

MUSTAHERUKAN SADONMUODOSTUS JA TALVEHTIMINEN

30.3.2021

Dos. Pauliina Palonen

Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden osasto



SADONMUODOSTUS

- Vegetatiivinen kasvu
- Kukintainduktio
- Lepotilan purkautuminen
- Kukinta
- Pölytys
- Marjankasvu
- Marjan koostumus



VEGETATIIVINEN KASVU

- Kasvun kokonaismäärään vaikuttaa ennen muuta versojen lukumäärä
- Voimakas veg. kasvu \neq sadon määrä ???
 - 12-16 h päivänpituus ja suuri valon intensiteetti edistävät kasvua
- Pitkät versot -> paljon silmuja, voimakkaammat silmut
- Juveniilivaihe (siementaimet, pistokastaimet)
 - Verson kärjen etäisyys juurista
 - Alle 20 niveltä, 30-40 niveltä, 100 cm
 - Gibberilliinihappo
- Hankasilmun kehitys on riippuvainen vastaavasta lehdestä kasvukauden alussa
 - Kehitys pysähtyy, jos lehti poistetaan
- Kesäkuun puolivälin jälkeen hankasilmu 'itsenäistyy' -> lehtiaiheet
- Vegetatiivisen kasvun päättyminen, päätesilmu



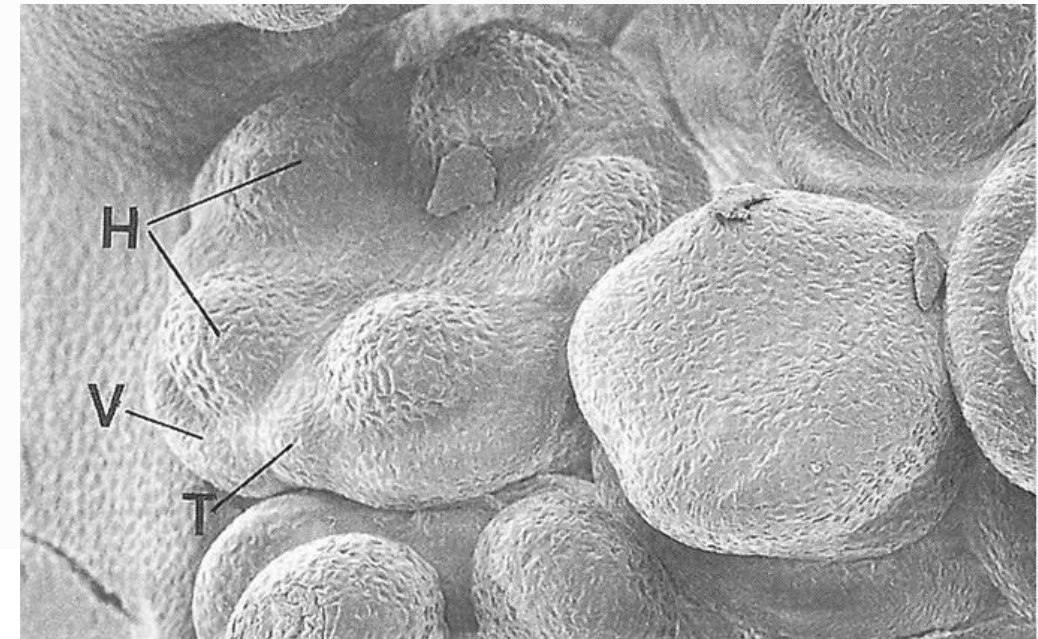
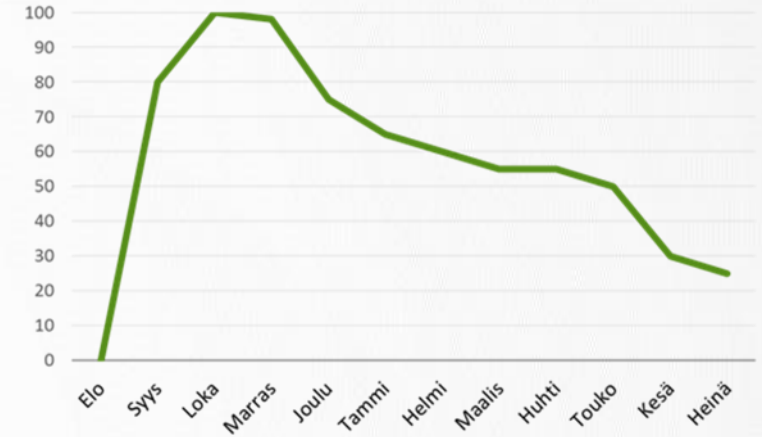
KUKKA-AIHEIDEN MUODOSTUMINEN

Satopotentiaalin kehittyminen alkaa satoa edeltävänä vuonna

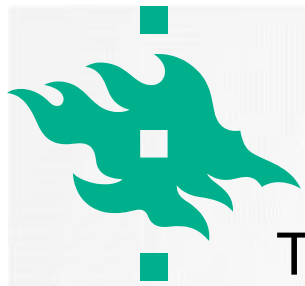
Seuraavan vuoden satopotentiaali on yleensä suurimmillaan lepotilan alkaessa

Kukintainduktio

- silmu virittyy kukkimaan
- muuttuu vegetatiivisesta generatiiviseksi



Kuva Pauliina Palonen

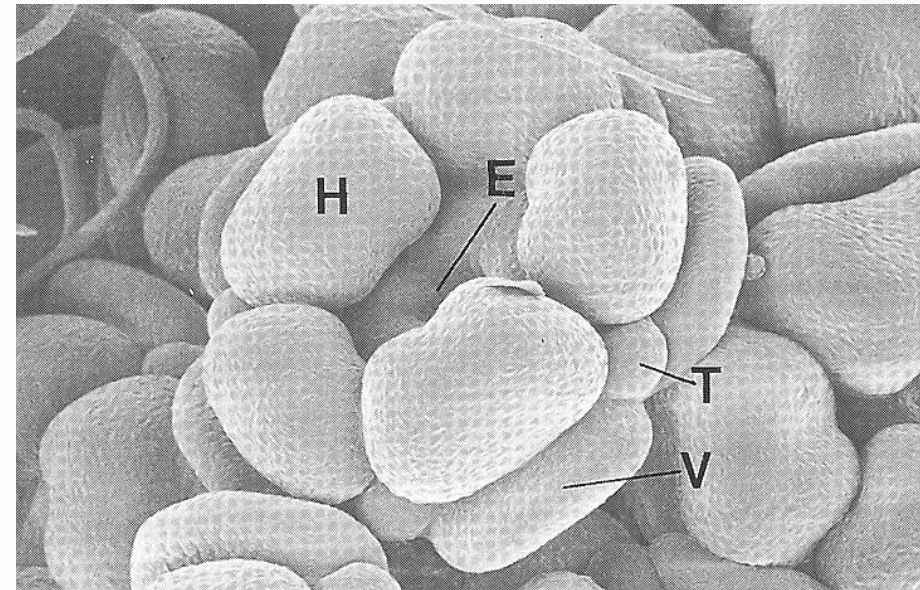
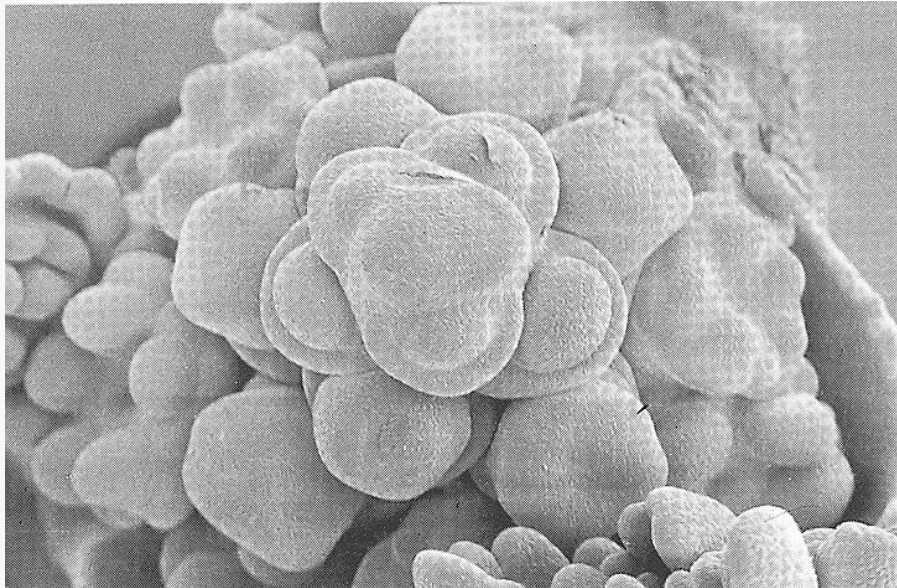


KUKKA-AIHEIDEN MUODOSTUMINEN

Talven tullessa kaikki kukan osat ovat kehittyneet (vaihe 5)

Mitä pidempään syksy jatkuu leutona, sen pidemmälle kukka-aiheet ehtivät kehittyä

'Brödtorp': loka-marraskuussa 7,8 kukka-aihetta / silmu, maaliskuussa 6,5 (Zeller 1968)

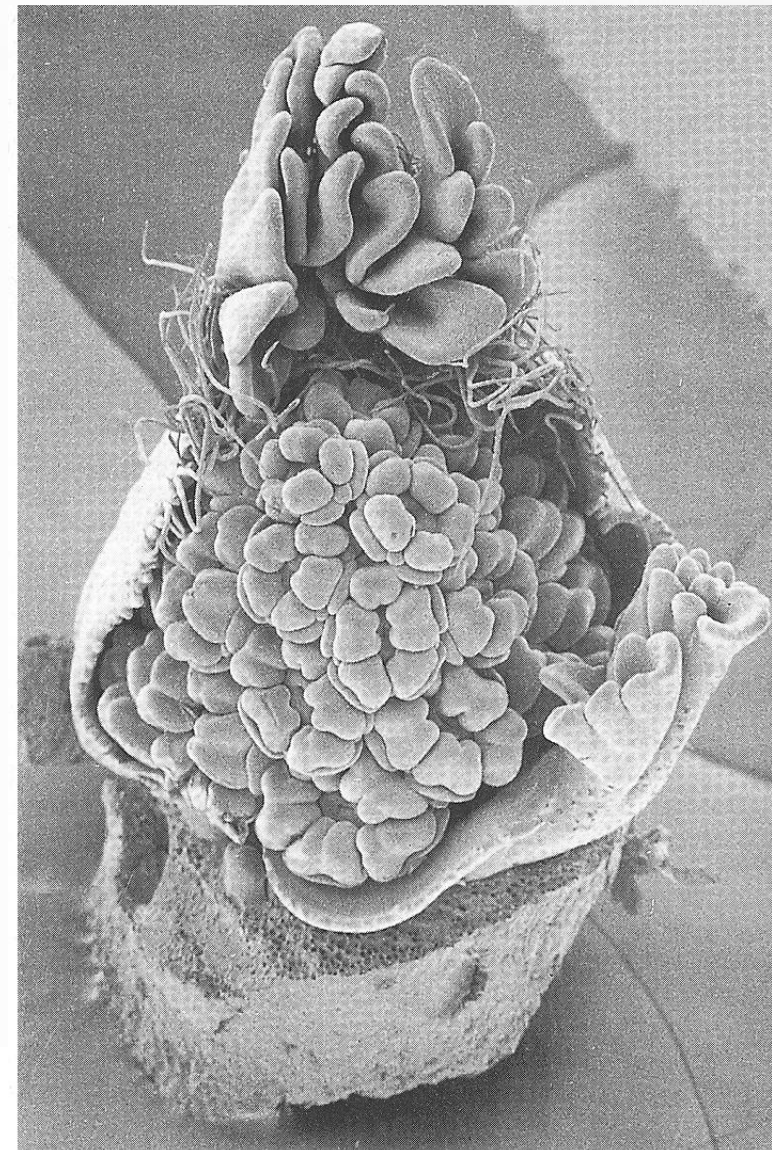
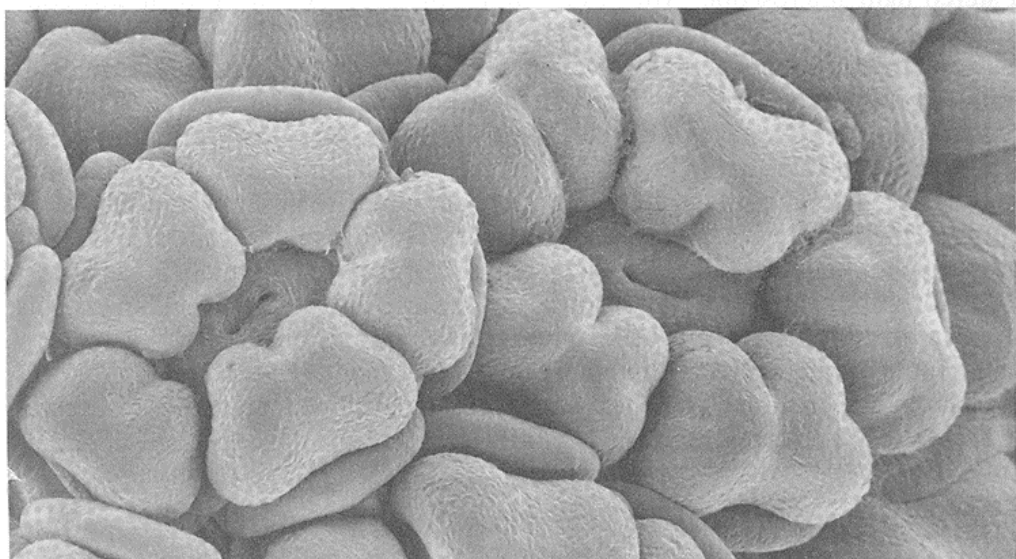


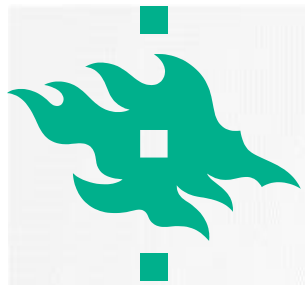


KUKKA-AIHEIDEN MUODOSTUMINEN

Vaikka kasvi on lepotilassa talven aikana, kukka-aiheissa voi tapahtua kehitystä

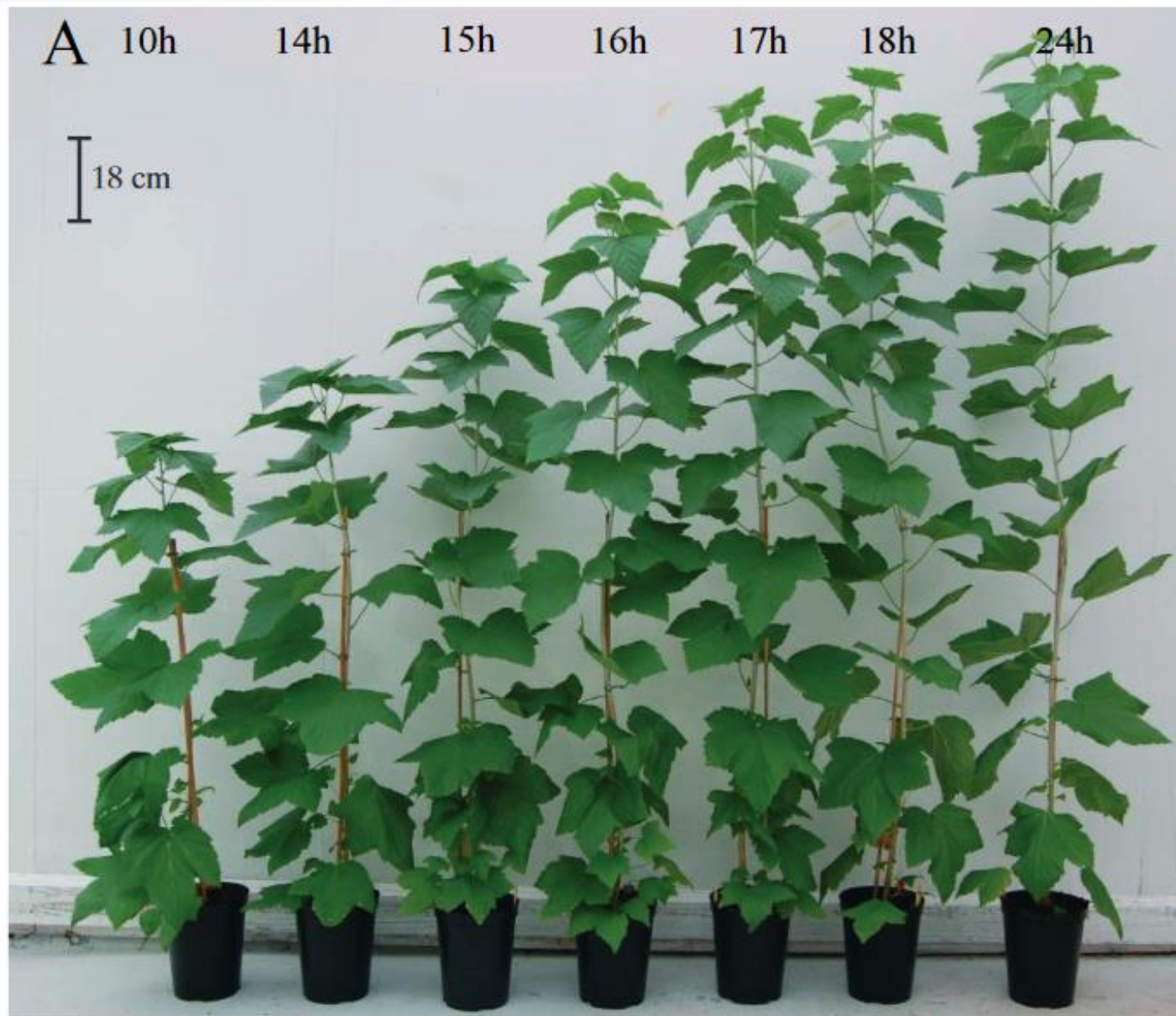
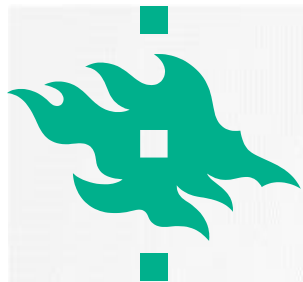
Keväällä lämpötilojen kohotessa verholehdet alkavat kasvaa sisempien kukanosien ympärille ja nuput muodostuvat





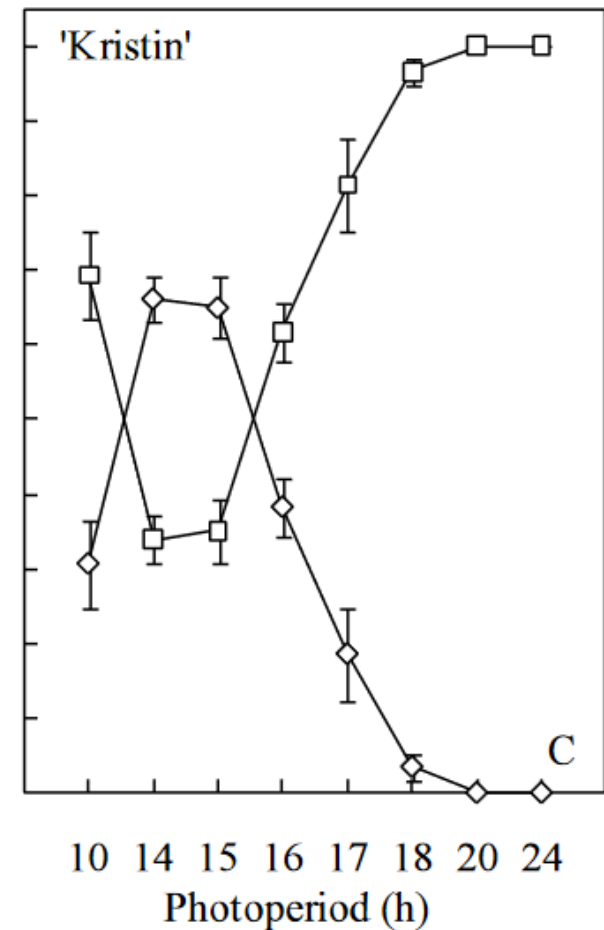
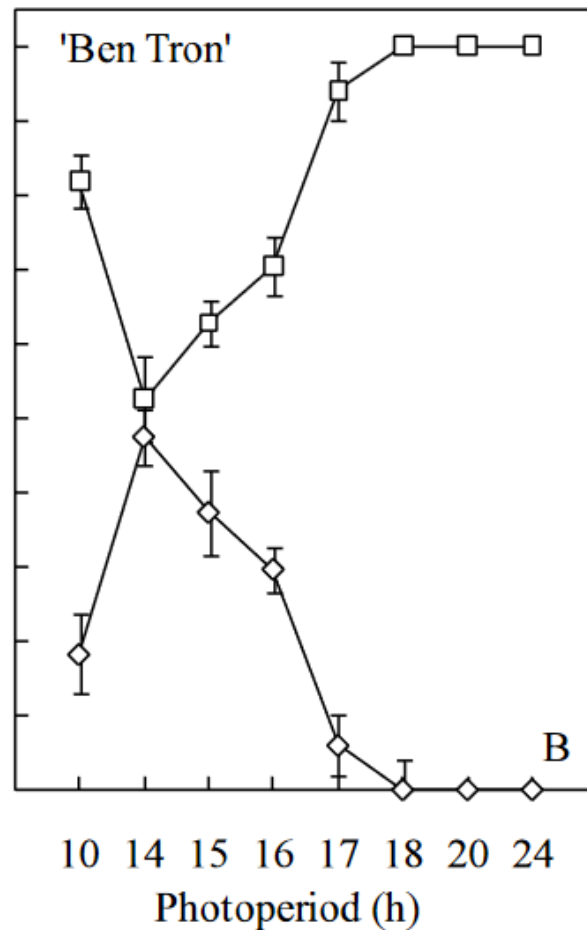
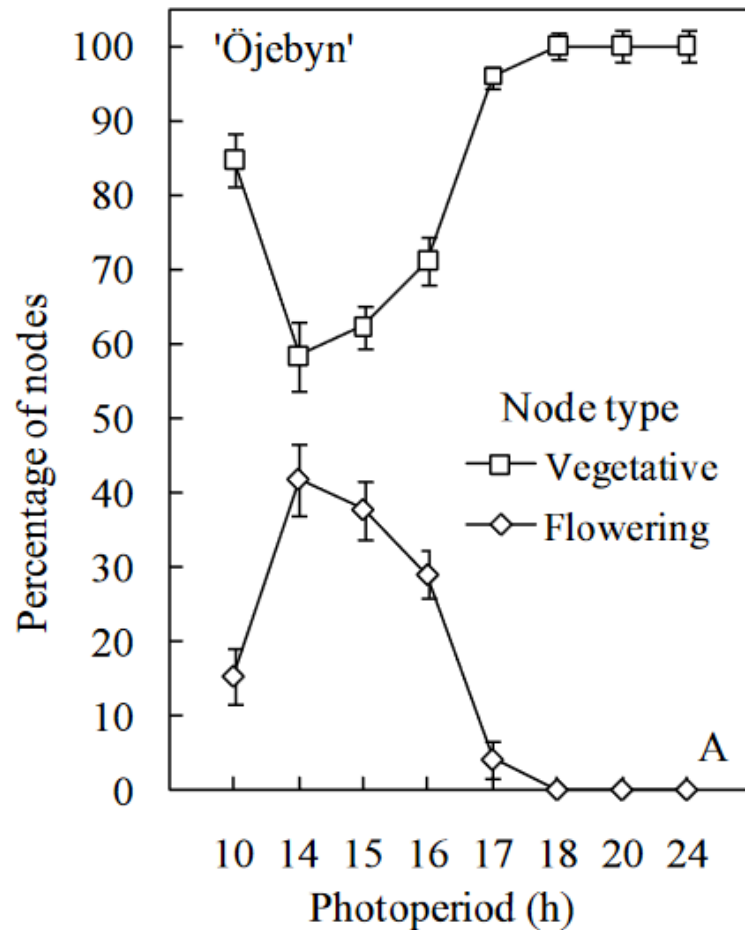
KUKINTAINDUKTIO

- Kukintainduktio 13-16 h?
 - 'Wellington XXX' 16,5 h (Tinklin ym. 1970. J. Hort. Sci.)
 - Alhainen lämpötila aikaistaa ja edistää (Tinklin ym. 1970. J. Hort. Sci.)



'Ben Tron' ,18 ° C

Heide & Sønsteby
2011, J. Hort. Sci. &
Biotech 86: 128-134.



Optimi 14, 15 tai 16 h

Heide & Sønsteby 2011, J. Hort. Sci. & Biotech 86: 128-134.



Optimi 18 ° C
(11.8.-13.10.)

HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI



FIG. 3

The appearance of the black currant cultivars 'Kristin' (Panel A) and 'Narve Viking' (Panel B) during flowering in Spring, as affected by exposure to varying temperatures (as indicated) in the previous Autumn. The white lines of demarcation represent the position of the lowermost flowering node at each temperature in each cultivar. Scale bar = 18 cm. Pauliina Palonen

Sønsteby et al. 2011,
J. Hort. Sci. & Biotech
86: 120-127.



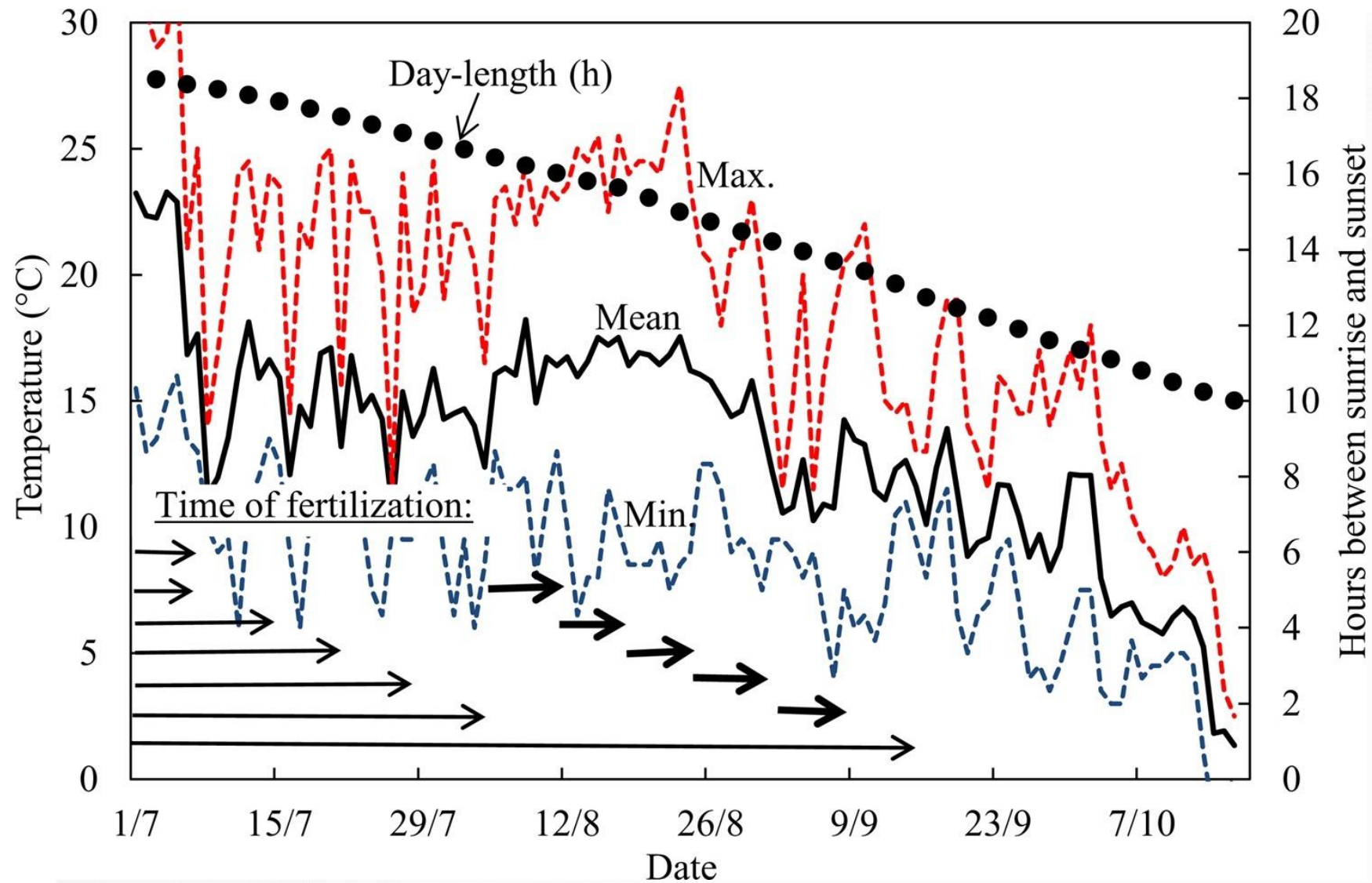
KUKINTAINDUKTIO

- Aikaiset lajikkeet, Aikaisemmin sivuversoissa (Lenz 1960), Sadon kypsyminen
- Kotimaiset lajikkeet sopeutuneet pitkään kesäpäivään -> initiaatio Suomessa jopa 1 kk aiemmin kuin keskieurooppalaisella lajikkeilla (Hårdh & Wallden 1965)
- Etelässä aiemmin
 - Hki 10.7., Rovaniemi 10.8. (Hårdh & Wallden 1965)
 - Ås elokuun 2 ensimmäistä viikkoa (Vestrheim 1972)
 - Alnarp heinäkuun puoliväli (Fernqvist 1961)
- Kehitys tyvestä alkaen (kukkasilmut, kukka-aiheet)
 - Pitkissä versoissa suuret kehitysvaiheen erot
 - Kaksi päätekukkaa, sitten sivukukintojen aiheet
 - Mitä kauempana tyvestä -> heikko kehitys, varisemisalttius



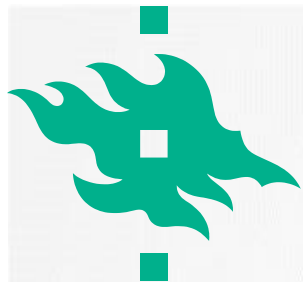
KUKINTAINDUKTIO

- Kukkasilmujen osuus 70-90 % (44-91 %, Wilson & Adam 1967)
 - Lajike, pensaan ikä, veg kasvua suosivat olot
 - Veg silmut versojen alaosissa
- Sivukukintojen määrä silmuissa
 - Eniten verson keskiosissa (Lenz 1960)
 - 0,5-2,9 kukintoa / silmu (Lenz 1960)
 - Ei yleensä lyhyiden versojen silmuissa
- Kukkamäärä tertuissa
 - Verson keskiosassa suurin
 - 6,6-9,6, vaihtelee vain vähän lajikkeiden välillä (Fernqvist 1961)
 - 'Öjebyn' 5,0-6,2 (MTT 1989)

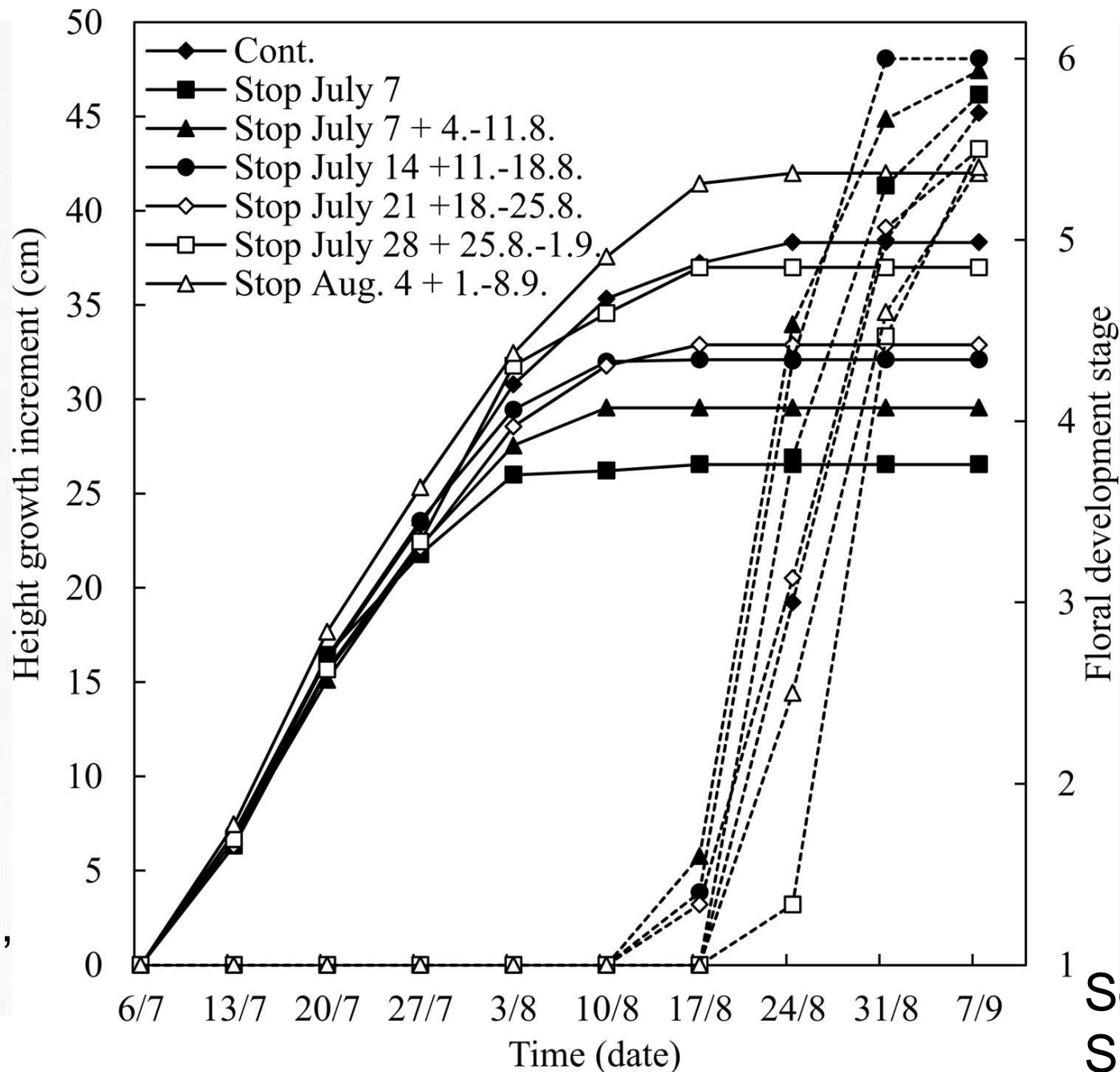


'Ben Tron'

Sønsteby et al. 2017. Scientia Hort. 225



'Ben Tron'



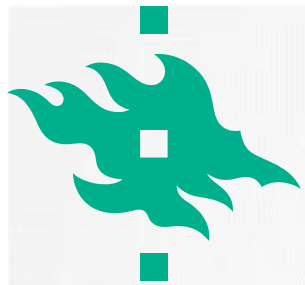
Effects of fertilization regimes during floral initiation and differentiation on flowering and fruiting performance of the black currant cultivar 'Ben Tron'.

Time of fertilization	Tot. no. of infloresc. ^a	Tot. no. of flowers	Flowers per infloresc.	Aborted flowers (%)	Fruit yield (g/plant)	Number of berries	Mean fruit (g)
1. Until 7 Jul.	34.7 bc	404.8 c	11.8 c	29.5 a	202.1 c	284.7 b	0.7
2. Until 7 Jul. + 4 Aug. – 11 Aug.	37.3 abc	473.9 ab	12.7 ab	25.0 ab	273.1 ab	355.4 a	0.8
3. Until 14 Jul. + 11 Aug. – 18 Aug.	34.0 c	444.2 bc	13.1 a	25.6 ab	243.9 bc	329.8 ab	0.7
4. Until 21 Jul. + 18 Aug. – 25 Aug.	38.0 abc	473.4 ab	12.4 abc	26.9 a	264.0 ab	340.1 a	0.8
5. Until 28 Jul. + 25 Aug. – 1 Sep.	38.2 abc	449.1 bc	11.8 c	19.3 b	299.7 a	361.1 a	0.8
6. Until 4 Aug. + 1 Sep. – 8 Sep.	40.4 a	485.3 ab	12.0 bc	27.0 a	282.2 ab	351.8 a	0.8
7. Until 15 Sep.	38.9 ab	496.9 a	12.8 ab	23.8 ab	304.8 a	376.7 a	0.8
<i>Mean</i>	37.4	461.1	12.4	25.3	267.1	342.8	0.8
<i>P-value</i>	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.05	n.s.

The data are means of three replicate plots, each with 3 plants per plot of each cultivar.

n.s. – not significant.

^a Mean values within each column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ by Tukey's test.



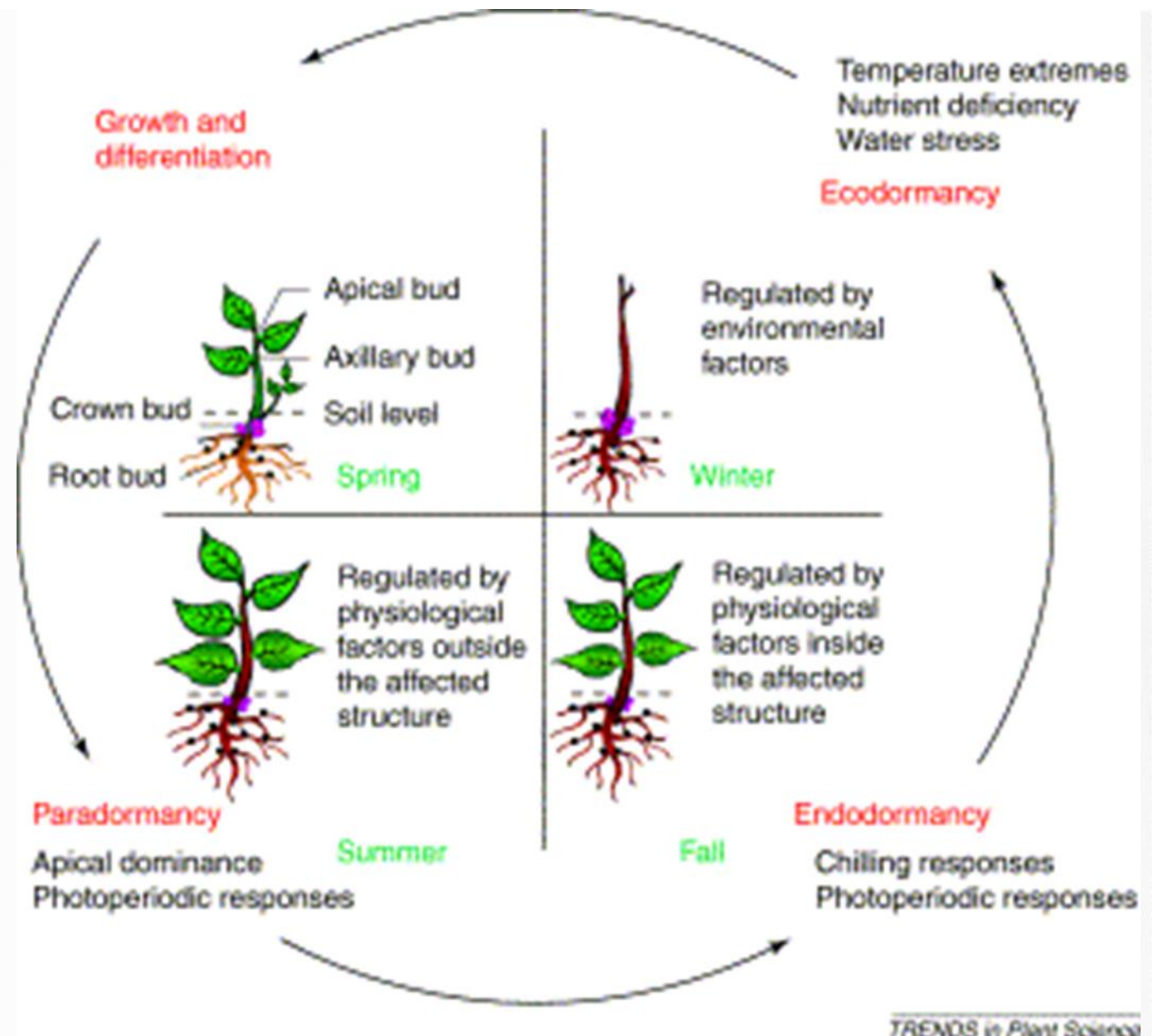
Sønsteby et al. 2017. *Scientia Hort.* 225: 638-645.

- Withdrawal of nutrient supply early in the season preceding cropping
 - advanced growth cessation and initiation of floral primordia
 - reduced flowering and fruit yield in the following season
- An additional pulse of generous nutrient supply just at the time when floral initiation takes place
 - enhanced yield by stimulation of floral initiation and differentiation
 - increased strig size.
 - Similar results in SD strawberry plants (Lieten, 2002; Sønsteby et al., 2009).
- A moderate nutrient supply immediately before the photoperiod reaches the critical length, increases the sensitivity of the plant to SD, while adequate supply, (nitrogen), during floral initiation itself enhances the effect of SD -> increased inflorescence size and number



LEPOTILA

- Paradormanssi (apikaalidominanssi)
- Endodormanssi
- Ekodormanssi
- Lämmin kesä -> syvempi talvilepo (Plancher 1983, Gartenbauwissenschaft)
- Lämmin lokakuu -> syvä lepo joulu-tammikuussa (Måge 1976)





VILUTUS (CHILLING)

- 1800-2000 tuntia alle +7 ° tai 12-15 vkoa ulkona talvella (Thomas & Wilkinson 1964, Hort. Res.)
 - Vaihtelevat lämpötilat tehokkaampia
- Pitkä päivä voi korvata vilutuksen (Thomas & Wilkinson 1964, Hort. Res.)

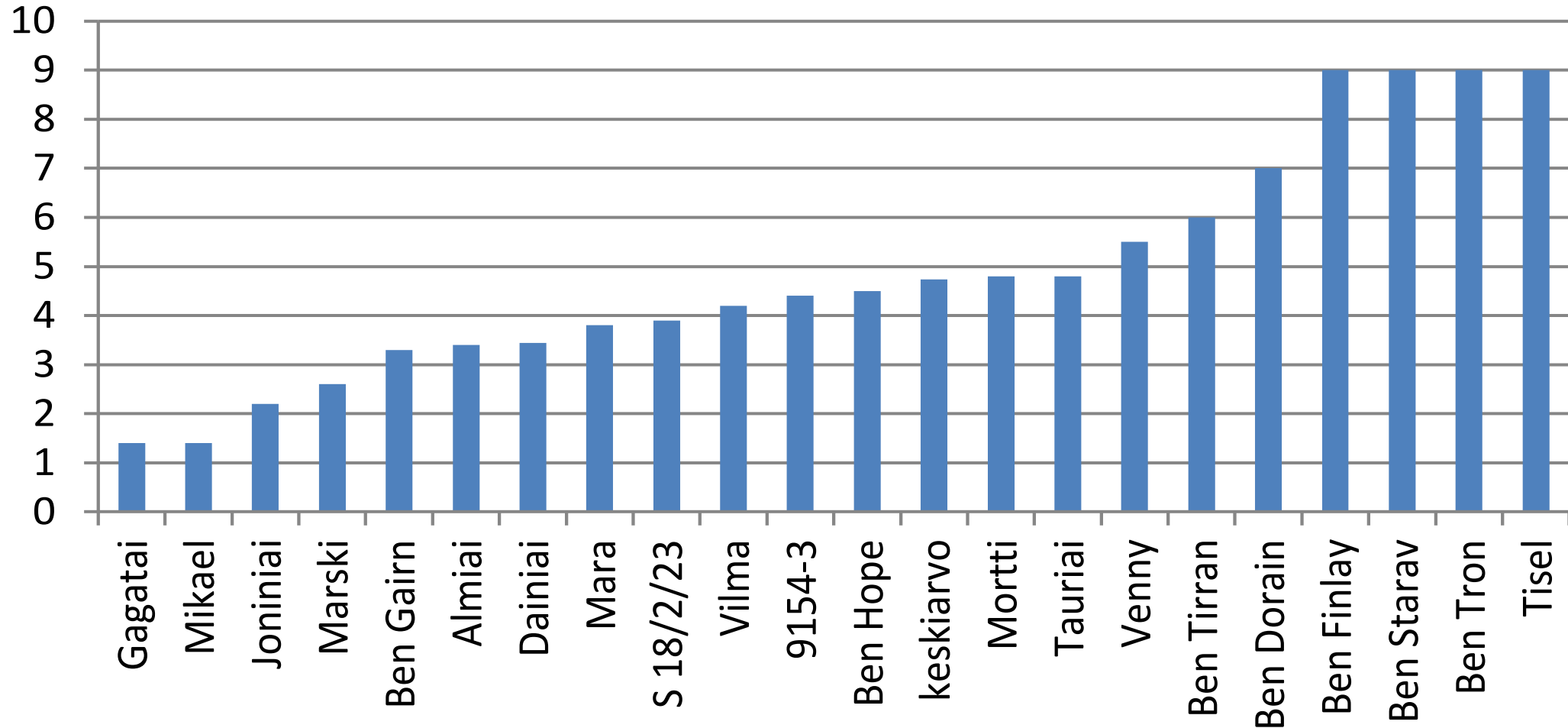
10° C 5° C 0° C -5° C -10° C -20° C



Shoots chilled for 14 weeks at different dormancy breaking temperatures

2012-2013 talvi koetteli lajikkeita (suuri numero, suuret vauriot)

Talvivauriot 1-9





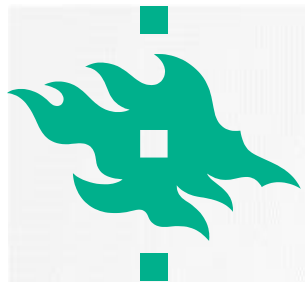
Lajike	LT ₅₀ (°C)	
	10.12.2014	12.2.2015
Almiai	-43,1 ± 6,6	-34,0 ± 2,9
Ben Hope	-39,6 ± 0,8	-32,9 ± 1,5
Ben Tron	-33,2 ± 0,6	-31,3 ± 1,5
Gagatai	-35,8 ± 0,4	-34,2 ± 1,9
Mikael	-37,7 ± 1,8	-34,5 ± 1,7
Mortti	-37,7 ± 1,5	-32,7 ± 1,9
<i>p</i> -arvo	e.m.	e.m.

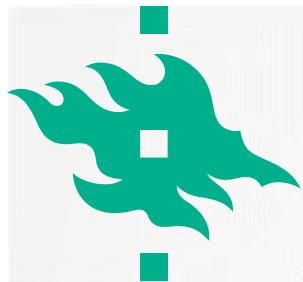


PAKKASENKESTÄVYYDEN MITTAAMINEN

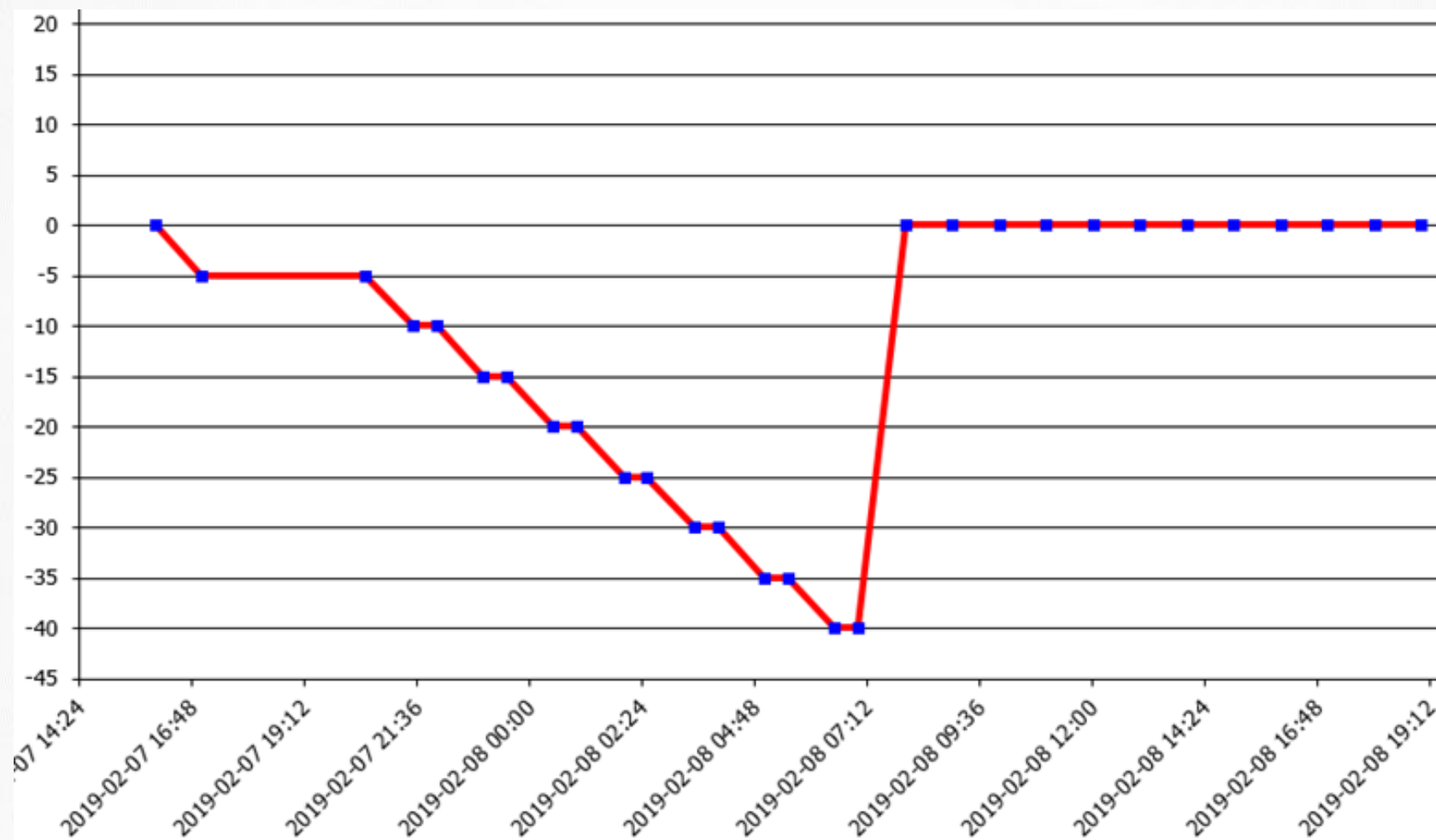
- Pakkasaltistus ohjelmoitavassa pakastuskaapissa ja sen jälkeen vaurioiden arviointi -> DT_{50} arvo







Kontrolloitu pakkastesti





VAURIOMITTAUSMENETELMÄT



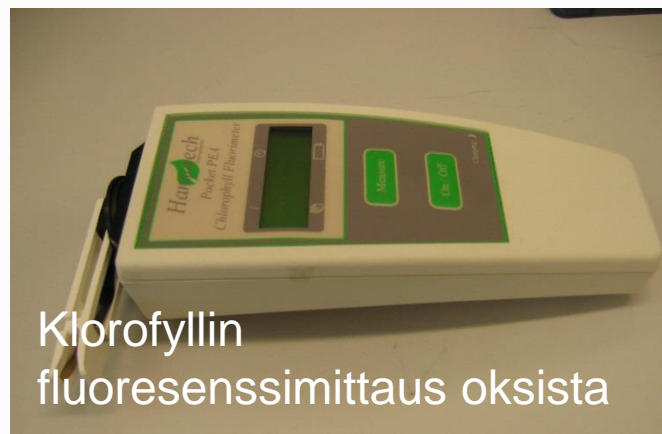
Silmujen
kasvuunlähtö



Silmu- ja oksavaurioiden
havainnointi



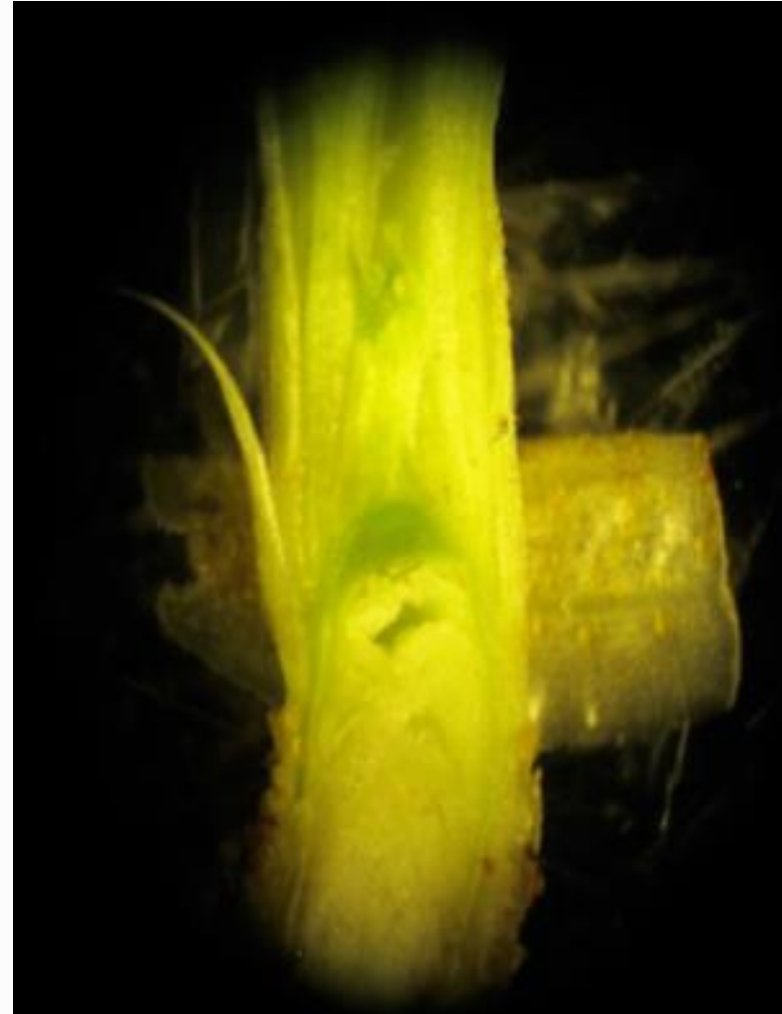
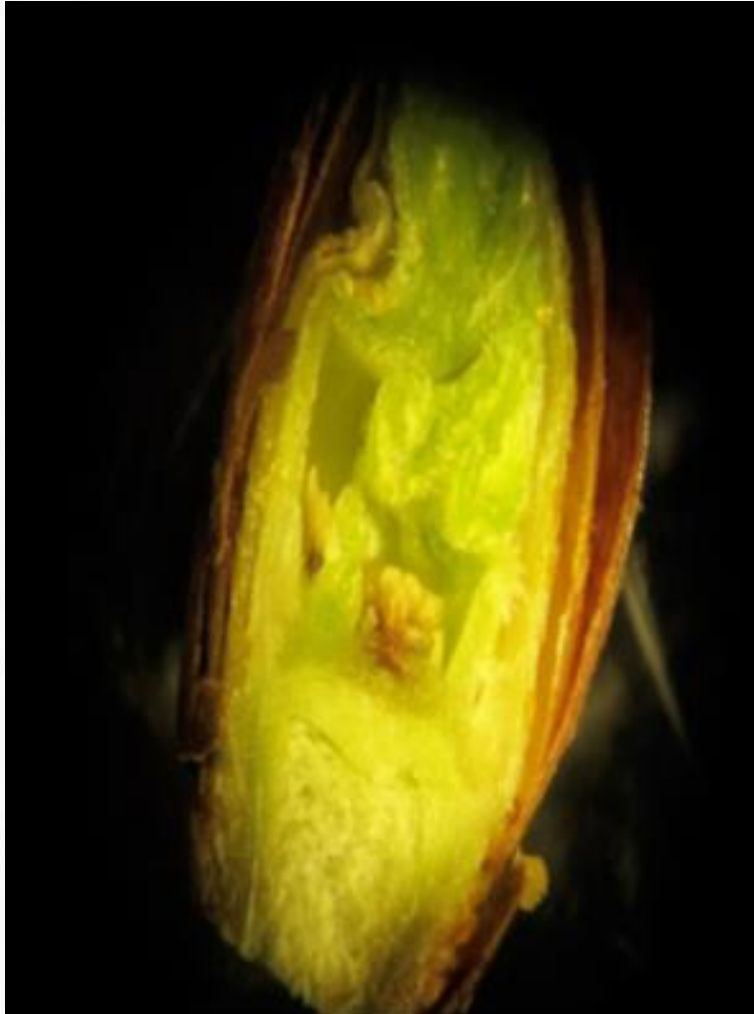
Ionivuototesti

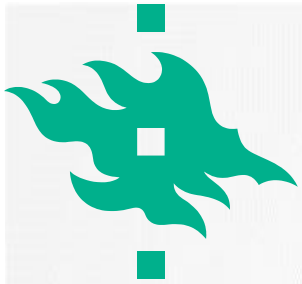


Klorofyllin
fluoresenssimittaus oksista

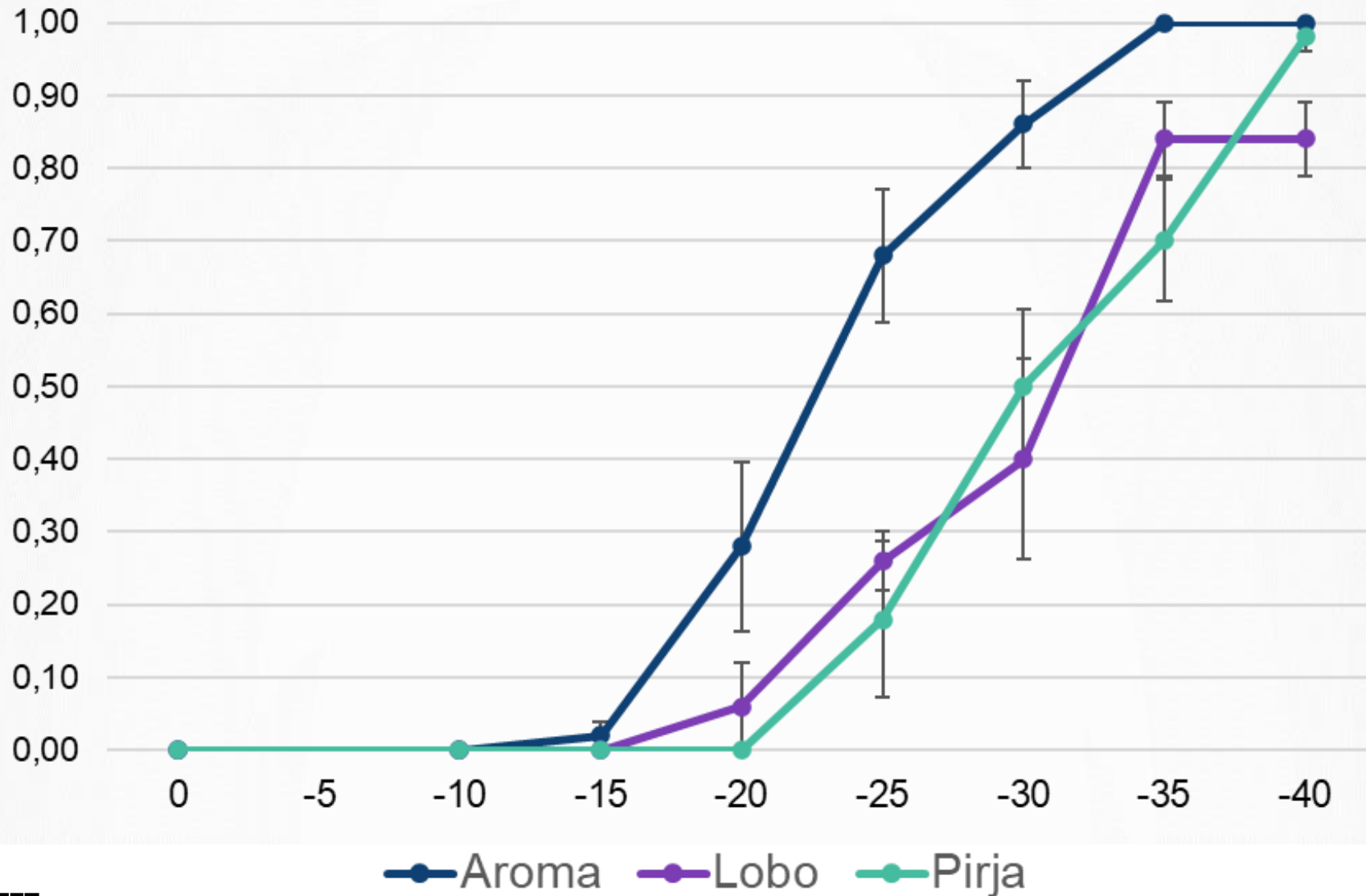


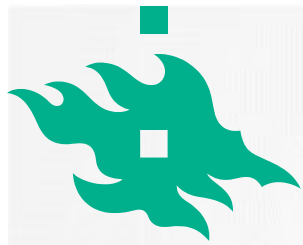
Vaurioiden visuaalinen mittaaminen



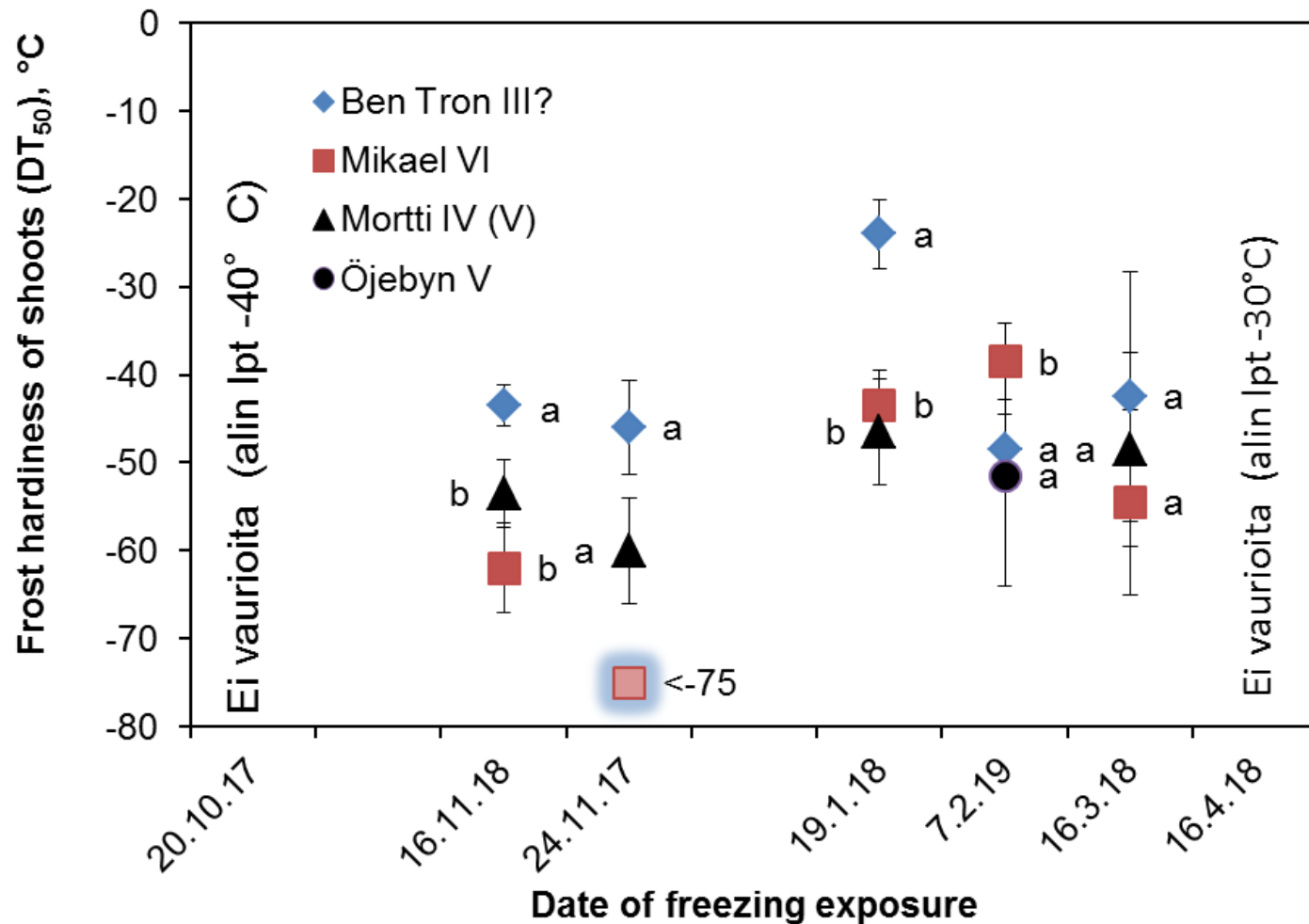


Versojen suhteellinen kuolleisuus

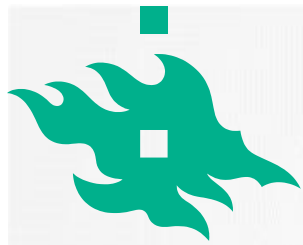




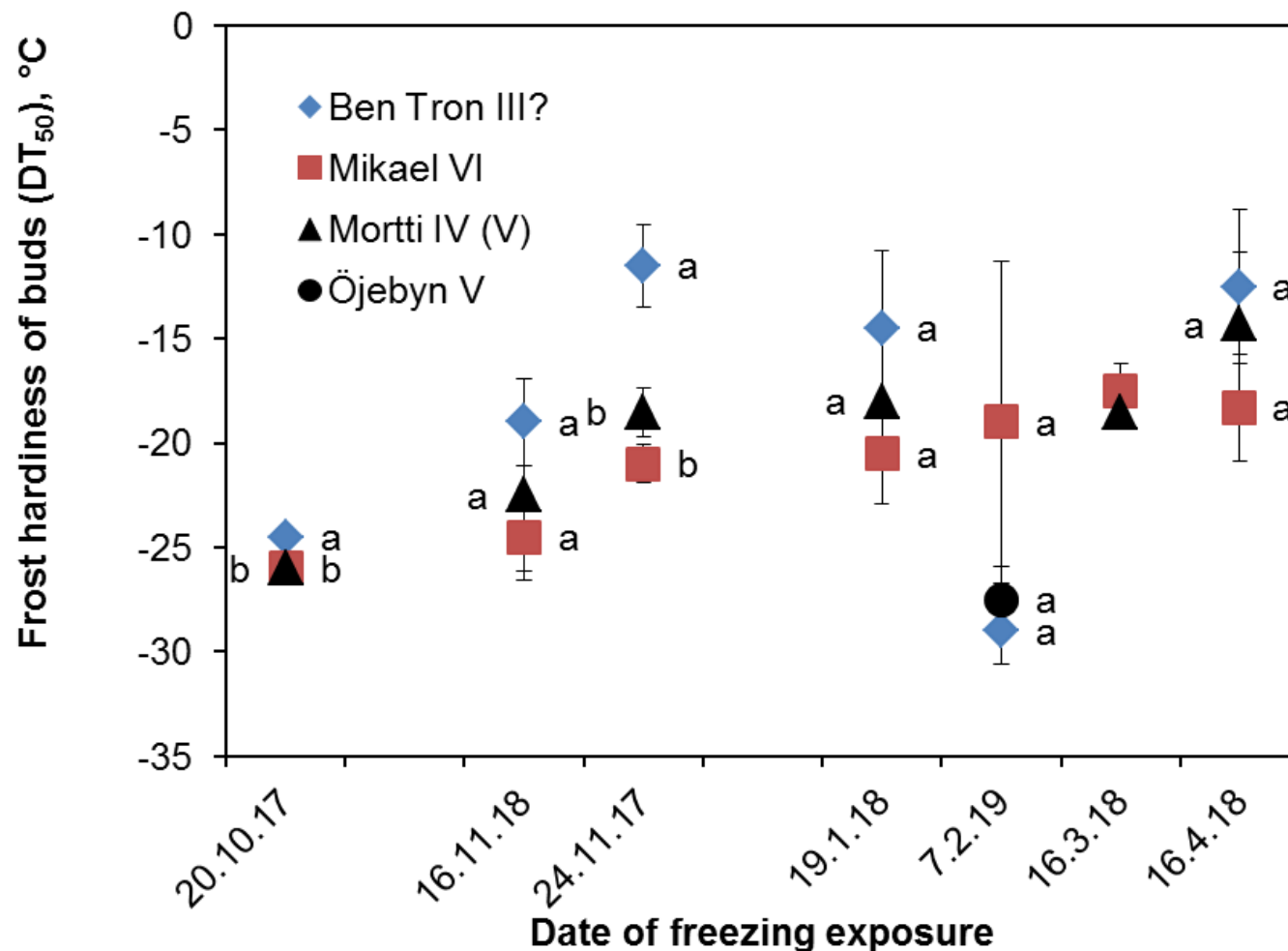
MUSTAHERUKAN VERSOJEN PAKKASENKESTÄVYYS



- 'Ben Tron' erottuu alkutalvesta heikkommin pakkasta kestäväenä.
- 'Mikaelin' ja 'Mortin' välillä ei tässä eroa.
- Syksyn ja kevään testeissä lämpötilat eivät riittävän alhaisia vaurioittamaan herukan versoja.



MUSTAHERUKAN SILMUJEN PAKKASENKESTÄVYYS



- 'Ben Tron' erottuu muista lajikkeista merkitsevästi vain syksyllä 2017
- 'Mikaelin' ja 'Mortin' välillä ei merkitsevää eroa, mutta Mikaelin kestävyys trendinä hieman parempi
- Mustaherukan silmujen kestävyys lähes 30°C heikompi kuin versojen!

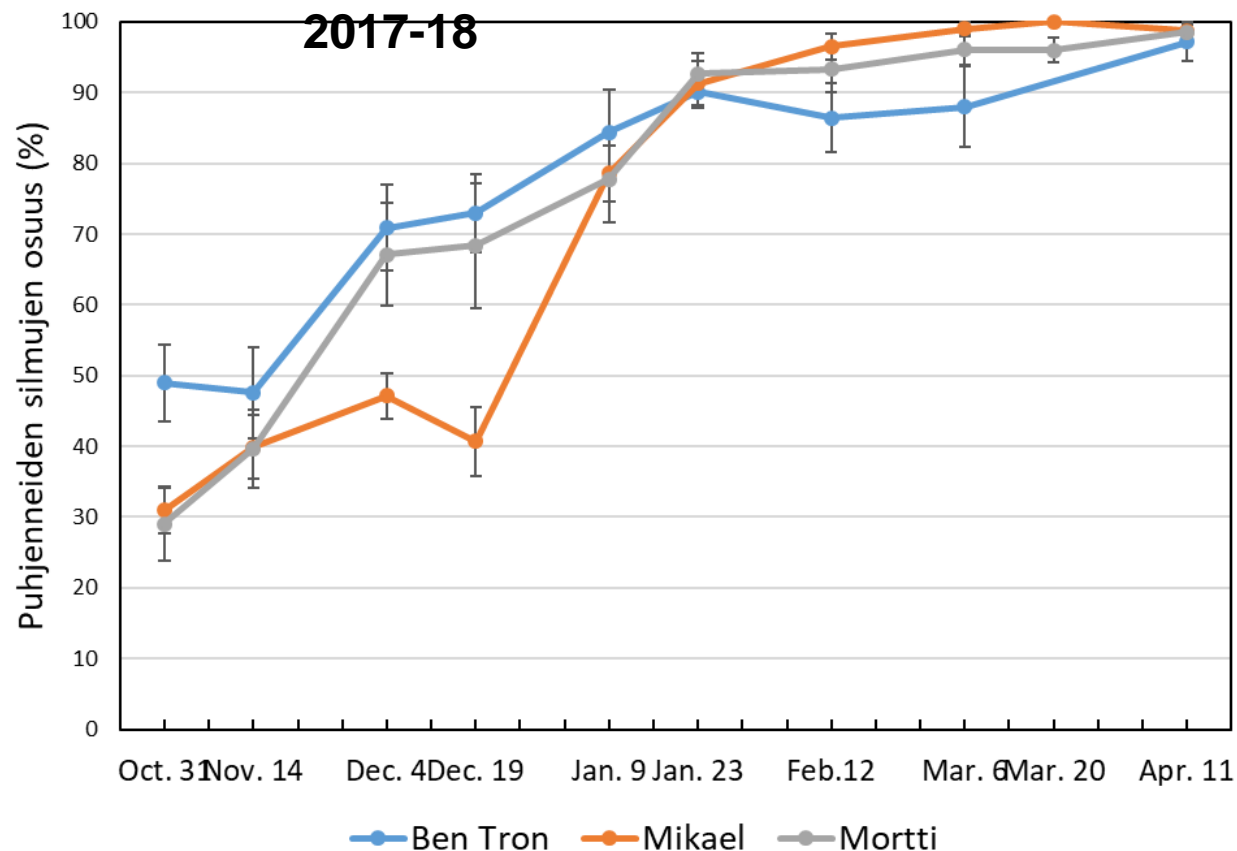
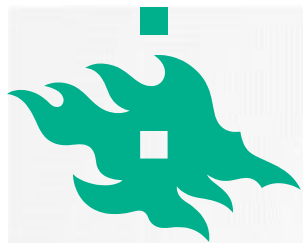


LEPOTILAN SYVYYDEN MÄÄRITTÄMINEN

- Talvilevon syvyys ulkoa kerätyistä oksista / astiataimista
- Hyödettiin Viikin kasvihuoneessa +18-20 C
- Havainnoitiin silmujen puhkeaminen 2-3 kertaa viikossa 5 viikon ajan.
- 'Puhjenneiden silmujen osuus' ja 'aika silmujen puhkeamiseen'



MUSTAHERUKAN LEPOTILA

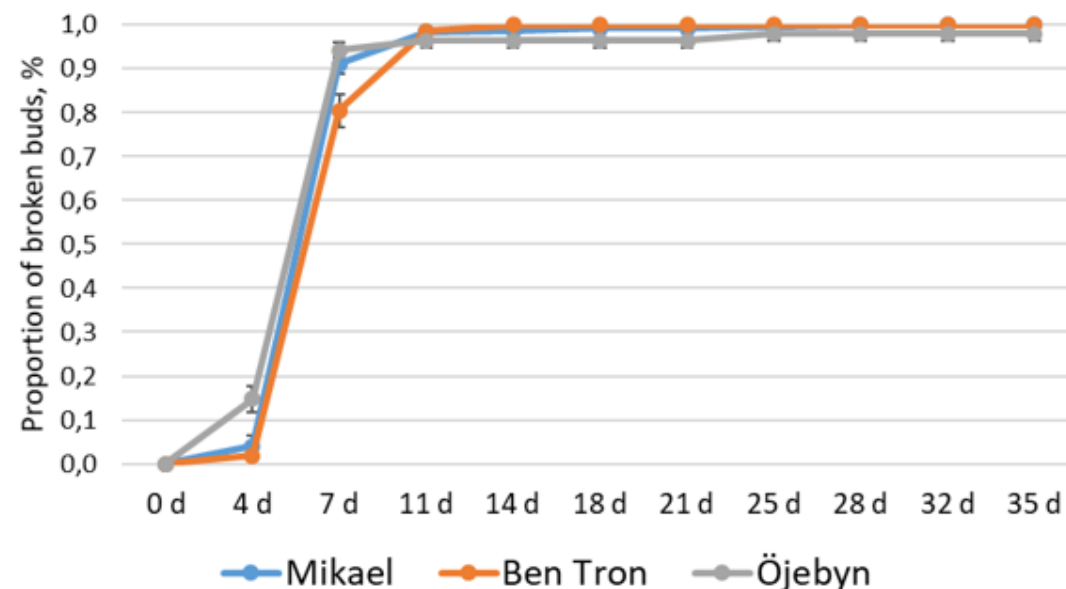
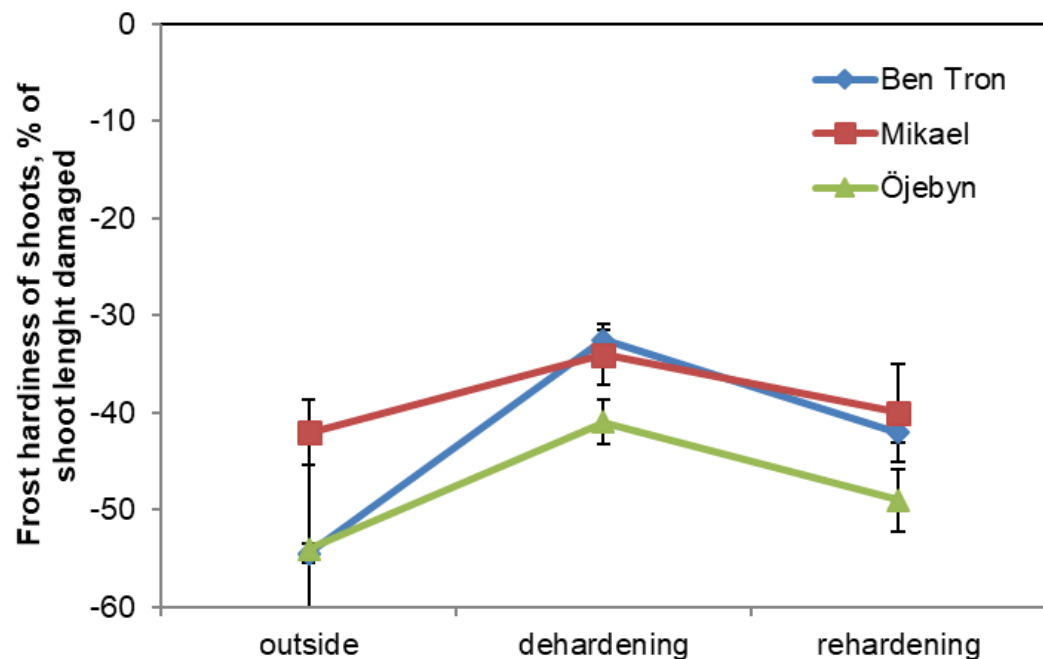


- Lokakuussa 'Mikael ja 'Mortti' olivat syvemmissä levossa kuin 'Ben Tron'
- Joulukuussa 'Mikaelin' lepotila syvin.
- Vuodenvaihteen jälkeen erot lajikkeiden välillä katosivat, kunnes maaliskuun alussa 'Ben Tron' oli syvemmissä levossa kuin suomalaiset lajikkeet.
- 23. tammikuun lähtien 'Mikaelin' ja 'Mortin' silmuista puhkesi aina yli 90 %.

	Nov. 14, 2018	Feb. 6, 2019
Ben Tron	27 a	100 a
Mikael	26 a	98 a
Mortti	33 a	100 a



MUSTAHERUKAN KYLMÄNKESTÄVYYDEN PURKAUTUMISHERKKYYS JA UUELLEEN KARAISTUMINEN



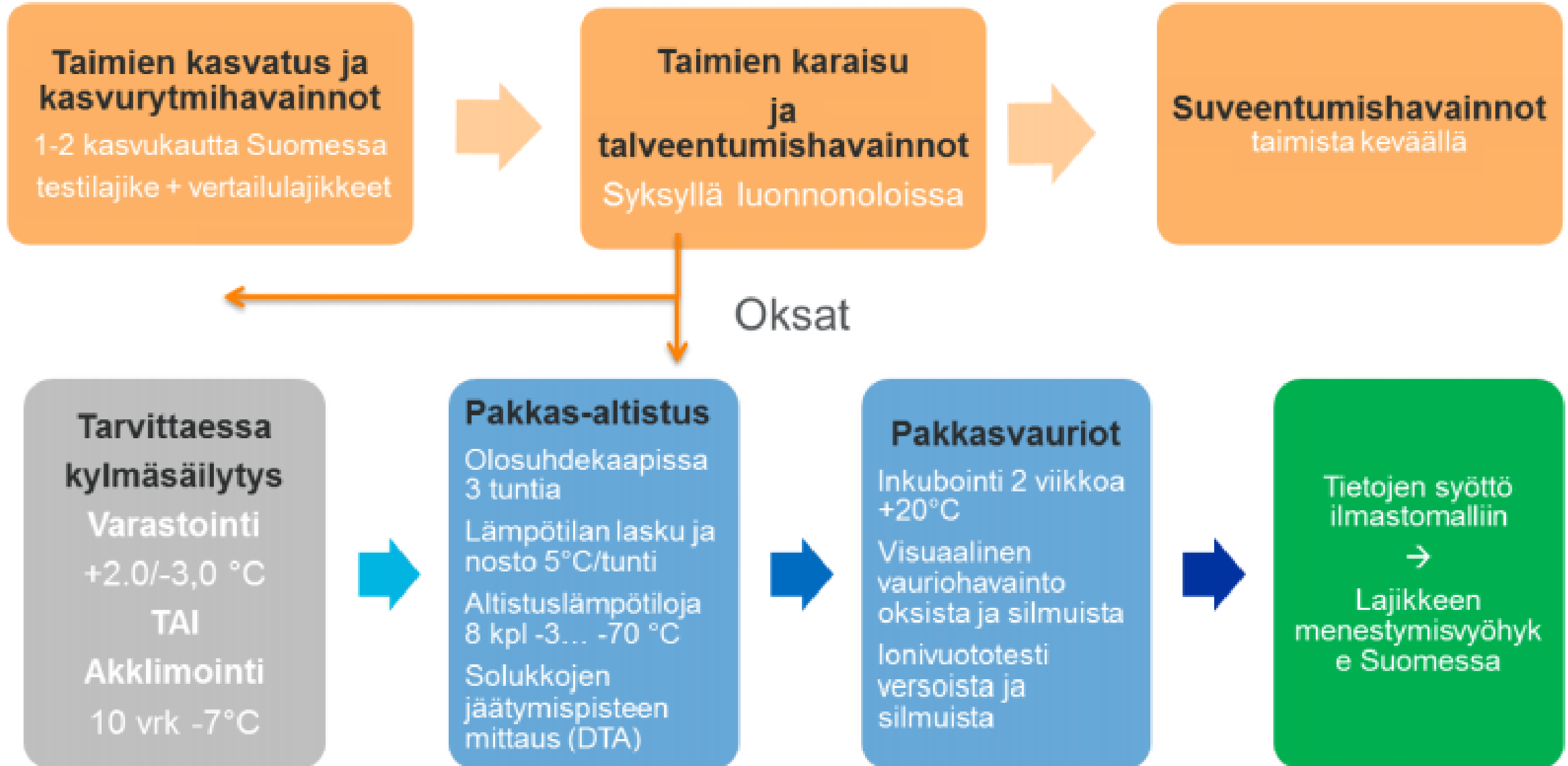
- Lepotilan syvyydessä ei ollut eroa lajikkeiden välillä helmikuussa 2019
- Karaistunut tila pysyvin Öjebyn-lajikkeella



KESTÄVYYDELLÄ MENESTYMISTÄ -HANKE

- Kontrolloiduissa oloissa toteutetussa pakkasaltistuksessa saatiin lajikkeiden kylmänkestävyydelle samansuuntaisia eroja kuin niillä tunnetusti on.
 - Erot eivät kaikissa tapauksissa riittävän selvästi esille – hajonta, vauriot verranteessa
- Paras ajankohta kestävyyserojen testaamiseen on syksyllä ja alkutalvella.
- Myöhemmin talvella kriittisin tekijä on kyky
 - a) ylläpitää karaistunutta tilaa lauhojen sääjaksojen aikana tai
 - b) uudelleenkaraistua lämpöjakson jälkeen
- Hankkeessa luotua menestymisvyöhyketestiä ei saatu hankkeen aikana vielä valmiiksi palveluksi.

Menestymisvyöhykkeen testausperiaate hedelmäpuille ja marjapensaille



Sadon muodostus

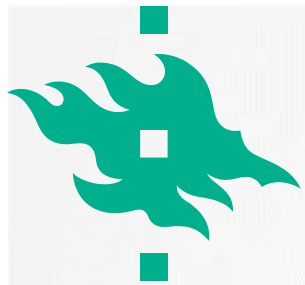
Majken Pagter,
luento
26.11.2020

Cultivar	Treatment	Flowers per plant	Berry yield (g plant ⁻¹)
'Narve Viking'	Ambient	451 ± 22 ^a	337 ± 16 ^a
'Narve Viking'	Elevated	384 ± 29 ^b	320 ± 25 ^a
'Zusha'	Ambient	491 ± 40 ^a	314 ± 34 ^a
'Zusha'	Elevated	409 ± 32 ^b	206 ± 25 ^b

} Vähemmän marjoja per kasvi. Marjakoko ei muuttunut

Andersen et al. (2017) Env & Exp Bot

- Talven pienikin lämpeneminen voi pienentää marjasatoa
- Saattaa johtua kukkien varisemisesta, kukka-aiheiden abortoitumisesta, tai marjomisprosentin pienenemisestä



KUKINTA

- Kukinta-aika 2-3 viikkoa
- Hallan sieto riippuu karaistumisasteesta ja kukan kehitysvaiheesta
- Elossa säilyneet kukat ja nuput (%), 1979-80, 16 lajiketta (Dale 1981)

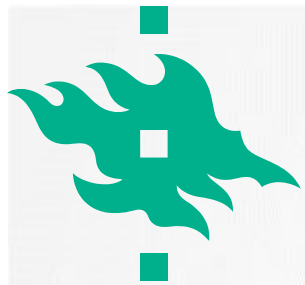
Kukinnan kehitysaste	Ei hallaa	-3,3 °C	-4,5 °C	-5,2 °C
Rypäleaste	100	84	69	46
Kukinnan alku	100	73	51	41
Täyskukinta	97	40	13	6

- Variseminen muutama vrk hallayön jälkeen
 - Irtoamissolukon muodostuminen sikiäimen alapuolelle (ABA) (Plancher 1983)



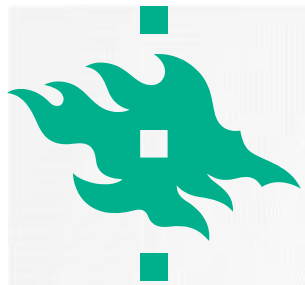
PÖLYTYS JA HEDELMÖITYMINEN

- Useimmat lajikkeet itsefertiilejä
 - 'Öjebyn', 'Lepaan musta', Ben-lajikkeet täysin itsefertiilejä, 'Brödtorp' osittain itsefertiili
- Siitepölyn itävyys noin 95 % (Fernqvist 1961)
- Emi voi vastaanottaa siitepölyä 3-4 päivän ajan
- Siitepöly tahmaista -> hyönteispölytys
 - 72 % sadon aleneminen, kun hyönteispölytys estettiin (-> variseminen) (Blasse & Hoffmann, 1988)
 - Kukat eivät houkuttele mehiläisiä kovin hyvin
 - Jos heteet ja emi samalla tasolla ja lajike täysin itsefertiili, voimakas tuuli voi edistää hedelmöitymistä
 - Norjalaiset tutkimukset sumuruiskulla (Rein 1985)



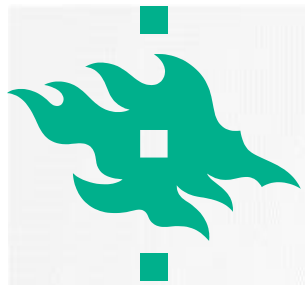
PÖLYTYS JA HEDELMÖITYMINEN

- Edullinen lämpötila +14-+16 °C
 - Siiteputken kasvu kestää 11-12 vrk, pysähtyy +6 °C:ssa
- Sikiäimessä 47-130 siemenaihetta, 15-55 % kehittyy siemeniksi (Fernqvist 1961, Neumann 1953, Teatota & Luckwill 1956)
 - Tertun tyviosan marjoissa enemmän siemeniä (55 vs. 13, Blasse & Hofmann 1988)
 - Tehokas pölytys -> siemenmäärä suurenee (Neumann 1953, 1955; Hårdh & Wallden 1965, Webb 1971) -> marjakoko suurenee



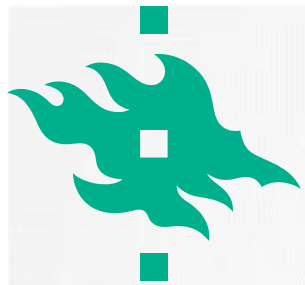
MARJANKASVU

- Kukinnan päättymisestä sadon kypsymiseen 55-67 vrk (Säkö 1972, 1973)
- Marjan kasvun 3 vaihetta ('Searbrooks Black', Wright 1956):
 - 1) 24 vrk hedelmöityksestä
 - Marjan nopea kasvu, hedelmäseinän solujen voimakas jakautuminen
 - Siemenaiheiden nopea kasvu
 - 2) 25-38 vrk hedelmöityksestä
 - Marja suurenee hitaasti, siementen kehitys nopeaa (endospermi)
 - 3) 39-73 vrk hedelmöityksestä
 - Marjan nopea kasvu, hedelmäseinän solujen voimakas laajeneminen
 - Värittyminen
 - Siementen koko kasvaa enää lyhyen aikaa



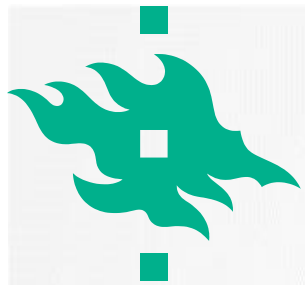
MARJAKOKO

- Riippuu marjan asemasta tertussa
- Paljon siemeniä -> suuri marja
- Veden ja ravinteiden saanti
- Lehdistön terveys -> yhteyttämisen tehokkuus
 - Kilpailu!



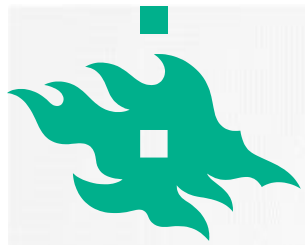
VARISEMINEN

- Siemenaiheiden tuottamat auksiinit
- Noin 3 viikkoa kukinnan jälkeen
- SYITÄ?
 - Kilpailu tertun sisällä (Lenz 1960)
 - Heikko itsefertiiliys (Williams & Child 1962)
 - Siiteputken hidas / riittämätön kasvu viileissä oloissa (Stott ym. 1975)
 - Kuivuus sadonkorjuun jälkeen -> kukkasilmujen kehitys (Wilson & Jones 1980)
 - Kukinnanaikainen koleus (Plancher 1983, Dale 1984)
 - Kukinnanaikainen harmaahomesaastunta (McNicol & Williamson 1989)



SADONTUOTTOKYKY

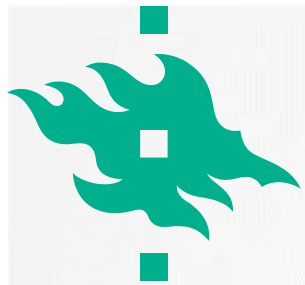
- Marjojen lukumäärä × marjakoko
 - Satoa antavien haarojen määrä
 - Kukkasilmujen lukumäärä haarassa
 - Terttujen määrä silmussa
 - Kukkien määrä tertussa
 - Marjomis-%



Sato- vuosi	Pensaan koko	Potentiaalinen sato (kg / pensas)	Toteutu- nut sato (%)	Sadon vajausta selittivät (%)		
				Puuttuvat marjat	Heikko siementen muodostus	Heikko marjan paisuminen
1.	9,5 haaraa	5,95	51	16	11	22
2.	8 haaraa	15,7	41	19	12	29

- Lajikkeiden välistä vaihtelua selittivät silmujen määrä versoissa ja pensaassa (Webb 1976, 1978)
- Kukkasilmujen määrä ja suurin mahdollinen kukkaluku määräytyvät ed. kasvukauden aikana.

- Versojen kasvu ja kukkasilmujen initiaatio
- Marjankasvu



SADONTUOTTOKYVYN OPTIMOINTI

- KILPAILU: uudet vuosikasvaimet ja silmut (samaan aikaan marjasadon kanssa)
 - Lannoitus
 - Kastelu
- Lehdistön terveys
 - Lehtialan ennenaikainen menetys -> seuraavan vuoden sadon pieneneminen (Corke & Wilson 1964)
 - Kukkasilmut, kukat
 - Vuosikasvainten kärkien kuolema, talvivauriot