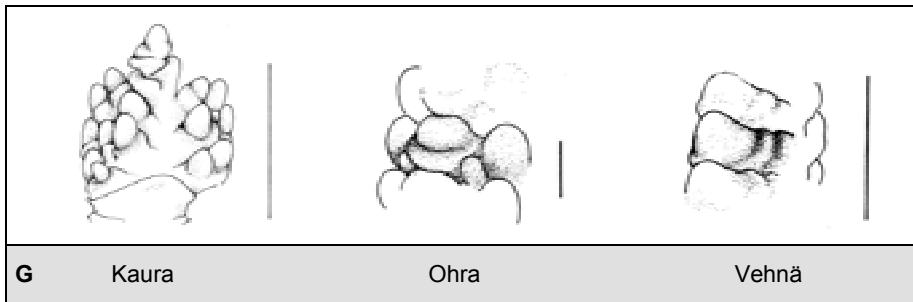
Kuva 14D. Myöhäinen kaksoiskehävaihe. Kukintoaiheeseen erilaistuu useita kaksoiskehämuodostumia. Viivan pituus kauralla ja ohralla 0,1 mm ja vehnällä 0,5 mm.



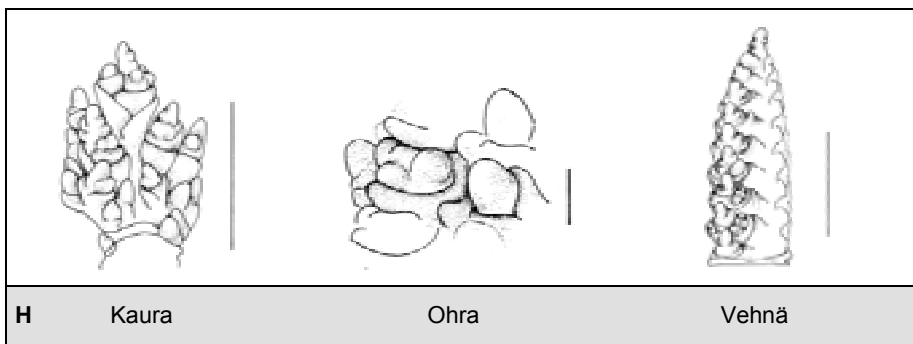
Kuva 14E. Kolmivallivaihe. Tähkylänaiheeseen (ylempi kehä) erilaistuu kolme kohoumaa. Ei vehnällä. Viivan pituus kauralla 0,5 mm ja ohralla 0,1 mm.



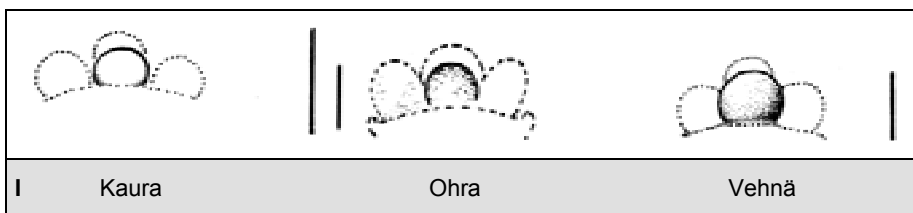
Kuva 14F. Kaleiden aiheet erilaistuvat tähkylän aiheisiin. Viivan pituus kauralla 0,5 mm, ohralla 0,1 mm ja vehnällä 0,5 mm.



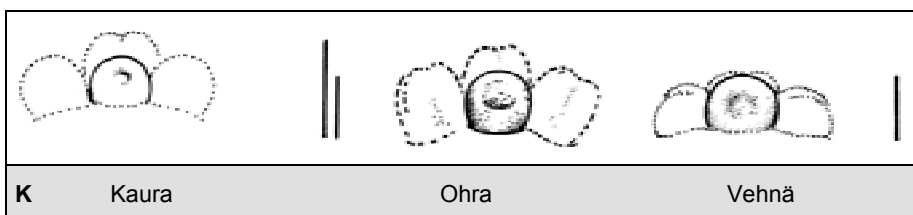
Kuva 14G. Ulkohelven ja kukan aiheet erilaistumassa tähkylöihin. Kaleet kehittyneen voimakkaasti. Viivan pituus kauralla 1,0 mm, ohralla 0,1 mm ja vehnällä 0,5 mm.



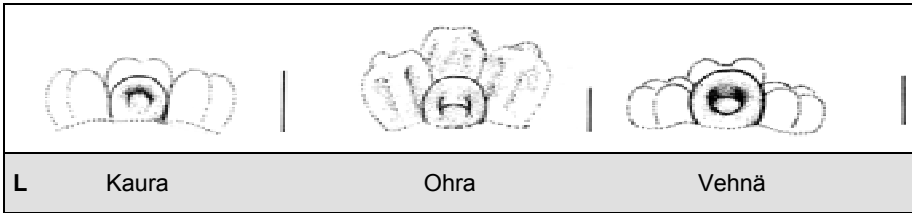
Kuva 14H. Heteiden aiheet erilaistuvat kolmena kohoumana pisimmälle kehittyneisiin kukka-aiheisiin. Viivan pituus kauralla 1,0 mm, ohralla 0,1 mm ja vehnällä 10 mm.



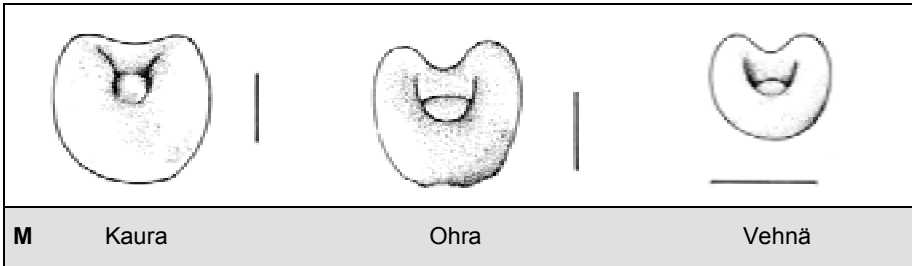
Kuva 14I. Erilaistuvaa emiön aihetta ympäröi heteet. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,1 mm.



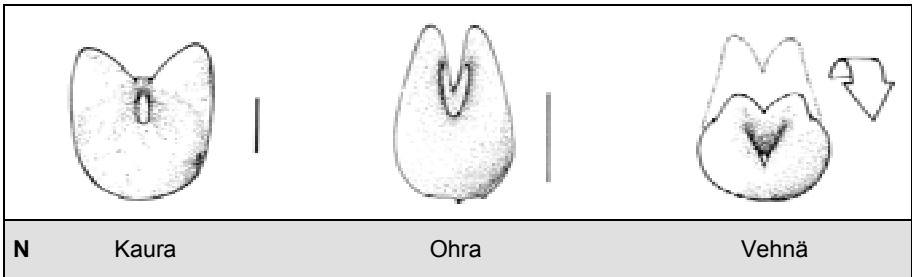
Kuva 14K. Emin aihe on heteiden korkuinen, keskeltä 'kuoppainen'. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,1 mm.



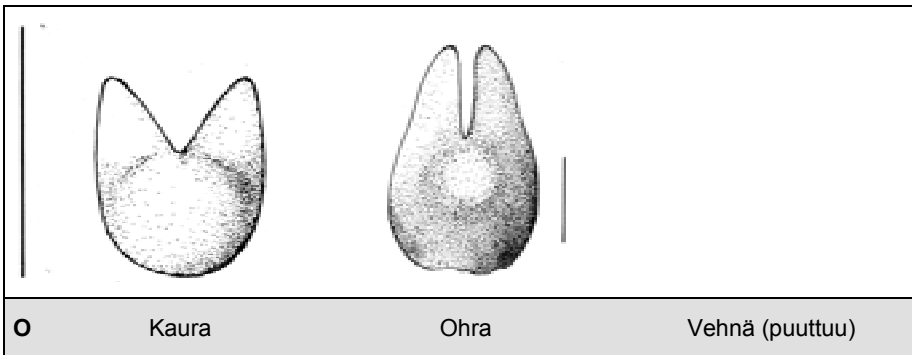
Kuva 14L. Emi on edelleen kehittyneiden heteiden suojassa. Emin kuoppa on syventynyt. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,1 mm.



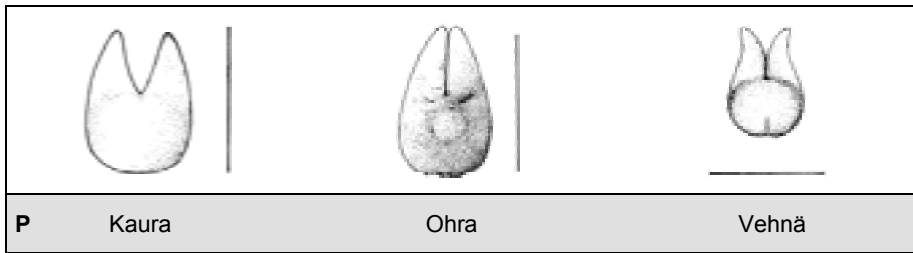
Kuva 14M. Emin vartalo avautuu, 'kuoppa' on syvä. Viivan pituus kauralla ja ohralla 0,1 mm ja vehnällä 0,15 mm.



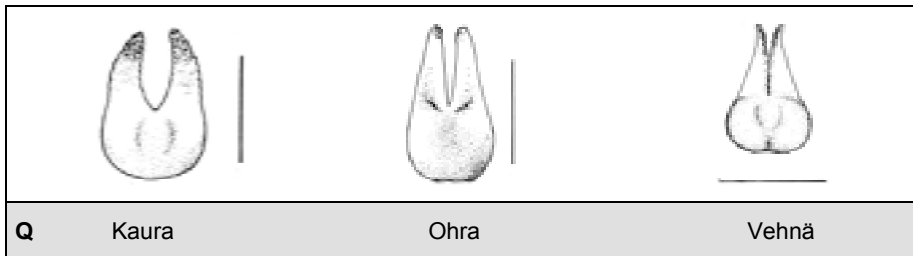
Kuva 14N. Emin vartalon avautumiskohdassa näkyy uurre. Viivan pituus kauralla ja ohralla 0,1 mm.



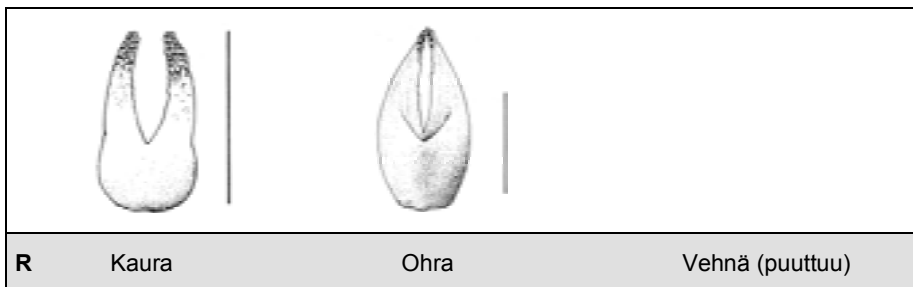
Kuva 14O. Emin vartalo on ulkoneva ja pidentynyt. Ei vehnällä. Viivan pituus kauralla 0,5 mm ja ohralla 0,1 mm.



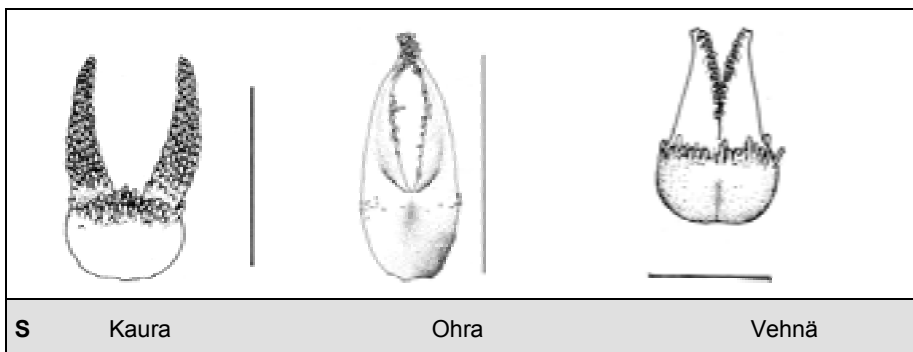
Kuva 14P. Emin vartalo on pidentynyt voimakkaasti. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,5 mm.



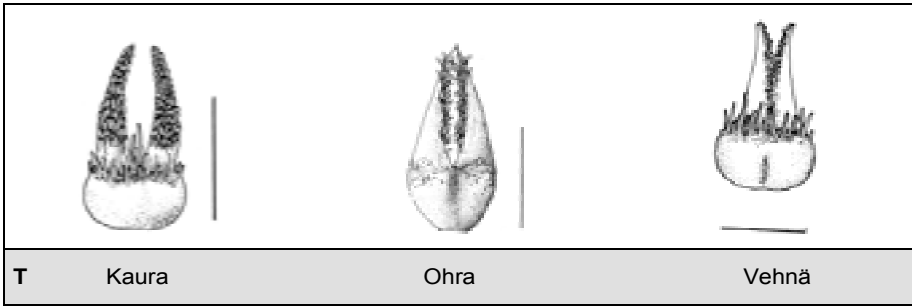
Kuva 14Q. Emin luotteihin erilaistuu luotinnipukoita. Viivan pituus kaikilla lajeilla 0,5 mm.



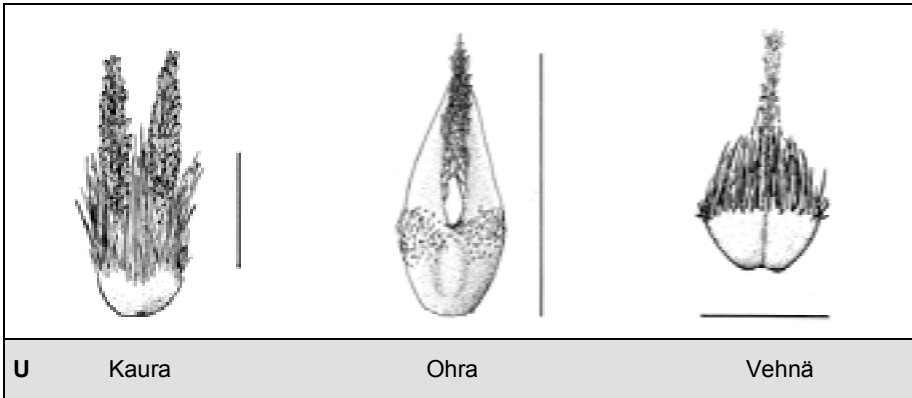
Kuva 14R. Runsaana esiintyvät luotinnipukat pidentyvät. Ei vehnällä. Viivan pituus kauralla 1,0 mm ja ohralla 0,5 mm.



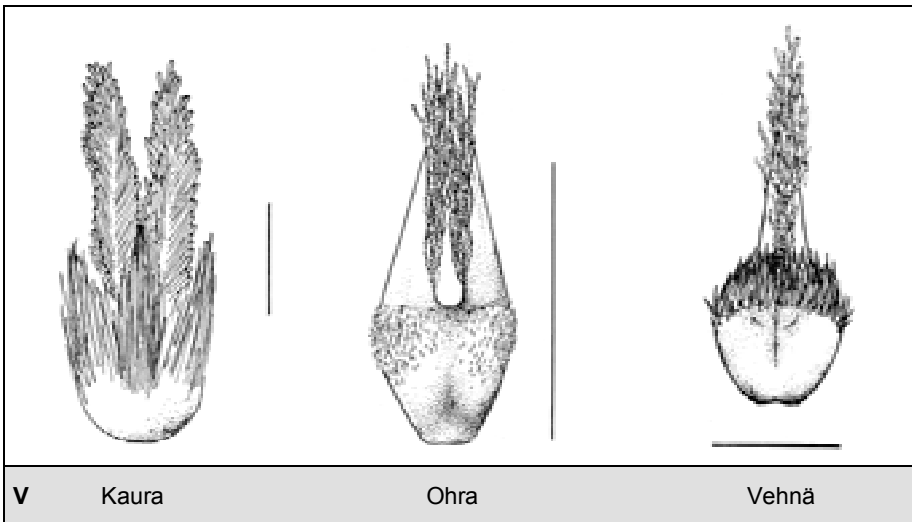
Kuva 14S. Luotinnipukat karvamaisia. Sikiäimessä ensimmäisiä karvoja. Viivan pituus kauralla ja ohralla 1,0 mm ja vehnällä 0,5 mm.



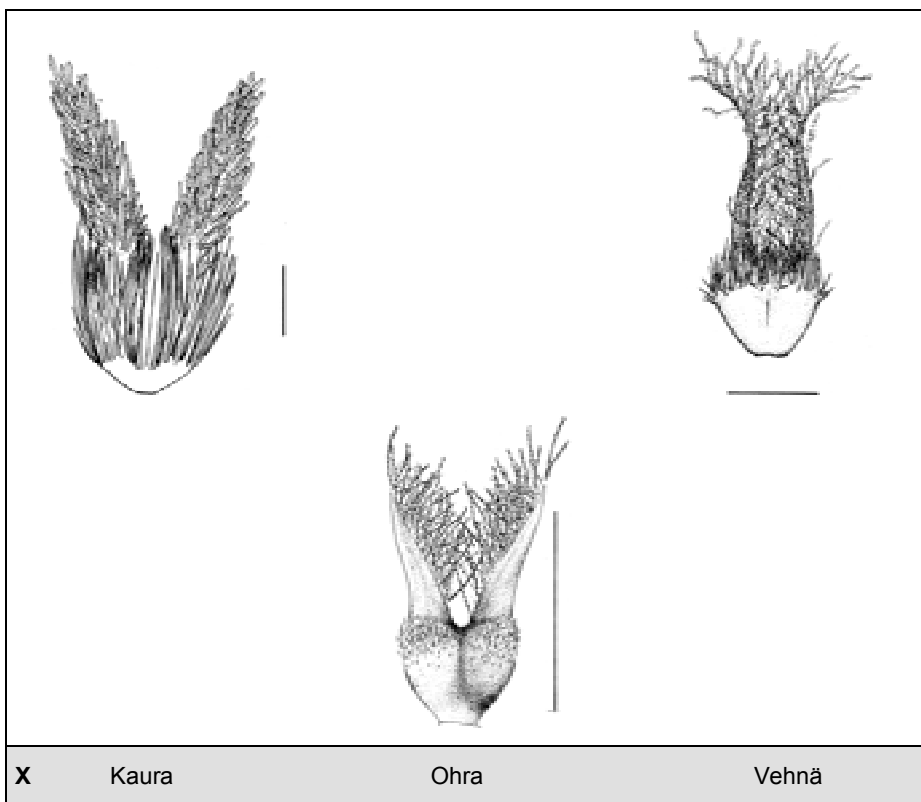
Kuva 14T. Luotinnipukat ja sikiäimen karvat pidentyvät voimakkaasti. Viivan pituus kauralla ja ohralla 1,0 mm ja vehnällä 0,5 mm.



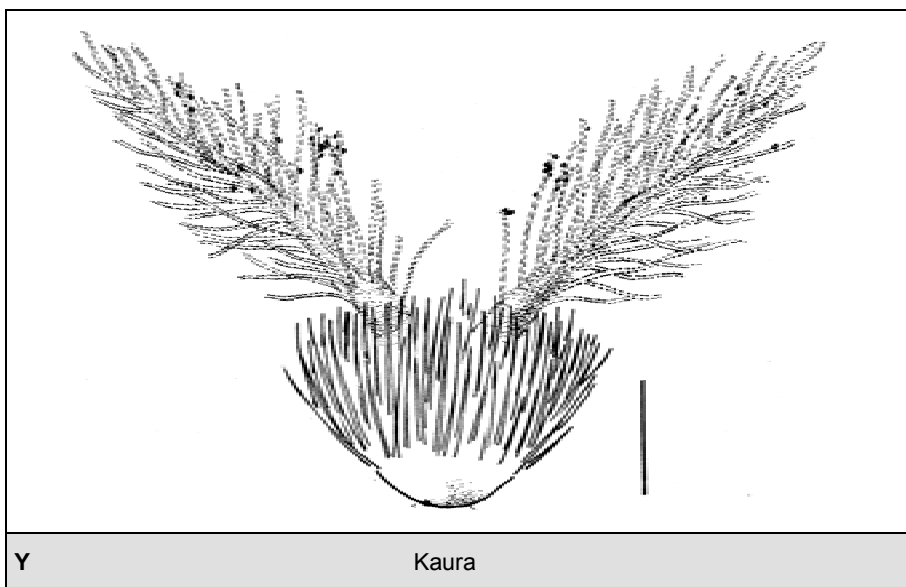
Kuva 14U. Luottien ja sikiäimen karvat muodostavat sotkuisen vyyhdin. Viivan pituus kauralla 1,0 mm, ohralla 2,0 mm ja vehnällä 1,0 mm.

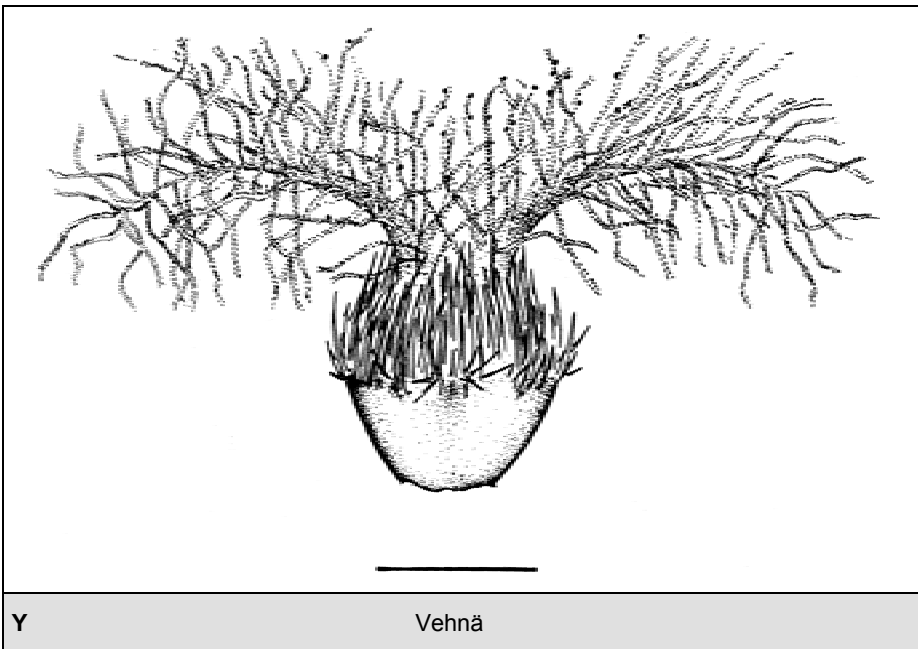
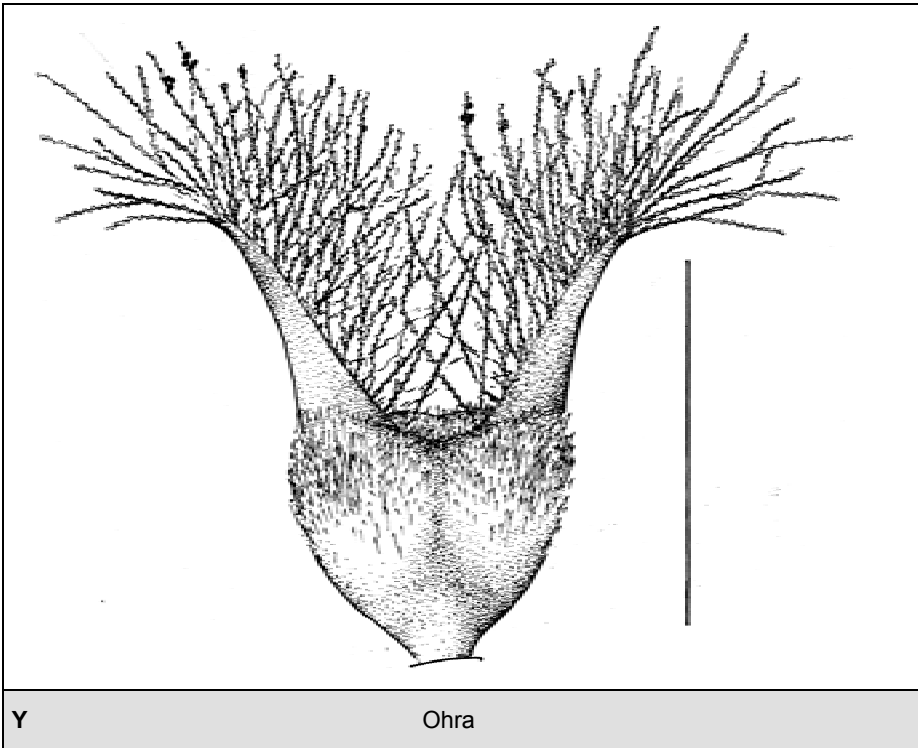


Kuva 14V. Luottien ja sikiäimen karvat kohoavat ylöspäin. Viivan pituus kauralla 1,0 mm, ohralla 2,0 mm ja vehnällä 1,0 mm.



Kuva 14X. Vartalo eriytyy ja luotinkarvat levittäytyvät. Viivan pituus kauralla 1,0 mm, ohralla 2,0 mm ja vehnällä 1,0 mm.



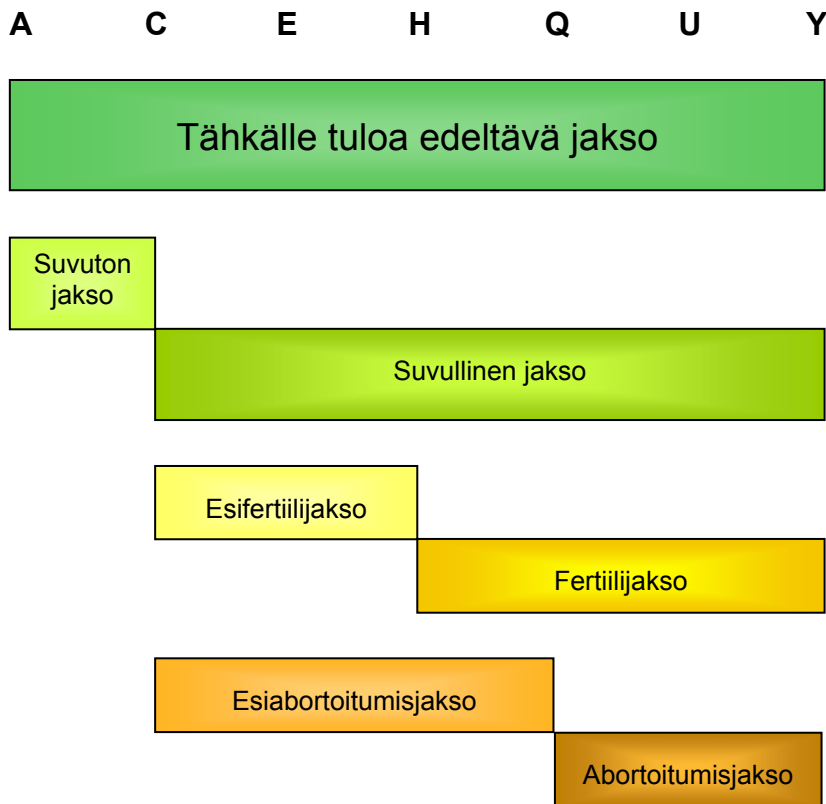


Kuva 14Y. Emi on pölyttymiskypsä. Luotinkarvat ovat levittyneet voimakkaasti vastaanottaakseen siitepölyä. Viivan pituus kauralla (edellinen sivu) 1,0 mm, ohralla 2,0 mm ja vehnällä 1,0 mm.

Kukinnan kehitysvaiheita on varsin runsaasti, eivätkä kaikki niistä ole merkitykseltään samanarvoisia. Kriittisinä vaiheina voidaan perustellusti pitää:

- kaksoiskehävaihetta (C), koska kasvi ottaa suvullisen kehittämisensä ensiaskeleet
- heteiden erilaistumisvaihetta (H), joka on merkki hedelmällisyydestä
- vaihetta, jossa luotinnipukat erilaistuvat emiin (Q), koska epäkypsiin kukkien abortoituminen alkaa (Peltonen-Sainio & Peltonen 1995) ja
- pölyttymisvaihetta (Y), jolloin satopotentiaalinen rakentuminen päättyy ja toteutuminen käynnistyy.

Kriittisimmistä vaiheista voidaan rakentaa edelleen erilaisia kehitysjaksoja (Kuva 15, Peltonen-Sainio & Rajala 2005). Näiden kehitysjaksojen kestolla tai niiden aikaisilla kasvuolosuhteilla saattaa olla ratkaiseva vaikutus sadon tuottokkykyyn.



Kuva 15. Tähkälle tuloa edeltävä kehitysjakso [kirjainkoodit Åforsin ym. (1988) mukaan] voidaan jakaa osajaksoihin.

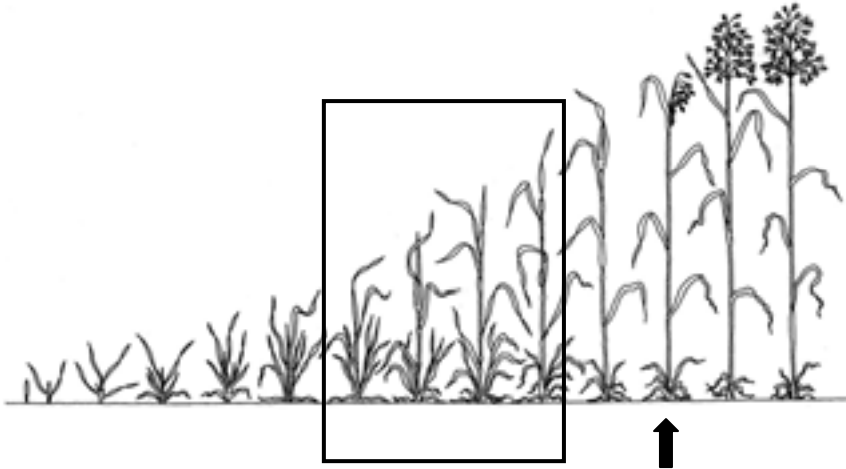
- Kehitys- ja kasvuasteikot ovat aina yksinkertaistuksia moniulotteisista tapahtumasarjoista
- Makromorfologisista kasvuasteikoista yleisimpiä ovat Feekesin (Large 1954) ja Zadoksin ym. (1974) asteikot
- Makromorfologiset asteikot ovat laajasti käytössä ja niiden tarkkuus riittää usein viljelytoimenpiteiden ajoittamiseen
- Kukinnan kehittymistä kuvaavista asteikoista kattavimpia ovat Åforsin ym. (1988) ja Waddingtonin ym. (1983) asteikot
- Kukinnan kehittymistä kuvaavia asteikoita tarvitaan usein esimerkiksi sadonmuodostustutkimuksessa
- Kriittisistä kehitysvaiheista voidaan rakentaa erilaisia kehitysjaksoja, joiden kestolla saattaa olla ratkaiseva vaikutus sadontuottoon, yhdessä jakson aikana ilmenneiden kasvuolojen kanssa

7 Kehitys- ja kasvutapahtumien samanaikaisuus ja vuorovaikutus

Vaikka olemmekin edellä kuvanneet viljakasvien kehitymis- ja kasvutapahtumia yksittäisten vaiheiden kautta, tapahtuu kasvin elinkaaren aikana jatkuvasti monia samanaikaisia tapahtumasarjoja ja muutoksia. Vaikka päähuomio kiinnittyisikin esimerkiksi edellisen kappaleen tapaan kukinnan kehittymistä tapahtumien etenemiseen ja eräiden kriittisten vaiheiden tunnistamiseen, on näiden kehitystapahtumien tuloksena erilaistuvien tähkylöiden määrä monin eri tavoin riippuvainen kasvin kasvusta ja kehittymisestä kokonaisuudessaan, ei vain olosuhteista esimerkiksi kyseisellä ajanhetkellä.

Moninaisten kehitys- ja kasvutapahtumien välillä vallitsee voimakas vuorovaikutus. Vaikka kukinnan kehittymisen eteneminen on riippuvaista ainoastaan päivänpituudesta ja lämpötilasta, erilaistuvien tähkylöiden ja kukkien määrään vaikuttavat kasvin edellytykset tuottaa ja uudelleen kohdentaa rakennusaineina käytettäviä yhteyttämistuotteita. Satopotentialin rakentumisen kannalta kriittisimmät kukinnan kehitystapahtumat läpikäydään oloisamme parin viikon aikana, alkaen noin kolme viikkoa ennen tähkälle tai röyhylle tuloa. Tätä vaihetta voidaan kutsua eräänlaiseksi ”satoisuusikkunaksi”, koska tällöin ratkeaa, mihin satoon kasvusto voi enimmillään yltyä (Kuva 16). Tällä parin viikon ajanjaksolla ilmenevät ongelmat, kuten kuivuus tai ravinteiden niukkuus, saattavat ratkaisevalla tavalla nakertaa sato-odotuksia. Tämän kriittisen jakson tapahtumat eivät kuitenkaan ole riippumattomia siitä,

miten kasvi on kehittynyt ja kasvanut aiemmin. Samoin lopullinen sato ei myöskään ole riippumaton tulevista kasvuoloista jyvien täyttymisen aikaan.



Kuva 16. Viljojen kriittisin kehitys- ja kasvujakso, niin sanottu ”satoisuusikkuna” (kehystetty jakso), alkaa Suomen oloissa noin kolme viikkoa ennen tähkälle tai röyhylle tuloa ja kestää noin kahden viikon ajan. Tällöin erilaistuu suurin osa myöhemmin jyviksi kehittyvistä kukista. Myös kilpailu yhteyttämistuotteista on ankarinta useiden samanaikaisten kasvutapahtumien johdosta. Pölyttymishetkellä (nuoli) ratkeaa, kuinka suuri osa kehittyneistä kukista muodostaa jyvän. (Kuva: Olli Parkkari ja Pirjo Peltonen-Sainio)

Suomen kasvuoloissa aikaisen ja tasaisen taimettumisen merkitys korostuu. Mitä nopeammin viljakasvustosta tulee maan peittävä, sitä paremmat edellytykset sillä on onnistua panostamaan myös hetkeä myöhemmin läpikäytävän, kriittisimmän kehitysjakson eli ”satoisuusikkunan” aikaisiin kehitys- ja kasvutapahtumiin (Kuva 16). Tällöin, parin viikon aikana, erilaistuu suurin osa myöhemmin jyviksi kehittyvistä kukista. Myös kilpailu yhteyttämistuotteista on ankarinta useiden samanaikaisten kasvutapahtumien johdosta. Pian tämän vaiheen jälkeen, pölyttymishetkellä ratkeaa, kuinka suuri osa kehittyneistä kukista muodostaa jyvän. Siksi hetkelliset ankarat stressit saattavat juuri tähkälle tulon yhteydessä heikentää luvassa olleita sato-odotuksia. Huomion arvoista kuitenkin on, että satoisuuden rakentumisen kannalta on ensisijaisen tärkeää onnistua tuottamaan suuri kukkamäärä. Jos kasvustot epäonnistuvat tässä tavoitteessaan, ”satoisuusikkuna” -vaiheen epäsuotuisten kasvuolojen takia, ei kasvustoilla ole juurikaan edellytyksiä myöhemmin korjata kyseistä menetystä vaan sato-odotukset ovat palautumattomasti karisseet.

Myös jyvän täyttymisajan kasvuoloilla on toki merkitystä satoisuuden kannalta, mutta merkitys on huomattavasti vähäisempi kuin ”satoisuusikkuna” -vaiheen aikaan. Ankaran tähkälle tulon aikaisen kuivuuden seurauksena osa kehittyneistä kukista ei onnistu pölyttymään ja tuottamaan jyvää. Merkitys ja vaikutukset ovat oloissamme kuitenkin varsin vähäisiä verrattuna siihen riskiin, että epäsuotuisat kasvuolot osuvat juuri ”satoisuusikkunan” aikaan. Suomen kasvuoloissa kasvuston heikkoihin sato-odotuksiin johtava, alhaiseksi jäänyt jyvämäärä on todennäköisemmin seurausta vähäisestä kukkien tuotannosta ”satoisuusikkuna” -vaiheen aikaan kuin tuotettujen kukkien epäonnistuneesta pölyttymisestä.

”Satoisuusikkuna” -vaiheen aikainen kukkien tuotantokyky on olennaisen tärkeä, koska jyvämäärä tähkää, röyhyä, kasviyksilöä tai pinta-alaa kohti ilmaistuna on merkittävin viljojemme satoisuutta määräävä satokomponentti. Runsas jyvämäärä on aina eduksi sadontuotolle. Mitä runsaammin kasvusto onnistuu tuottamaan jyviä, sitä paremmin jyvät yhdessä kykenevät vaatimaan yhteyttämistuotteita kasvustolta. Toki erilaiset häiriötekijät, kuten kuivuus ja kasvitaudit, ilmaantuessaan jyvien täyttymisen aikaan, nakertavat satoisuutta, mutta sitä vähemmän, mitä enemmän jyviä on onnistuttu tuottamaan. Tämä johtuu siitä, että suuri jyvämäärä onnistuu tehokkaammin vaatimaan yhteyttämistuotteita myös stressistä kärsivältä kasvustolta, mikä näkyy runsasjyväisten kasvustojen suurempana satokertymänä päivää kohti. Vaikka runsas jyvämäärä onkin aina eduksi sadontuoton kannalta, saattaa se joskus olla haitaksi sadon laadulle. Näin käy erityisesti, jos jyväkoko jää pieneksi ja jyvät sen vuoksi runsaskuorisiksi.

Viljelijä voi parantaa viljojen satoisuutta kiinnittämällä erityisestä huomiota kriittisten kehitysjaksojen kasvuedellytyksiin. Tärkeimpiä toimenpiteitä ovat kasvin tasapainoisesta ravinne- ja vesitaloudesta huolehtiminen sekä kasvin tuhoojien, viljoilla erityisesti lehdistöä tuhoavien kasvitautien riittävän aikainen torjunta. Toisaalta kasvin kehitys- ja kasvutapahtumat eivät suinkaan ole riippumattomia sääoloista, mikä väistämättä aiheuttaa vaihtelua alueellisissa ja vuotuisissa sadontuotantoedellytyksissä.

Viljelijä voi vaikuttaa satoisuuteen myös lajikevalinnalla. Kasvinjalostus ei kuitenkaan ole tietoisesti pyrkinyt muuttamaan viljojen kehitysdynamiikkaa ennen tähkälle tuloa. Tämä tarkoittaa, että mikäli lajikkeissa on eroja esimerkiksi kriittisten kehitysvaiheiden keston ja ajoittumisen osalta (vertaa Kuva 15), ovat tällaiset muutokset tapahtuneet puolivahingossa satoisuutta ensisijaisesti valittaessa. Kasvinjalostuksessa valinta perustuu useiden keskeisten ominaisuuksien seurantaan ja valintaan. Tavoitteena on aina parhaiten olosuhteisiin sopivien lajikkeiden kehittäminen. Tämä tarkoittaa, että valittaessa agronomisilta ominaisuuksiltaan ja kasvuajaltaan soveliaita linjoja jatkoon ja yhdistettäessä tämä tietämys kasvin menestymistä kuvaavaan keskeisimpään ominaisuuteen, satoisuuteen, valikoidaan väistämättä suuri joukko ominaisuuksia, joita ei aineistojen laajuuden takia voida mitata. Näiden ominaisuuksien

sien tulee vaan olla soveliaassa ”kunnossa”, jotta lopputuloksena on askel eteenpäin – eli aikaisempia parempi lajike.

Voimme kuitenkin kysyä, johtaako tämä edellä kuvattu aina väistämättä parhaaseen lopputulokseen vai pystymmekö ottamaan yhä uusia edistysaskeleita hyödyntämällä kehitystapahtumiin liittyvää tietoa? Kysymys on mielenkiintoinen, koska yleisesti hyväksytyt tosiseikat lienee; mitä enemmän on jo saavutettu, sitä vaikeampaa on lisämenestyksen aikaansaaminen. Tämä ilmiö korostuu, jos menetelmävalikoima ei muutu tai monipuolistu. Ilmiöön on törmätty myös jalostettaessa satoisuutta. Viime vuosikymmeninä satoisuuskehitys on hidastunut, monin paikoin ja jopa tasaantunut eri puolilla maailmaa, pohjoiset viljelyalueet mukaan luettuna (Slafer ym. 1994, Calderini & Slafer 1998, Slafer & Peltonen-Sainio 2001).

Viljojen kehitystapahtumien uudelleen rytmittämisen vaikutuksia kasvin sadontuottokykyyn, erityisesti satopotentialin rakentumiseen on tutkittu monipuolisesti vehnällä ja ohralla. Nämä tutkimukset ovat antaneet viitettä, että satoisuutta voidaan tulevaisuudessa parantaa muuttamalla viljojen kehitysrytmiä - erityisesti korostamalla ennen tähkälle tuloa edeltävän kriittisen, ”satoisuusikkuna” -vaiheen kestoa. Tätä kehitysjaksoa voidaan pidentää ottamalla risteytysvanhemmiksi aineistoa, joka vaikuttaa siihen, miten kasvi reagoi päivänpituuteen (González ym. 2002, 2003a ja 2003b, Whitechurch & Slafer 2002). Kyseinenkään menetelmä ei kuitenkaan sinällään ole sovellettavissa Suomeen, koska kylväessämme kevätiljat päivä on jo varsin pitkä, eikä rajoita viljojen kehitystapahtumien etenemistä – ennemminkin päinvastoin.

Myös Suomessa on tutkittu kauran kehitysvaiheiden ja -jaksojen ajoittumista sekä niissä mahdollisesti tapahtuneita, kasvinjalostuksella aikaansaatuja muutoksia (Peltonen-Sainio & Rajala 2005). Eroja ilmeni, mutta kiivaasta kehitysrytmistä johtuen lajike-erot jäivät varsin kohtuullisiksi. Toisaalta kaikki on suhteellista: sinällään pieneltä tuntuvalla, yhden tai kahden päivän erolla eri kehitysjaksojen pituudessa saattaa olla suuri merkitys sadon rakentumisen kannalta oloissamme. Pitkässä päivässä kehittyminen on kiivasta ja etenee parissa päivässä saman verran kuin viikossa Keski- tai Etelä-Euroopan oloissa. Tutkitussa kaura-aineistossa oli eroja kehitysjaksojen pituudessa. Erityisesti esiabortoitumis- ja abortoitumisjakso olivat muuttuneet viime vuosittaisen kasvinjalostuksemme myötä. Näillä muutoksilla ei kuitenkaan ollut ratkaisevaa merkitystä satokomponenttien rakentumisen tai toteutumisen kannalta. Mielenkiintoinen havainto kuitenkin oli, että kauranjalostuksemme on selvästi lyhentänyt kasvuaikaa kylvöstä puintiin ja siitä huolimatta satoisuus on parantanut. Tällainen muutos on voinut tapahtua vain, koska uusilla lajikkeilla on ollut kyky tuottaa vanhoja lajikkeita enemmän jyviä röyhyä kohti.

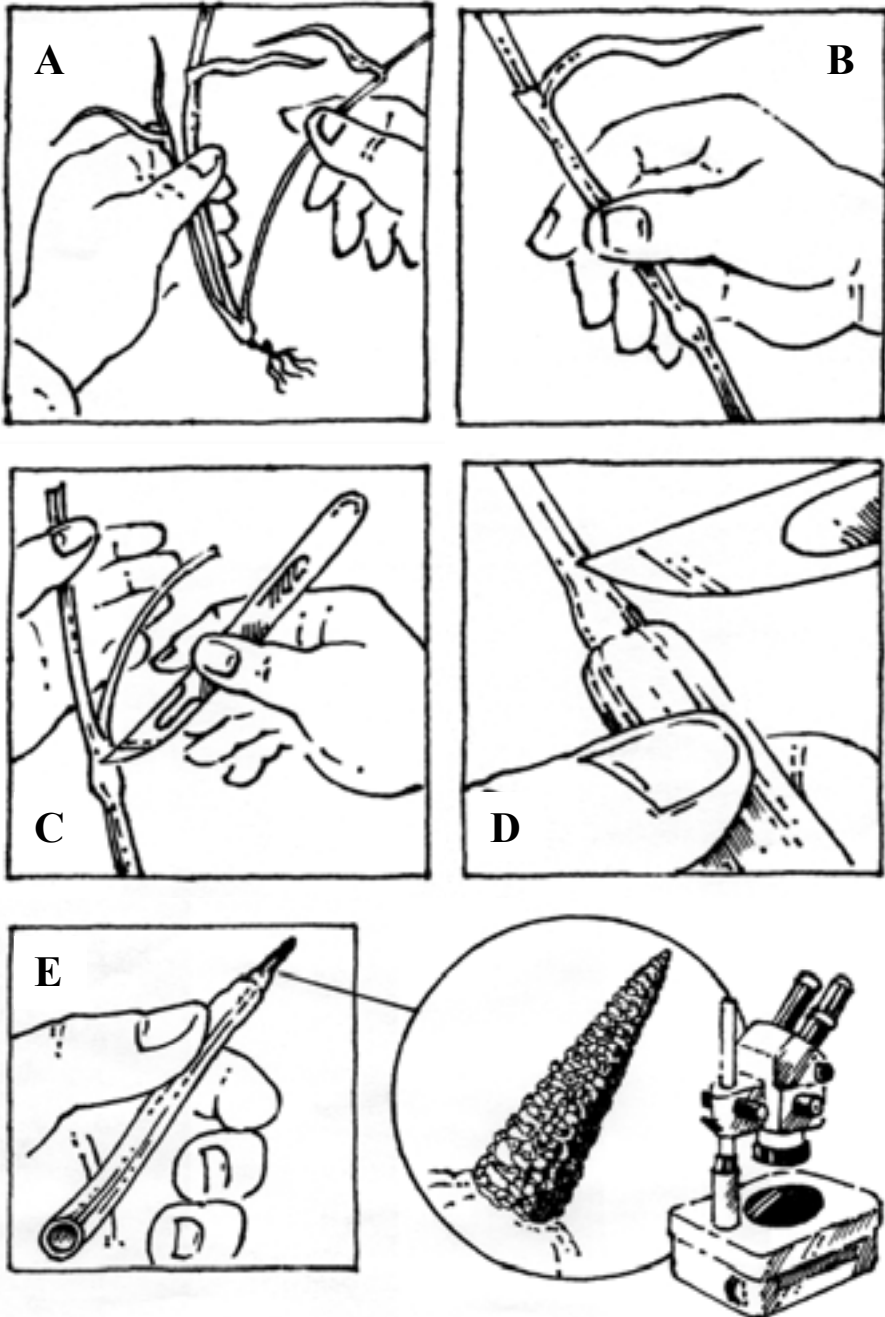
Ilmastonmuutos tulee muuttamaan tulevaisuudessa viljojemme kehitysdynamiikkaa merkittävästi. Mikäli ilmasto lämpenee ja kylvöille päästään nykyistä merkittävästi aikaisemmin, altistuvat viljakasvustomme nykyisestä poiketen lyhyemmän päivän oloihin kasvun alkuvaiheessa. Tämä vaikuttaa merkittävästi kehityksen etenemiseen ja varsinkin eri kehitysjaksojen suhteellisiin kestoisiin. Oletuksena on, että vaikutukset ovat satoisuutta edistäviä.

- Eriolaisten kehitys- ja kasvutapahtumien välillä vallitsee voimakas vuorovaikutus
- Satopotentialin rakentumisen kannalta kriittisimmät kukinnon kehitystapahtumat läpikäydään oloissamme parin viikon aikana, alkaen noin kolme viikkoa ennen tähkälle tai röyhylle tuloa
- Tällöin ratkeaa satopotentiali eli mihin satotasoon kasvusto voi enimmillään ylittää
- Tällöin ilmenevät ongelmat, kuten kuivuus tai ravinteiden niukkuus, saattavat nakertaa sato-odotuksia ratkaisevasti
- Tämän kriittisen jakson tapahtumat eivät kuitenkaan ole riippumattomia siitä, miten kasvi on kehittynyt ja kasvanut aiemmin tai minkälaisille oloille kasvi tulee altistuumaan jyvien täyttymisen aikaan

8 Käytännön ohjeita määritystyöhön

Vaikka makromorfologisten kasvuasteikoiden käyttö on kenttätyössä huomattavasti vaivattomampaa kuin kukinnon kehitysasteiden määrittäminen, ei tämäkään ole missään nimessä mahdotonta. Määrittämisessä tarvitaan stereomikroskoopi, preparointiveitsi ja kuvitettu opas, jossa eri kehitysvaiheet on esitetty. Vakaa käsi on eduksi, vaikka pienellä harjoittelulla kasvupisteen esiin kaivaminen onnistuu kyllä ilman luontaisia ”kirurgin kykyjäkin”.

Mikäli tutkittava kasviyksilö on versonut, on pääverso erotettava sivuversoista (Kuva 17, A). Määrittäminen tapahtuu pääversosta, koska se on oloissamme aina sivuversoja pidemmälle kehittynyt. Tilanteesta riippuen saattaa olla myös mielenkiintoista ja perusteltua tutkia pää- ja sivuversojen eroja kehitysrytmisissä. Tällöin määrittäminen tehdään kaikista versoista sen jälkeen, kun niiden hierarkkinen järjestys on selvitetty (Kuva 1).



Kuva 17. Keskeisimmät näytteen käsittelyvaiheet tutkittaessa viljojen kukinnon kehitysvaihetta. A: Kasvista tunnustetaan pääverso ja poistetaan sivuver-
sot. B: Etsitään ylin solmu sormin tunnustelemalla. C: Lehtituppi poistetaan
varovasti kyseisen solmun yläpuolelta. D: Viimeisimmät rullalla olevat lehdet
poistetaan niiden suojaamaa kukintoa vahingoittamatta. E: Kukinnon kehitys-
vaihe tunnustetaan mikroskoopin avulla. (Kuvat: Olli Parkkari)

Kasvupiste sijaitsee aina ylimmän solmun välittömässä läheisyydessä, aivan sen yläpuolella. Kerättäessä kasvun alkuvaiheessa olevia näytteitä on syytä olla tarkkana, sillä ylimmäinen solmu ja kasvupiste ovat aivan maanpinnan tuntumassa. Siksi onkin hyvä kerätä kasvit vetämällä ne maasta kevyesti juurineen. Tällöin koleoptiilinelväli sekä usein myös ravinteista tyhjennetty kylvösiemen tulevat mukaan. Jäykältä saveltakin tämä onnistuu, kun poistaa ensin varovasti sormellaan maata taimen ympäriltä. Myöhemmissä kasvuvaiheissa, korren lähdettyä pitenemään, ylimmäinen solmu on jo helposti tunnistettavissa, eikä näytteiden kaivamiseen maasta juurineen ole enää tarvetta.

Alkuvaiheissa ylimmän solmun voi tuntea sormien välissä, kun tunnustelee orasta varovasti (Kuva 17, B). Se voi myös näkyä hentona kohoumana kasvin tyvellä. Kun ylin solmu on tunnistettu, voi sen yläpuoliset osat leikata pois. Aikaisten kehitysvaiheiden ollessa kyseessä, solmun yläpuolelle on hyvä jättää pari kolme senttimetriä ”pelivaraa”. Myöhemmissä kehitysvaiheissa, korren jo pidennyttyä, täytyy solmun yläpuolelle jättää reilusti tilaa, ettei vahingossa saksikielisiä tärkeitä tai röyhyä poikki. Tällöin saattaa erityisesti kauralla menettää juuri pisimmälle kehittyneet röyhyn osat.

Esivalmisteluissa myös solmun alapuolelle on syytä jättää vähintään pari kolme senttimetriä näytettä, jotta näytteestä saa tukevan otteen ja käsittely helpottuu. Tämän jälkeen voi alkaa kuorimaan varovasti solmun yläpuolisia, kasvupistettä ympäröiviä kasvulehtiä preparointiveistä (ns. kertakäyttöinen kirurgiveitsi) apuna käyttäen (Kuva 17, C). Kun uloimmat lehdet on poistettu, näyte siirretään mikroskoopin alle, jolla tarkastellaan mahdollista tarvetta poistaa vielä viimeisimmät, hyvin pienikokoiset, kasvupistettä ympäröivät lehdet (Kuva 17, D). Viimeisten lehtien poistamiseksi näytettä käännettäessä, pitäen kiinni kasvupisteen alapuolelle jätetystä osasta. Samanaikaisesti leikataan varovasti veitsen kärjellä kasvupistettä yhä ympäröiviä lehtiä niiden tyveltä. Erityisesti tämä vaihe vaatii suurta huolellisuutta, sillä pieni kasvupiste leikkaantuu helposti kokonaan irti. Myöhemmissä kehitysvaiheissa kukinnan etsiminen helpottuu huomattavasti. Helpoimmillaan se on, kun lippulehti on työntynyt tai juuri työntymässä esiin. Tällöin kukinnan esille saaminen edellyttää ainoastaan hiljaksen pullistumassa olevan ylimmän tupen varovaista raottamista ja poistamista. Tämä onnistuu ilman mikroskooppia.

Kun lehdet on onnistuneesti poistettu, tarkastellaan kasvupistettä mikroskoopin alla (Kuva 17, E) ja etsitään kehitysvaiheoppaasta näytettä parhaiten vastaava kehitysvaihe. Kukinnan kehitys etenee ohralla ja vehnällä tähkän alaosista ja keskiosista tähkän yläosiin, joten pisimmälle kehityksessä edenneet osat sijaitsevat tähkän ala- tai keskiosissa. Kauralla tilanne on päinvastainen, sillä röyhyn ylin tähkylä on edistynein. Erot kukinnan kehitysrytmissä voivat olla useita päiviäkin kukinnan eri osissa. Esimerkiksi kauran röyhyn ylimmän tähkyläparin pölyttymisestä kului yli kymmenen päivää, kunnes röyhyn alimmat tähkylät saavuttivat pölyttymiskypsyyden (Rajala & Peltonen-Sainio 2004). Määritettäessä kasviyksilön kukinnan kehitystasetta tuleekin

kiinnittää huomiota siihen, että määrittäminen tehdään pisimmälle kehityksessään edenneistä tähkylöistä.

Emin ja heteiden kehittymiseen asti (I-K –vaiheet, Kuva 14I-14K) itse kukintoa ei tarvitse preparoida lehtien poistamisen jälkeen, jotta kukinnon kehitysvaihe olisi määritettävissä. Kun siirrytään emin kehittymisen seuraamiseen (K-vaiheesta eteenpäin), tulee emi ”kaivaa” esiin kaleiden ja myöhemmissä kehitysvaiheissa myös helpeiden suojasta. Lisäksi emiä ympäröivät heteet tulee poistaa, jotta päästään tarkastelemaan itse emiä. Tässä vaiheessa tutkittava, varsin pienikokoinen emi saattaa tulla telotuksi veitsellä, mutta pienellä harjoittelulla näistäkin kompastuskivistä selviää. Olennaista onkin, että pelolta kerätään riittävästi näytteitä mahdollisen preparoinnin aikana tapahtuvan näytehukan takia.

Kun halutaan määrittää kasvuston kehitysvaihetta koeruuduilta, tulee määritettävistä kasviyksilöistä kerätä riittävästi. Usein koeruudulta riittää noin kymmenen kasviyksilön kehitysvaiheen määrittäminen. Tällöin päästään varsin hyvään käsitykseen, missä vaiheessa kasvusto on. Jos määrittäminen tehdään suuremmalta alalta, esimerkiksi peltolohkolta, näytemäärä on hyvä tuplata.

9 Kirjallisuus

- Alaoui, El, A.C., Simmons, S.R. & Crookston, R.K. 1992. Allocation of photoassimilate by main shoots and nonsurviving tillers in barley. *Crop Science* 32: 1233-1237.
- Andersen, S. 1952. Methods for determining stages of development in barley and oats. *Physiologia Plantarum* 5: 199-210.
- Andersen, S. 1954. Methods for determining stages of development in wheat. *Physiologia Plantarum* 7: 513-516.
- Bonnett, O.T. 1935. The development of the barley spike. *Journal of Agricultural Research* 51: 451-457.
- Bonnett, O.T. 1936. The development of the wheat spike. *Journal of Agricultural Research* 53: 445-451.
- Bonnett, O.T. 1937. The development of the oat panicle. *Journal of Agricultural Research* 54: 927-931.
- Bonnett, O.T. 1961. The oat plant: its histology and development. University of Illinois. *Agricultural Experiment Station Bulletin* 672. 112 s
- Bonnett, O.T. 1966. Inflorescences of maize, wheat, rye, barley and oats: their initiation and development. University of Illinois. *Agricultural Experiment Station Bulletin* 721. 112 s.
- Bruinsma, J. & Swart, J. 1962. The development of the rye spike until emergence. *Acta Botanica Neerlandica*. 11: 411-417.
- Burrows, V.D. 1986. Breeding oats for food and feed: conventional and new techniques and materials. Teoksessa: Webster, F.H. (ed.). *Oats: Chemistry and technology*. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists. s. 13-46.
- Calderini, D.F. & Slafer, G.A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. *Field Crops Research* 57: 335-347.
- García del Moral, L.F., Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 2002. Initiation and appearance of vegetative and reproductive structures throughout barley development. Teoksessa: Slafer, G.A. ym. (eds.). *Barley Science. Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. Binghamton, USA: Food Product Press. s. 243-268. ISBN 1-56022-909-8.
- González, F.G., Slafer, G.A. & Miralles, D.J. 2002. Vernalization and photoperiod responses in wheat pre-flowering productive phases. *Field Crops Research* 74: 183-195.

- González, F.G., Slafer, G.A. & Miralles, D.J. 2003a. Grain and floret number in response to photoperiod during stem elongation in fully and slightly vernalized wheats. *Field Crops Research* 81: 17-27.
- González, F.G., Slafer, G.A. & Miralles, D.J. 2003b. Floret development and spike growth as affected by photoperiod during stem elongation in wheat. *Field Crops Research* 81: 29-38.
- Kirby, E.J.M. & Appleyard, M. 1984. Cereal plant development – assessment and use. Teoksessa: *The Nitrogen Requirement of Cereals*. Reference book 385. Lontoo, Iso-Britannia: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. s. 21-39.
- Klepper, B., Tucker, T.W. & Dunbar, B.D. 1983. A numerical index to assess early inflorescence development in wheat. *Crop Science* 23: 206-208.
- Langer, R.H.M. & Hill, G.D. 1982. *Agricultural Plants*. Cambridge, Iso-Britannia: Cambridge University Press. 344 s.
- Large, E.C. 1954. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology* 3: 128-129.
- Lauer, J.G. & Simmons, S.R. 1985. Photoassimilate partitioning of main shoot leaves in field-grown spring barley. *Crop Science* 25: 851-855.
- Moncur, M.W. 1981. *Floral Initiation in Field Crops. An Atlas of Scanning Electron Micrographs*. Melbourne, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Csiro. 135 s.
- Nerson, H., Sibony, M. & Pinthus, M.J. 1980. A scale for the assessment of the development of the wheat (*Triticum aestivum* L.) spike. *Annals Botany* 45: 203-204.
- Peltonen, J. 1992. Estimating apical development using the external growth characteristics of wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 169: 236-246.
- Peltonen-Sainio, P. 1990. Viljojen kehitysvaiheet ja niiden seuranta. 3. laajennettu painos. Helsingin yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. Julkaisuja N:o 23. Helsinki, Suomi: Helsingin yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos. 58 s.
- Peltonen-Sainio, P. 1991. Effect of moderate and severe drought stress on the pre-anthesis development and yield formation of oats. *Journal of Agricultural Science in Finland* 63: 379-389.
- Peltonen-Sainio, P. 1994. Yield component differences between naked and conventional oat. *Agronomy Journal* 86: 510-513.

- Peltonen-Sainio, P. 1997. Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agronomy Journal* 89: 140-147.
- Peltonen-Sainio, P. & Pekkala, T. 1993. Numeric codes for developmental stages of oat apex in the growing conditions of Southern Finland. *Agricultural Science in Finland* 2: 329-336.
- Peltonen-Sainio, P & Peltonen, J. 1995. Floret set and abortion in oat wheat under high and low nitrogen regimes. *European Journal of Agronomy* 4: 253-262.
- Peltonen-Sainio, P. & Rajala, A. 1994. Kasvihormonit – metabolia ja merkitys peltokasvien sadonmuodostuksessa. Helsingin yliopiston Kasvintuotantotieteen laitos, Kasvinviljelytieteen osasto. Julkaisu N:o 42. Helsinki, Suomi: Helsingin yliopiston Kasvintuotantotieteen laitos. 151 s.
- Peltonen-Sainio, P. & Rajala, A. 2005. Duration of vegetative and generative development phases and their contribution to growth rate and yield determination in oat cultivars released since 1921. *Käsikirjoitus*.
- Peltonen-Sainio, P., Rajala, A. & Teräväinen, H. 2003. Laatusiemenen tuotanto. *Tieto Tuottamaan* 100. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. 90 s. ISSN 0357-7295. ISBN 951-808-108-5.
- Peltonen-Sainio, P., Kirkkari, A.-M. & Jauhiainen, L. 2004. Characterising strengths, weaknesses, opportunities and threats in producing naked oat as a novel crop for northern growing conditions. *Agricultural and Food Science* 13: 212-228.
- Rajala, A. & Peltonen-Sainio, P. 2004. Intra-plant variation for progress of cell division in developing oat grains: a preliminary study. *Agricultural and Food Science* 13: 163-169.
- Rajala, A., Peltonen-Sainio, P. & Salmenkallio-Marttila, M. 2004. Cell division rate of developing barley grain: growing condition effect. Teoksessa: 9th International Barley Genetics Symposium, Brno, Tsekin tasavalta. Book of abstracts. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* 49, Special issue s. 85.
- Rajalahti, R. & Peltonen, J. 1993. Mode of action of phenoxy and sylfonylurea herbicides and their implication in herbicide injuries of cereals. Publication N:o 40. Helsinki, Suomi: Helsingin yliopiston Kasvintuotantotieteen laitos 22 s.
- Slafer, G.A. & Peltonen-Sainio, P. 2001. Yield trends of temperate cereals in high latitude countries from 1940 to 1998. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 121-131.

- Slafer, G.A., Satorre, E.H. & Andrade, F.H. 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. Teoksessa: Slafer, G.A. (ed.). Genetic Improvement of Field Crops. New York, USA: Marcel Dekker. s. 1-68.
- Tottman, D.R. 1987. The decimal code for growth stages of cereals, with illustrations. *Annals Applied Biology* 110: 441-454.
- Waddington, S.R., Cartwright, P.M. & Wall, P.C. 1983. A quantitative scale of spike initial and pistil development in barley and wheat. *Annals Botany* 51: 51: 119-130.
- Whitechurch, E.M. & Slafer, G.A. 2002. Contrasting *Ppd* alleles in wheat: effects on sensitivity to photoperiod in different phases. *Field Crops Research* 73: 95-105.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.
- Åfors, M., Ohlander, L. & Stendahl, F. 1988. Stråsådens utveckling I. En litteraturstudie och beskrivning av en skala för bestämning av stråsådens ax- respektive vippanlag. Institutionen för Växtodlingslära. Växtodling 1. Uppsala, Sweden: Sveriges Lantbruksuniversitet. 75 s.

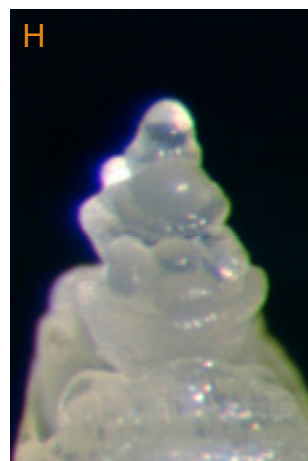
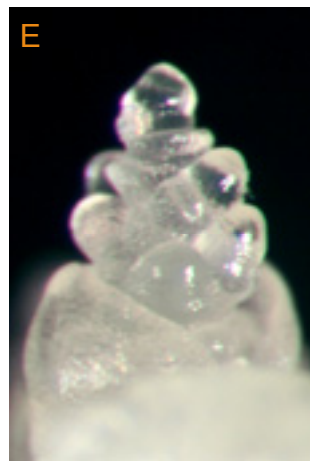
10 Liitteet

Liite 1. Kehittymiseen ja kasvuun liittyvää terminologiaa suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi.

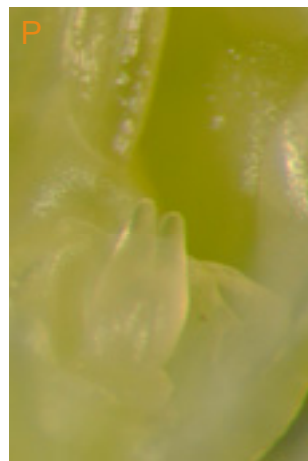
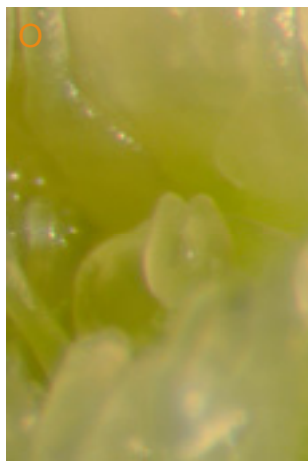
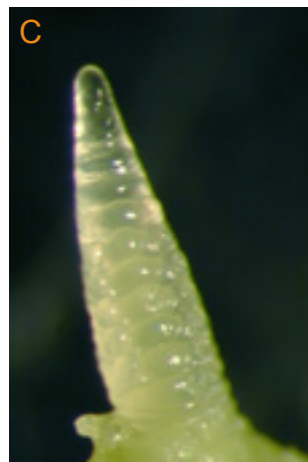
Suomi	Ruotsi	Englanti
Abortoituminen	Abort	Abortion
Aihe	Anlag	Primordium
Aleuronikerros	Aleuron	Aleuron layer
Alkio	Embryo	Embryo
Emi	Karpell	Carpel
Emiö	Pistill	Pistil
Endospermi	Endosperm	Endosperm
Hede	Ståndare	Stamen
Hedelmällinen	Fertil	Fertile
Hedelmöittyminen	Befruktning	Fertilization
Itutuppi	Koleoptil	Coleoptile
Itäminen	Groning	Germination
Itämiskyky	Groningsförmåga	Germination capacity
Itämislepo	Groningsvila	Dormancy
Jyvä	Kärna	Kernel, grain
Kaksoiskehävaihe	Dubbelringstadium	Double ridge stage
Kale	Skärmfjäll	Glume
Kasvu	Tillväxt	Growth
Kasvupiste	Tillväxtpunkt	Growing point
Kauna	Kalkfjäll	Lodicule
Kehittyminen	Utveckling	Development
Kehitysvaihe	Utvecklingsstadium	Development stage
Kieleke	Snärp	Ligule
Koleoptiiliverso	Koleoptilskott	Coleoptile tiller
Kolmivallivaihe	Trippel-vallstadium	Triple mound stage
Korsi	Strå	Stem, culm, straw
Korvake	Stipel	Stipule
Kukinta	Blomning	Flowering, anthesis
Kukinto	Blomställning	Inflorescence
Kukka	Blomma	Floret
Lapakko	Axspindel	Rachis
Lehti	Blad	Leaf
Lehtilapa	Baldskiva	Leaf lamina
Lehtituppi	Bladslida	Leaf sheath
Liiste	Småaxspindel	Rachilla
Lippulehti	Flaggblad	Flag leaf
Luotinnipukka, -karva	Märkesflik	Stigmatic branch
Luotti	Märke	Stigma
Maitotuleentuminen	Mjölmognad	Milk ripeness
Monikukkainen	Flerblommig	Multiflorous
Nivel, solmu	Nod, led	Node
Nivelväli, solmuväli	Internod, mellanled	Internode

Pääverso	Huvudskott	Main stem
Pölytyminen	Pollinering	Pollination
Ravintojuuri	Kronrot	Nodal root
Röyhy	Vippa	Panicle
Siemen	Frö	Seed
Siemenjuuri	Frörot	Seminal root
Siirtymävaihe	Övergångsstadium	Transition apex
Sikiäin	Fruktämne	Ovary
Sirkkajuuri	Radikula, primärrot	Radicle, primary root
Sirkkalehti	Hjärtblad	Cotyledon
Sisähelpe	Inre blomfjäll	Palea, upper pale
Sivverso	Sidoskott	Tiller
Solunjakaantuminen	Celldelning	Cell division
Steriili, hedelmöittymätön	Steril, ofruktsam	Sterile
Suvullinen	Generativ	Generative
Suvuton	Vegetativ	Vegetative
Taikinatuleentuminen	Degmognad	Dough ripeness
Taimettuminen, orastuminen	Uppkomst	Seedling emergence
Tuleentuminen	Mognad	Ripening, maturing
Tähkylä	Småax	Spikelet
Tähkä	Ax	Ear, head
Ulkohelpe	Yttre blomfjäll	Lemma, lower pale
Vartalo	Stift	Style
Verso	Skott	Shoot, tiller
Versonta, versominen	Bestockning	Tillering
Vihne	Borst	Awn

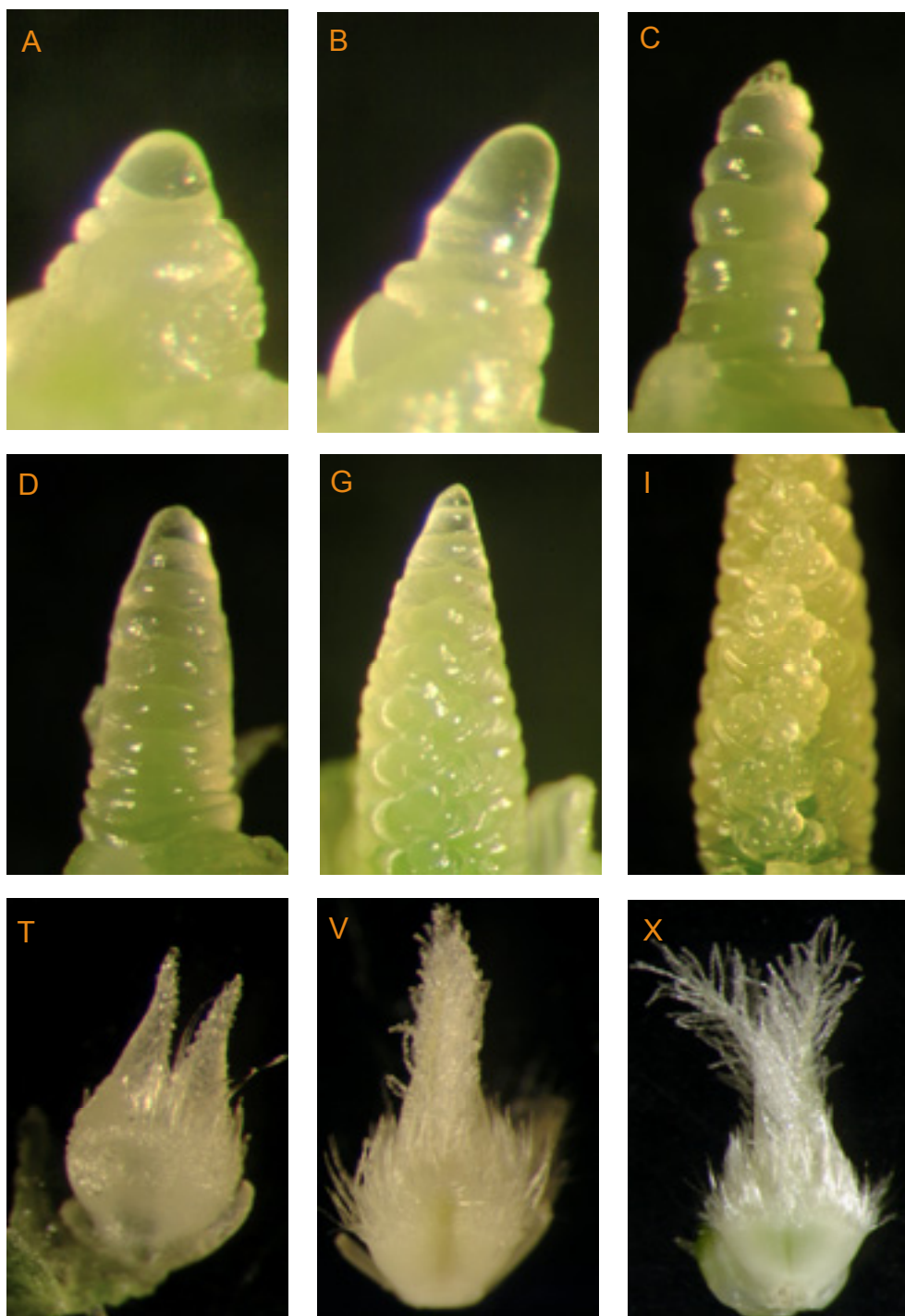
Liite 2. Kauran kukinnon kehitysvaiheita valokuvien. Kirjainkoodit Åforsin ym. (1988) mukaan. (Kuvat: Risto T. Seppälä)



Liite 3. Ohran kukinnan kehitysvaiheita valokuvin. Kirjainkoodit Åforsin ym. (1988) mukaan. (Kuvat: Risto T. Seppälä)



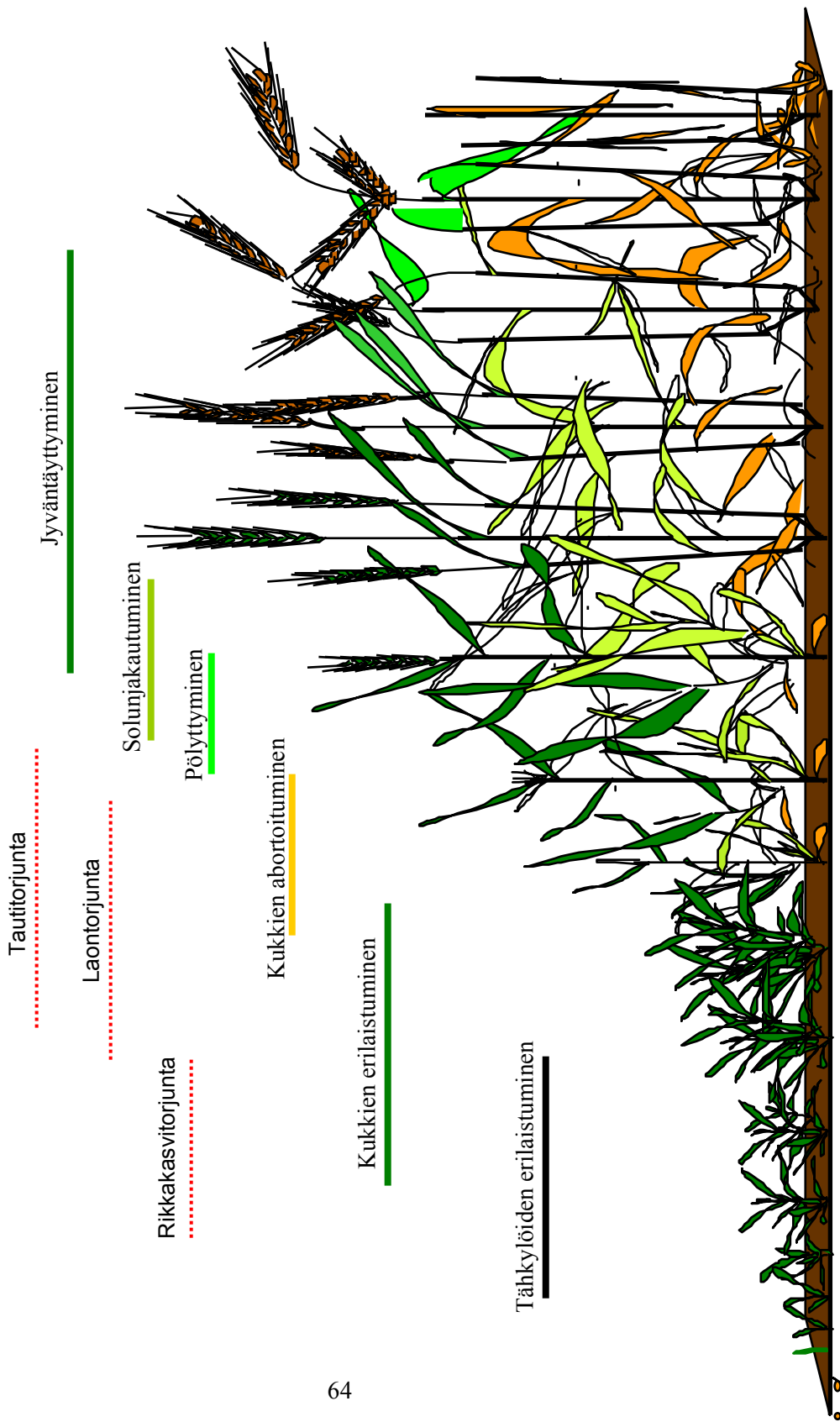
Liite 4. Vehnän kukinnan kehitysvaiheita valokuvin. Kirjainkoodit Åforsin ym. (1988) mukaan. (Kuvat: Risto T. Seppälä)



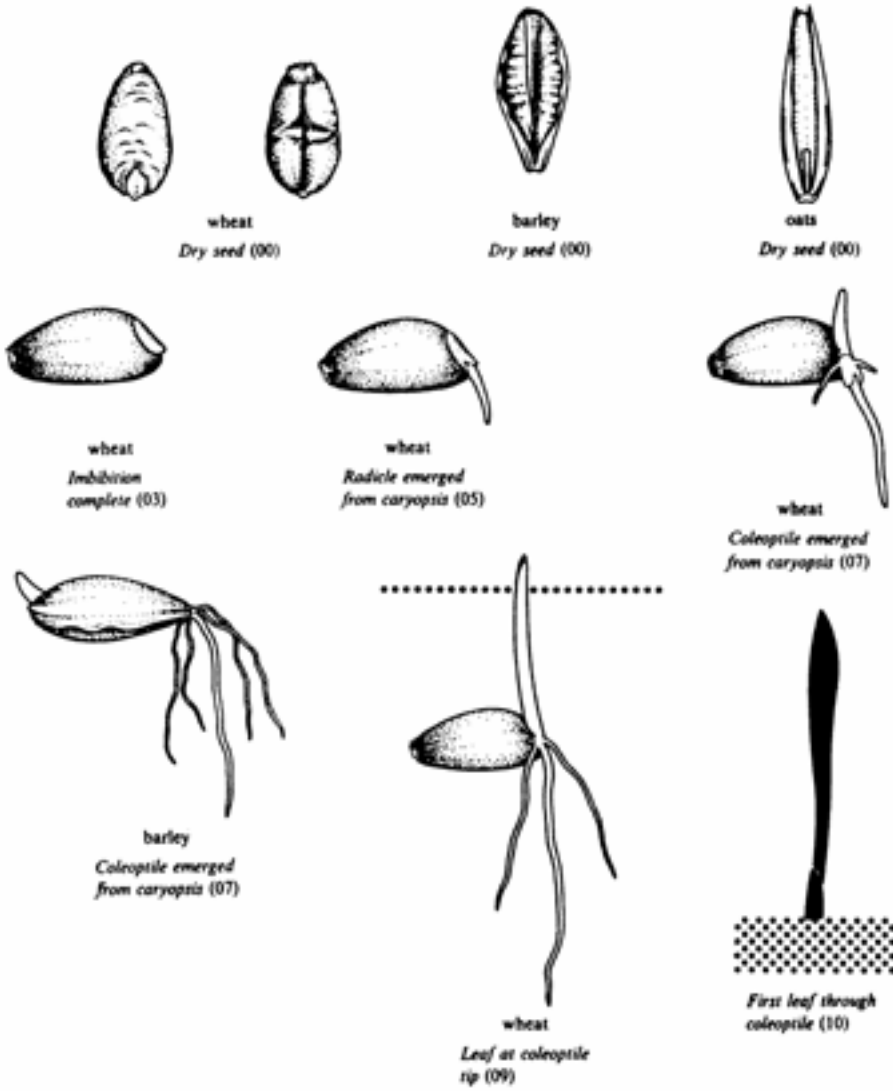
Liite 5. Kauran jyvän kehittymisvaiheita. Kuva A on otettu pian pölyttymisen tapahduttua. Kuvassa B näkyvät pölyttymistehtävän suorittaneet, vanhentuneet heteet, jotka jäävät kauran helpeiden muodostamien 'kuorien' sisään. Kuvassa C heteet on poistettu. Kuvassa D näkyvät ulommaisina kauran tähkylää ympäröivät kaleet, joiden suojista pilkistää näkyville fertiili välijyvä, kun taas neljäs kukka-aihe on steriili. (Kuvat: Risto T. Seppälä)



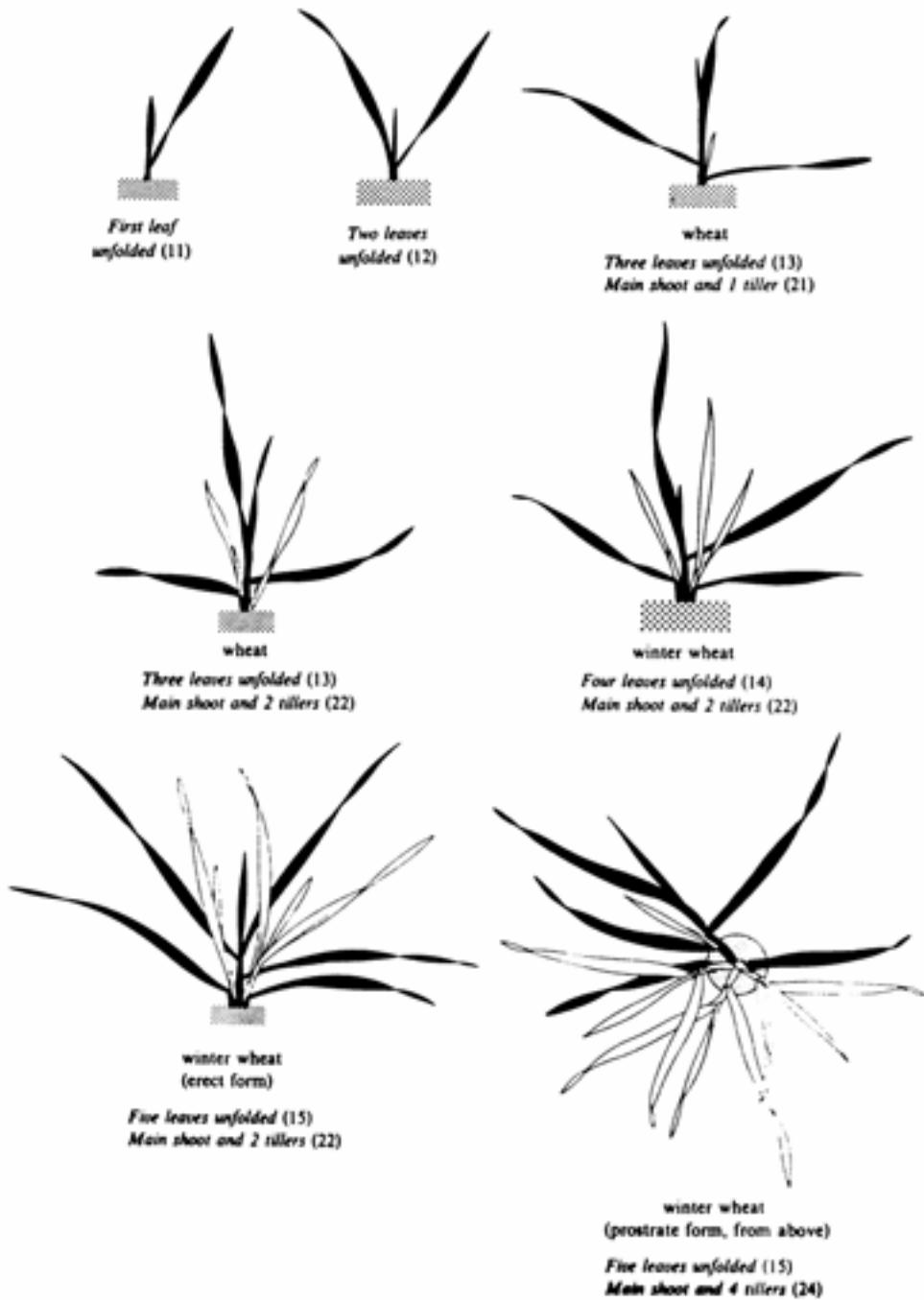
Liite 6. Sadon rakentumisen kannalta keskeisten kehitystapahtumien ja vijelytoimien ajoittaminen. (Kuva: Garcia del Moral ym. 2002).



Liite 7. Itäminen ja oraan kasvu (Tottman 1987).



Liite 8. Oraan kasvu ja versominen (Tottman 1987).



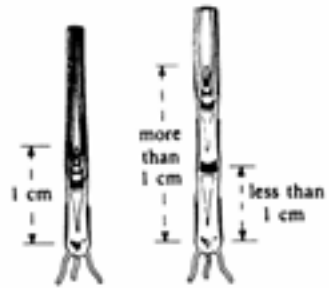
Liite 9. Korren pituuskasvu (Tottman 1987) .



winter wheat

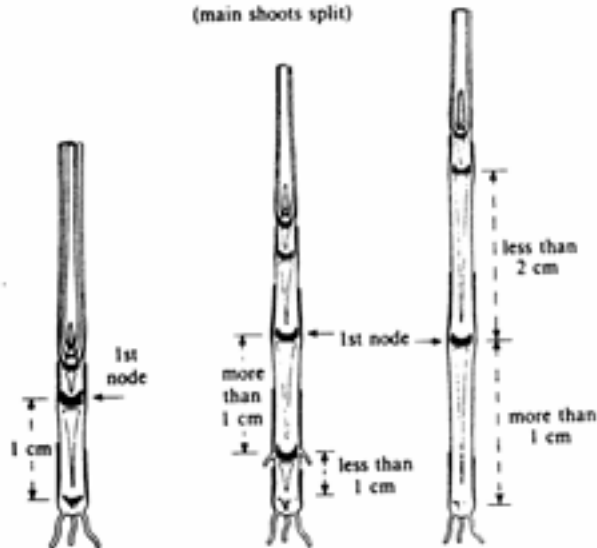
Ear at 1 cm = pseudostem erect (30)
Six leaves unfolded (16)
Main shoot and 4 tillers (24)

Ear at 1 cm (30)
 (main shoots split)



The stem, from where the lowest leaves are attached, is 1 cm or more to the shoot apex.

First node detectable (31)
 (main shoots split)

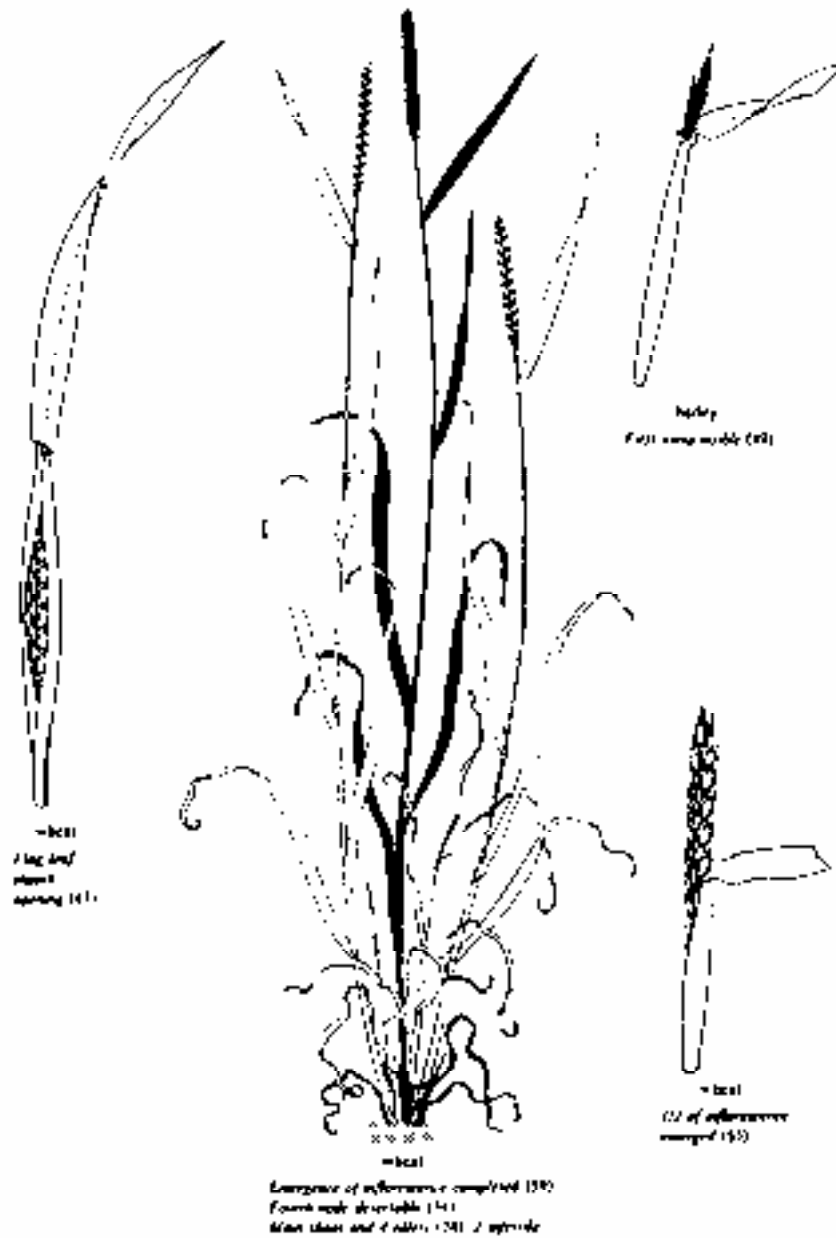


An internode of 1 cm or more is present but the internode above it is less than 2 cm.

Liite 10. Lehtitupen pullistuminen (Tottman 1987).



Liite 11. Tähtkän työntyminen ulos lehtitupesta (Tottman 1987).



Liite 12. Kukinta ja tuleentuminen (Tottman 1987).



wheat
Beginning of anthesis (61)



Anthesis
half-way (65)



Anthesis
complete (69)



wheat
Caryopsis hard (92)



barley
Caryopsis hard (92)



oats
Caryopsis hard (92)

Liite 13. Jyvän täyttyminen ja kypsyminen (Tottman 1987).

wheat



*Caryopsis water
ripe (71)*



Early milk (73)



Late milk (77)



*Soft dough (85)
Green colour fading*



*Hard dough (87)
Green colour lost*



Caryopsis hard (92)

barley



*Caryopsis water
ripe (71)*



Early milk (73)



Late milk (77)



*Soft dough (85)
Lemma and paleae attached*



*Hard dough (87)
Green colour fading*



Caryopsis hard (92)

Maa- ja elintarviketalous –sarjan kasvintuotantoteemassa ilmestyneitä julkaisuja

2005

- 67 Viljojen kehityksen ja kasvun ABC. *Peltonen-Sainio, P. ym.* 72 s. Hinta 6 euroa.
- 1 Ruukohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. 2. korjattu painos. *Pahkala, K. ym.* 31 s. Hinta 15 euroa.

2004

- 64 Päällekkäisviljely. Lupauksia ja pettymyksiä. *Känkänen, H. ym.* 37 s. (Verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met64.pdf)
- 61 European bird-cherry (*Prunus padus* Linnaeus) – a biodiverse wild plant for horticulture. *Uusitalo, M.* 82 s. Hinta 20 euroa.
- 52 Kasvuvoimaa luomuohralle. *Väisänen, J. ym.* 89 s. Hinta 20 euroa.
- 49 Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintuhoojien hallintaan laajamittaisessa luomuvihannesviljelyssä. *Kallela, M. ym.* 62 s. Hinta 20 euroa.
- 48 Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla. *Hovinen, S. ym.* (toim.) 199 s. Hinta 25 euroa.
- 46 Puutarhakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus avomaalla. Viljely, teknologia ja talous. *Suojala, T. ym.* 134 s. Hinta 25 euroa.
- 42 Kiinalaisten ja uhanalaisten rohdoskasvien viljelymahdollisuudet Suomessa. *Jokela, K & Galambosi, B.* 31 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met42.pdf).
- 41 Perunantyyvi- ja märkämädän epidemiologia, diagnostiikka ja hallintakeinot. *Hannukkala, A. & Segerstedt, M.* (toim.). 58 s. Hinta 20 euroa.

Julkaisuviitteet löytyvät sarjojen internetsivuilta
www.mtt.fi/julkaisut/sarjathaku.html.

