



Nurmikasvien kukinta ja sen yhteys laatuun

Mervi Seppänen

Maataloustieteiden laitos

Helsingin yliopisto



Helsingin yliopisto – Viikin kampus

Maatalous-metsätieteellinen tdk

Maataloustieteiden laitos:

➤ Agroteknologia

➤ Kotieläintiede

➤ Kasvintuotanto

✓ agroekologia

✓ kasvinviljely

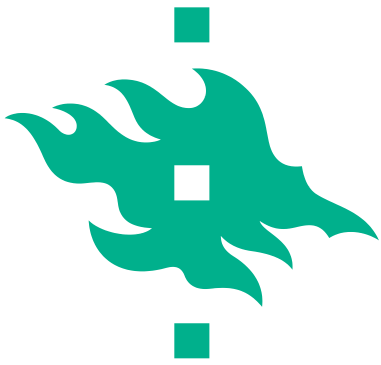
✓ kasvinjalostus

✓ kasvipatologia

✓ puutarhatiede,

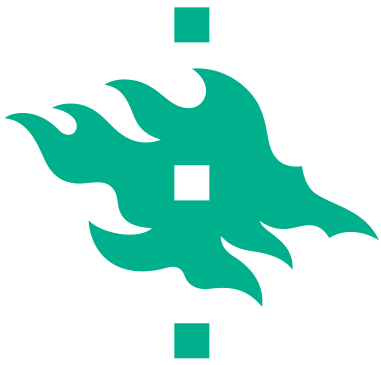
✓ maatalouseläintiede



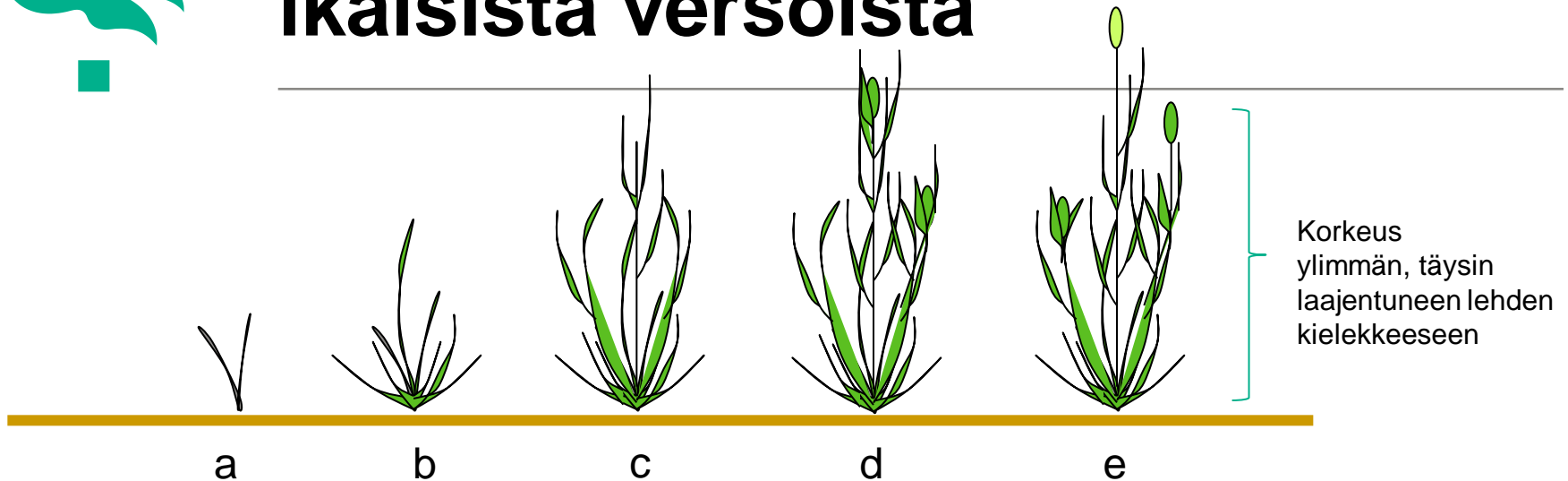


Nurmitutkimus Viikissä

- Nurmikasvien sadon- ja laadunmuodostumisen säätely
 - Miten sato rakentuu ? Timotein versotyypit
 - Miten säädellään? Vernalisaatio ja päivänpituus
 - Kukinnan yhteys laatuun ?
- Sopeutuminen ilmastonmuutokseen
 - Talvenkestävyyden vaatimus tulevaisuudessa?
 - Tämän päivän ja tulevaisuuden riskit talvehtimisessä
- Nurmirehun sokeripitoisuus



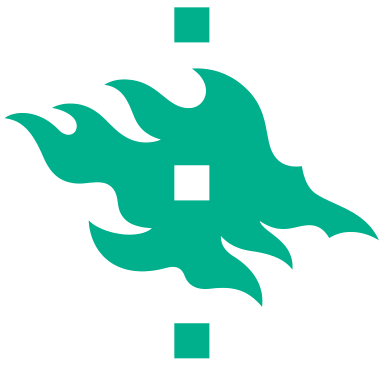
Nurmikasvusto koostuu eri-ikäisistä versoista



Kasvu- ja kehitysasteet (Simon ja Park 1981)

- a) Lehtien muodostuminen (11-19)
- b) Korren pidentyminen (valevarsi), ei solmuja (20-29)
- c) Korren pidentyminen (aitovarsi), solmut tuntuvat (31-39)
- d) Lehtituppi turvonnut (45)
- e) Kukinto näkyvissä (50-59)

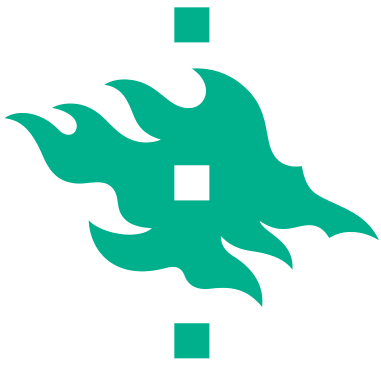




Miksi kukinnan virittyminen kiinnostaa ?



- Kukintoja ja korrellisia versoja muodostava kasvusto korkea
 - Sadon määrä suurempi
 - Korren sulavuuden muutokset yleensä hyvin ennustettavissa
 - Alimpien lehtien valo-olot suotuisat, nk. Kriittinen LAI korkea, ei kuolleita lehtiä, yhteyttämistuotteet kasvuun eikä alimpien lehtien hengitykseen
 - Korren pituuskasvu ja kukinta säädelty osittain samoja reittejä pitkin?
- Kukinnan perinteinen yhteys laatuun
 - Kärkikasvupiste tuottaa lehtiaiheita kunnes kukinta aktivoitunut, vaikuttaa lehtien lukumäärään (lehti:korsi-suhde)
 - Kukintojen esiintyminen kuvastaa korren lignifikaation eli puutumisen etenemistä
 - Laidunnurmet, kukkimattomat lajikkeet?
- Kukinnan säätely tunnetaan hyvin esim. syysviljoilla

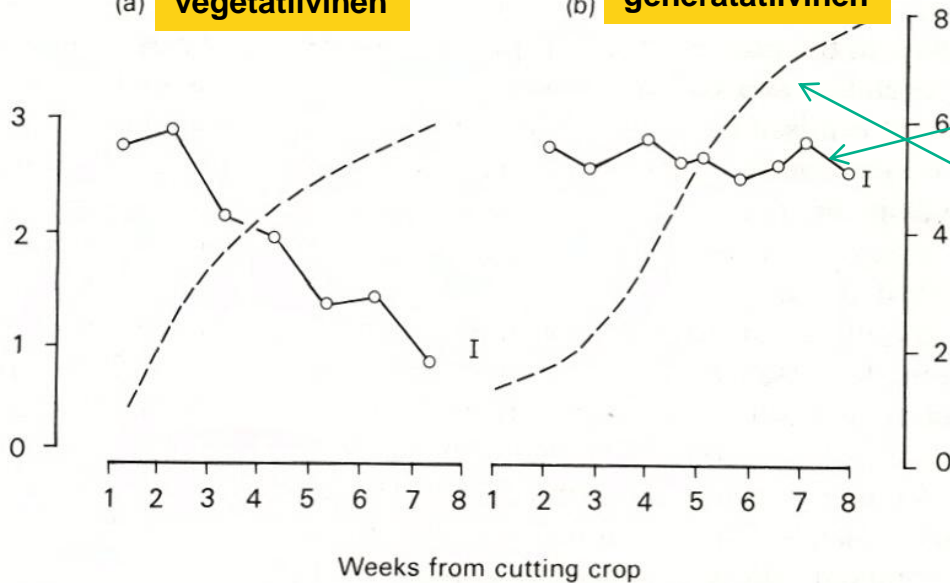


Vegetatiivisten ja generatiivisten versojen lehtiala ja yhteyttämiskyky

Single-leaf net photosynthesis ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)

(a) vegetatiivinen

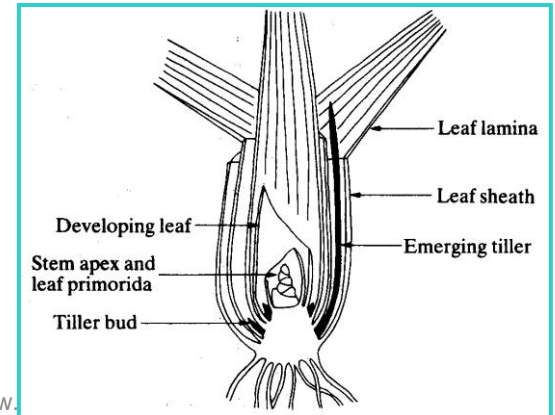
(b) generatiivinen

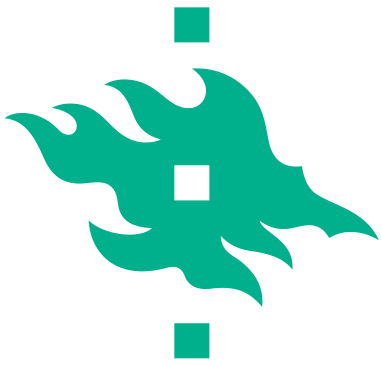


GEN versojen fotosynteesiteho säilyy korkeana kun VEG versoilla se laskee nopeasti ajan myötä

GEN versojen lehtiala muodostuu korkeammaksi

Figure 2.9 Photosynthetic capacity (○) of successive leaves of *Lolium perenne* taken, when newly expanded, from (a) a vegetative or (b) a reproductive field sward, and measured at 250 W m^{-2} (PAR), together with the LAI of the sward (---): vertical bars indicate s.e. (Redrawn from Woledge and Leafe, 1976.)

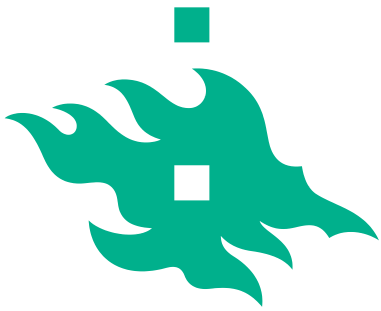




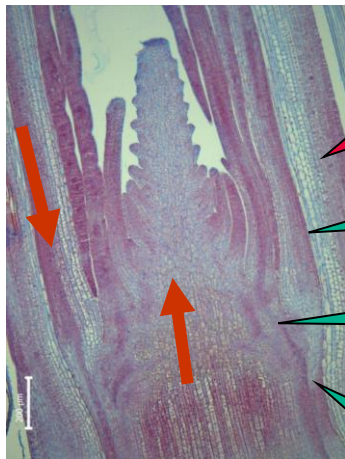
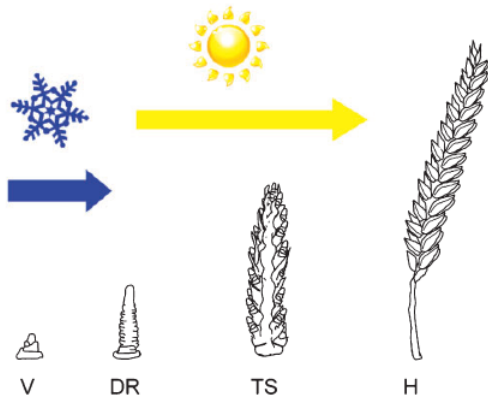
Nurmikasvilajien välillä eroa niiden kukinnan induktiossa

Eivät tarvitse vernalisaatiota eli kylmäsittelyä (keväistymistä) kukkiakseen	Tarvitsevat vernalisaation eli kylmäsittelyä (keväistymistä) kukkiakseen
Lyhyenpäivän kasvit (alle 8 h)	Kaksoisinduktion vaativat lajit (alhainen lpt (vernalisaatio+ pitkä päivä) Nurmi- ja ruokonata, englannin raiheinä
Pitkänpäivän kasvit (yli 16 h) timotei	
Päiväneutraalit kasvit	

Miten näkyy nurmissa?



Vernalisaation eli talven kokemisen tarve ajoittaa kukinnan



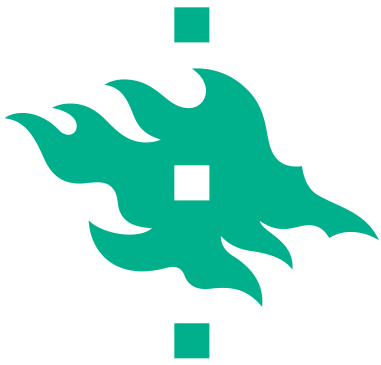
Talven kokeminen.
vernalisaatio

Kasvin koko,
sisäiset signaalit

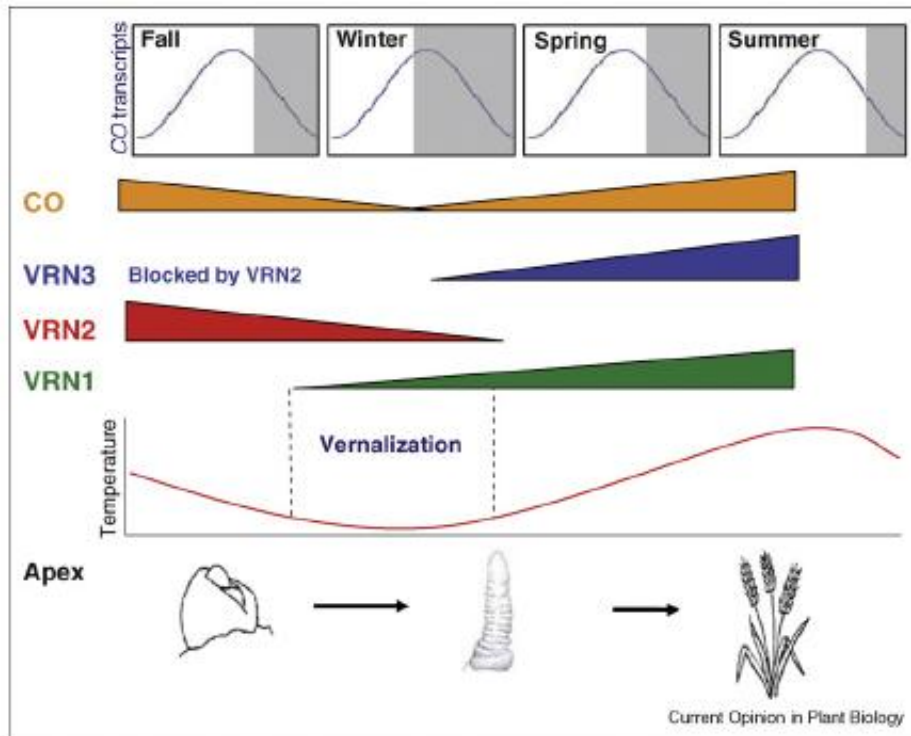
Päivänpituus

Gibberelliinihappo

- Kausittaisen kukinnan rytmityksen säätelee vernalisaatio ja päivänpituus
- Vernalisaatiovaste, kukinta mahdollistuu tai nopeutuu kylmän kokemisen seurauksena
- Vernalisaatiovaatimus, pituus vaihtelee kasvilajeittain ja –lajikkeittain
- Vernalisaatiovaatimuksen täytyminen, kukinta virittyy ja kärkikasvupiste ei muodosta enää lehtiaiheita vaan muuttuu generatiiviseksi

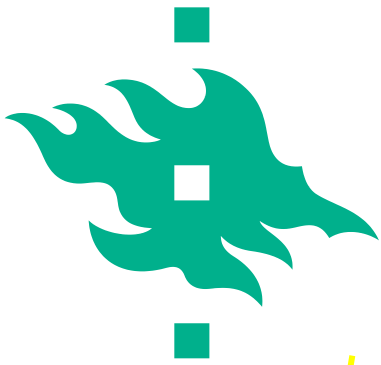


Vernalisaation avaingeenit tunnetaan hyvin - VRN1, VRN2 ja VRN3



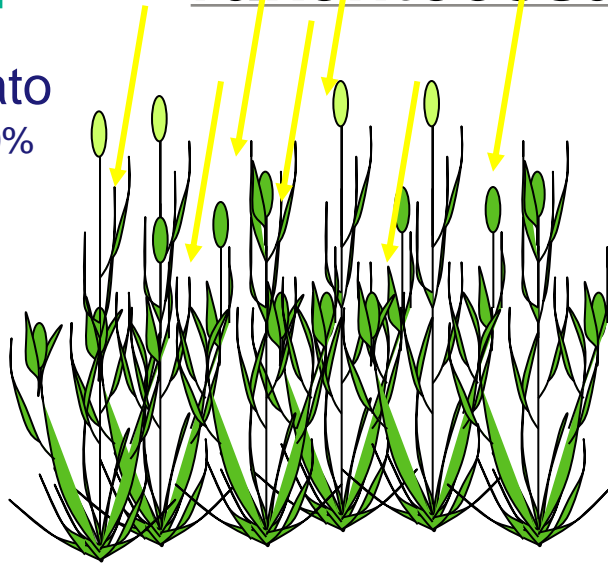
Distelfeld and Dubcovsky 2009

- CONSTANS (CO) mittaa päivänpituutta
- VRN1 ja VRN3 indusoivat kukintorakenteiden muodostumista
- VRN3 yhdistää vernalisaatio ja päivänpituusreitit
- VRN2 estää kärkikasvupisteen muuttumisen generatiiviseksi

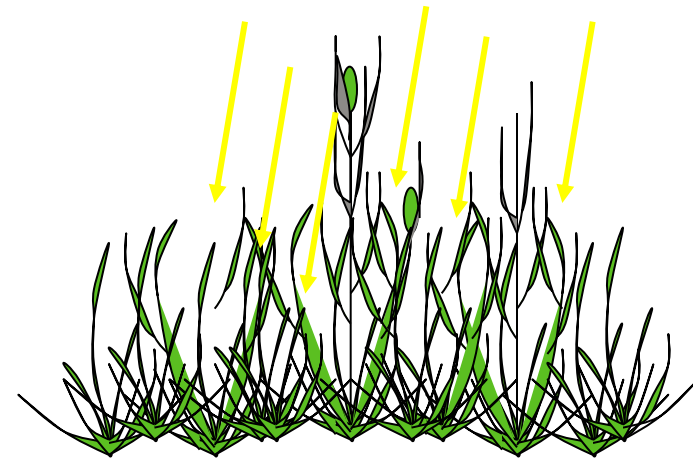


Meille vernalisaatio ja kukinnan virittyminen näkyy nurmikasvuston rakenteessa, versotyypeissä

1.sato
30-40%

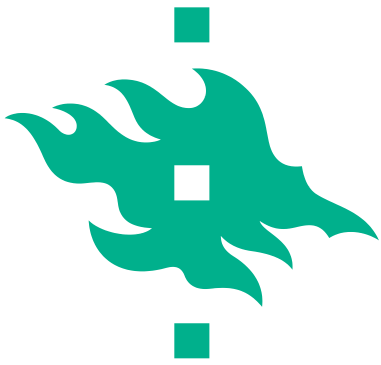


2. sato
1-2%



- Vernalisoituneet versot, synkronoitu kehitys
- Talvi pitkä, ei lajike-eroja kevätkasvussa
- Nopea kehitysrytmi ja laadun aleneminen
- Pääasiassa GEN versoja (Virkajärvi ym. 2011.)

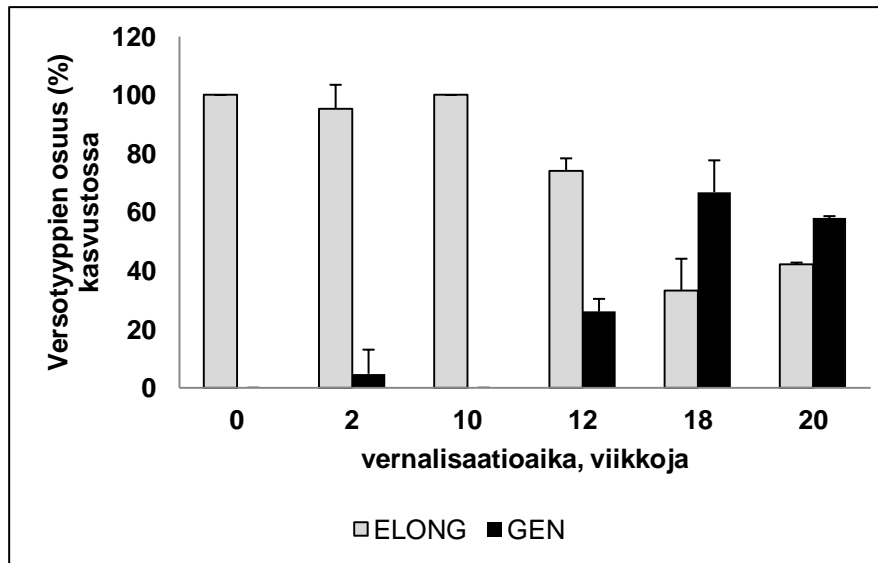
- Ei-vernalisoituneet versot
- Lyhenevä päivänpituus, lajike-eroja
- Karaistumisprosessien alkaminen
- Pääasiassa VEG versoja, mutta 2. sadossa myös ELONG versoja (Virkajärvi ym. 2011)



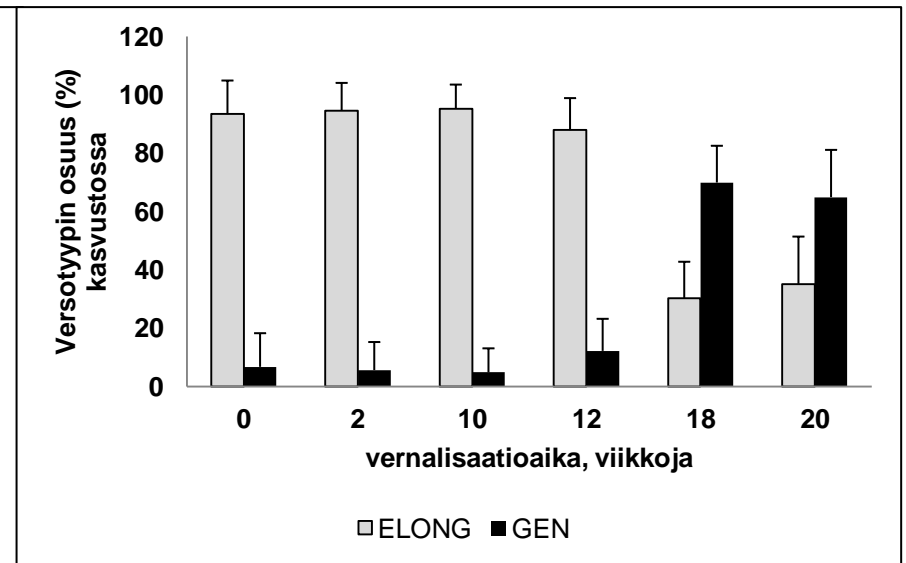
Hyvin pohjoiset timoteilajikkeet eivät muodosta kukintoja ilman kylmän kokemista



Iki

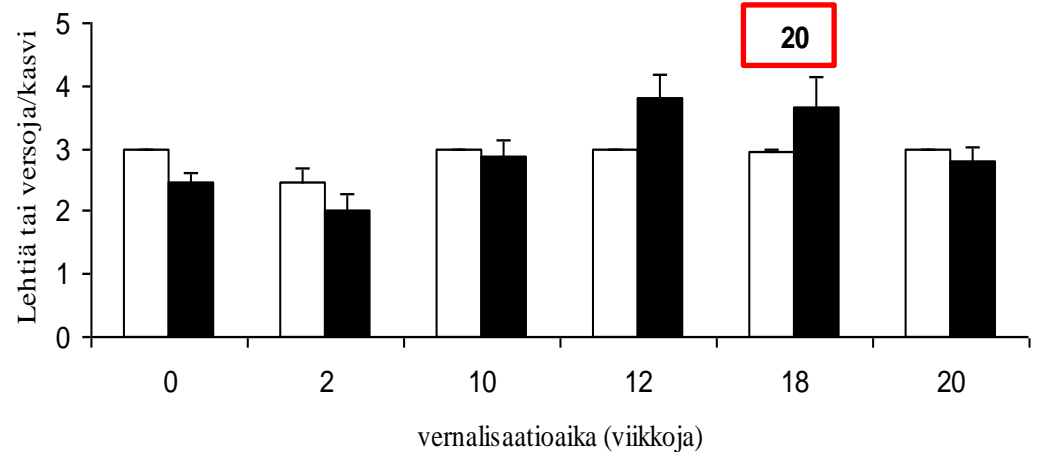
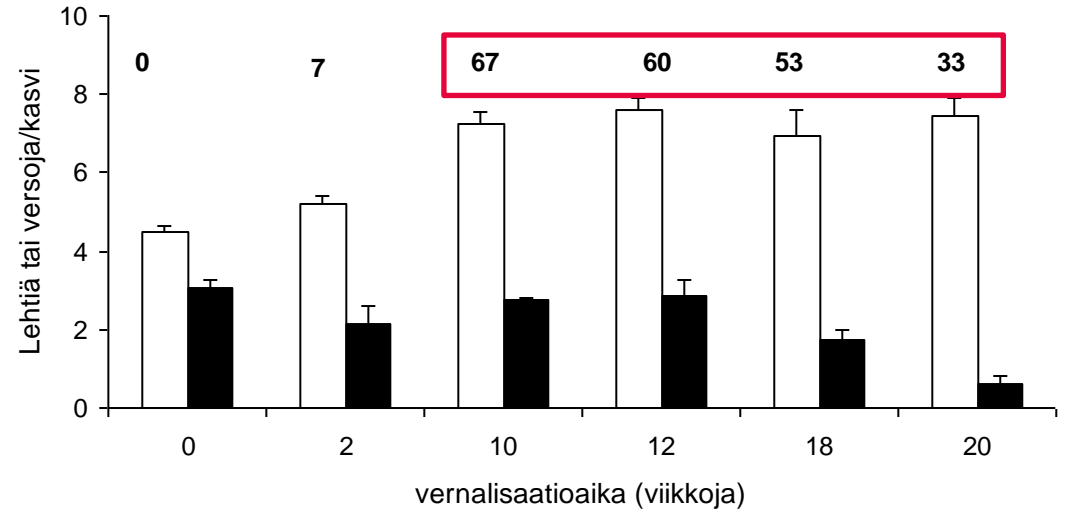


Tuure

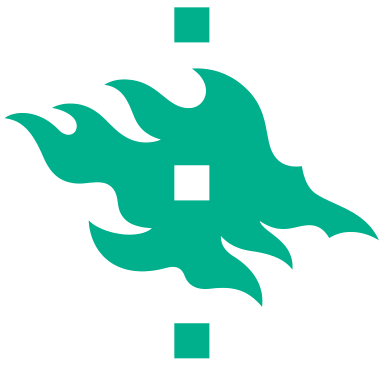




Ruokonata vaatii pitkän vernalisaation jälkeen optimaaliset olot kukkiakseen

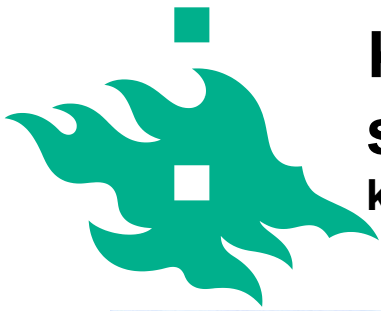


Pohjoisilla genotyypeillä vernalisaation jälkeen alhaisempi lpt optimi.

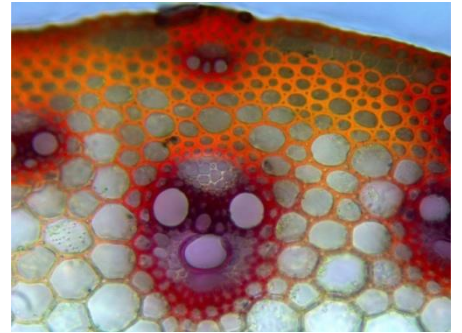
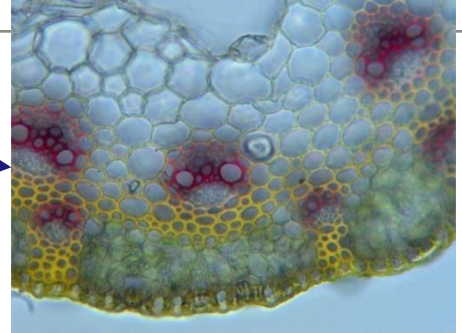
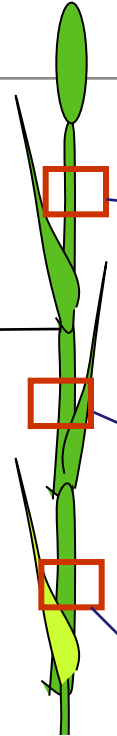


Myös kaksoisinduktion vaativat lajit (eng. raiheinä, nadat) **vaativat optimaaliset olot kukinnan alkamiseen**

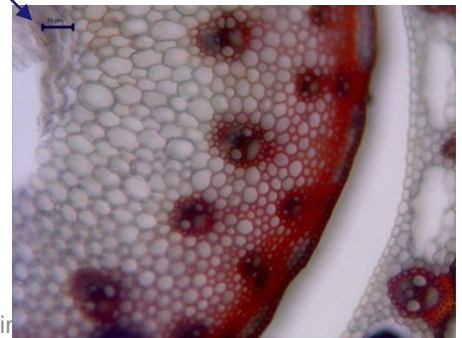
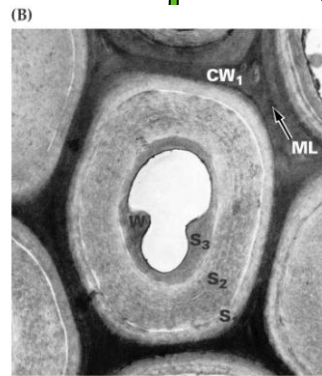
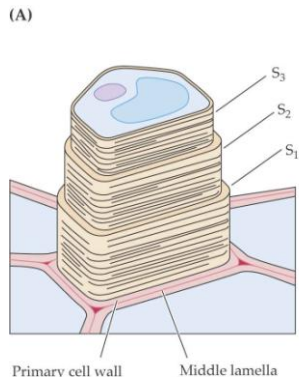
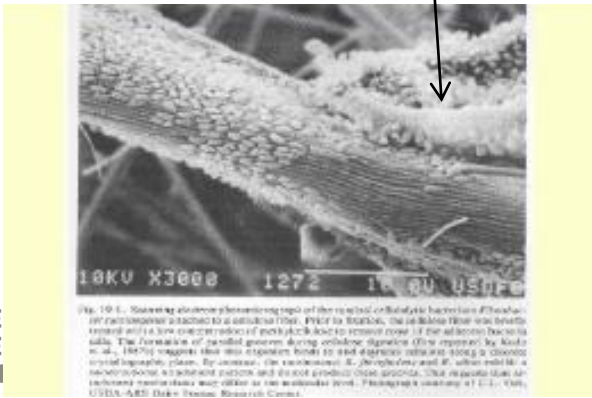
	Primääri-induktio			Sekundääri- induktio
	Pitkä päivä	Lyhyt päivä	Vernalisaatio -aika	Kriittinen päivänpituus
Pohjoinen	7°C	11°C	7-8 vk	17.5 h
Eteläinen	11°C	15°C	Alle 3 vk	12.0 h



Kukinnan virittyminen yhdistetään sulavuuden nopeaan alenemiseen – korren painon lisääntyminen (nurmet vs. apilat)



Microbes digesting stem fraction



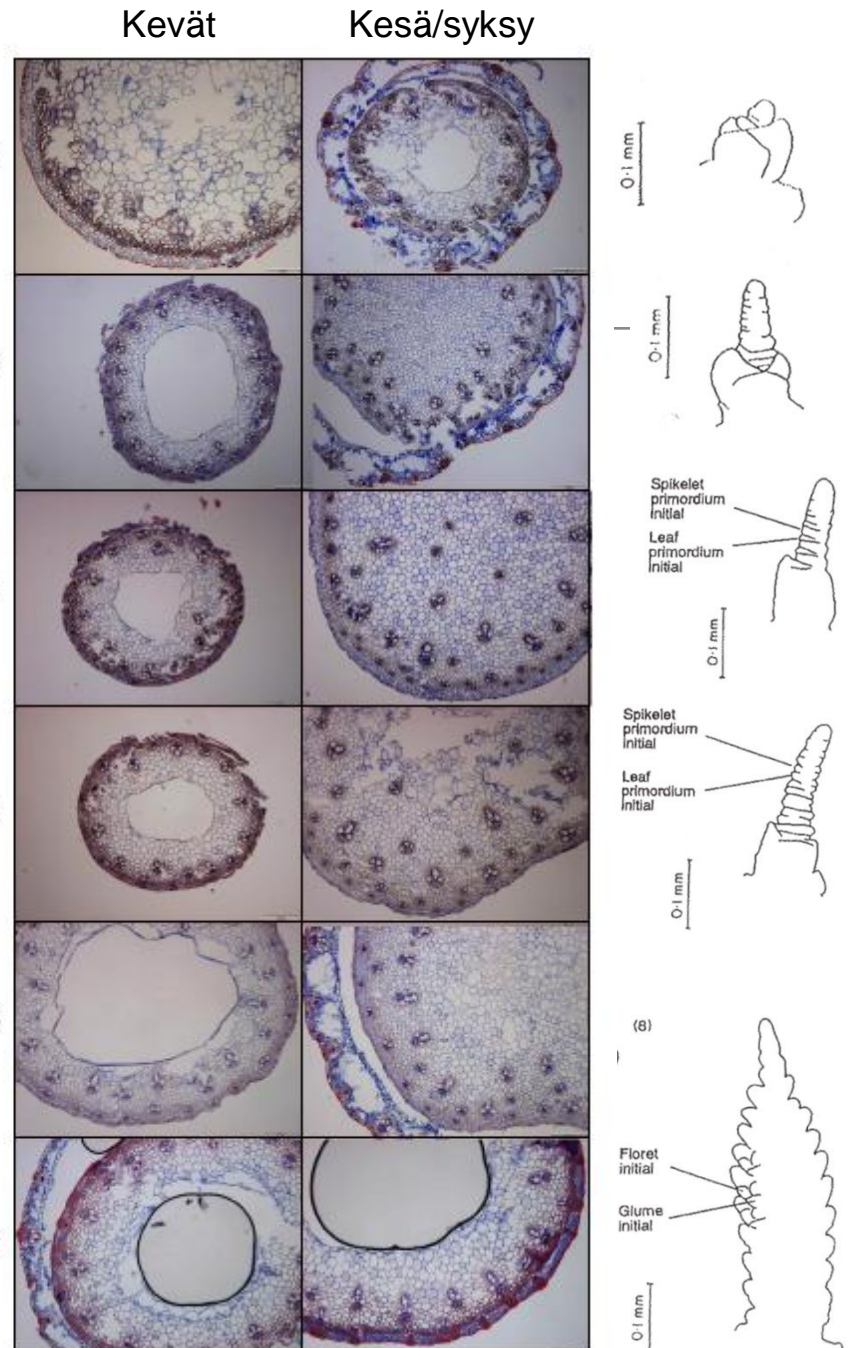
Seppänen ym.

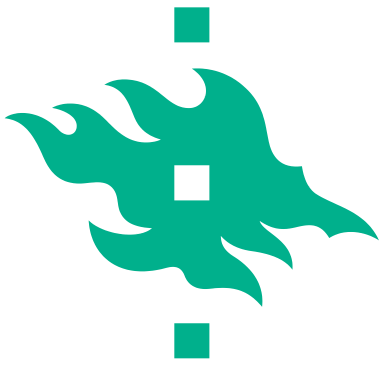


Säateleekö kukinnan virittyminen lignifikaatiota ?

- vernalisoitunut korsi onttoutuu aikaisemmin
- lignifioitunut rengas havaitaan jo eikukkivissa versoissa
- Kesä/syysadossa korrellisten versojen kehitys voi pysähtyä ja niiden ikä on vanhempi kuin kehitysasteen mukaan – sulavuus alentunut
- Nurmikasveilla korren painon lisääntyminen johtuu puutumisesta kun apiloilla varsi voi kasvaa myös paksuutta (sulavuuden alentumisen erot heinät vs. apilat)
- Ruokonadan lehtien johtojänteet puutuvat, puutumisasteen arviointi mahdotonta
- Miten lisää hyvin sulavia korsiä kesä- ja syysaatoon?

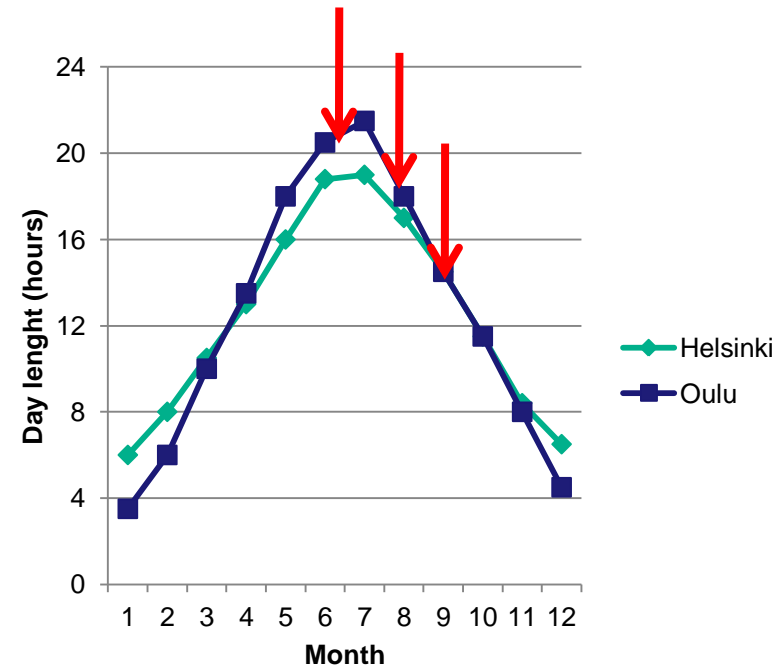
Apex > 14

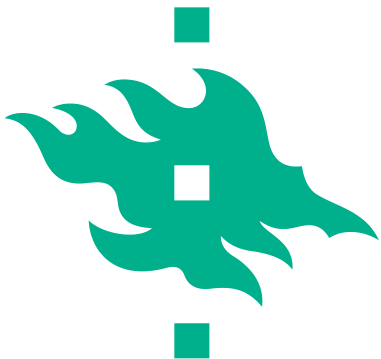




2. ja 3. sadon kukkivien/ korrellisten versojen lukumäärän määrää päivänpituus (ja kasvin energiatalous)

- Timotein kriittinen päivänpituus kukinnan aktivoitumiselle on 14-16 tuntia, pidempi pohjoista alkuperää olevilla lajikkeilla
- Timotein talvenkestävyys on parempi kuin englannin raiheinällä
- Talvenkestävien lajien ja lajikkeiden kasvu pysähtyy ja valmistautuminen talveen alkaa pidemmässä päivässä ja korkeammassa lämpötilassa = aikaisemmin syksyllä





Timotein kriittinen päivänpituus kukinnan virittymiseen



Iki 12h

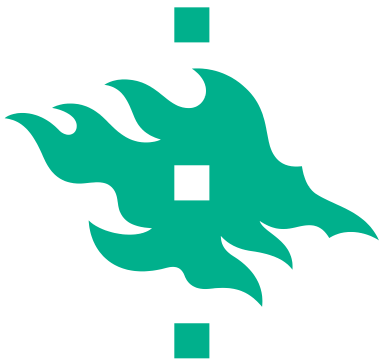
Iki 16h

Tuure 12h

Tuure 16h

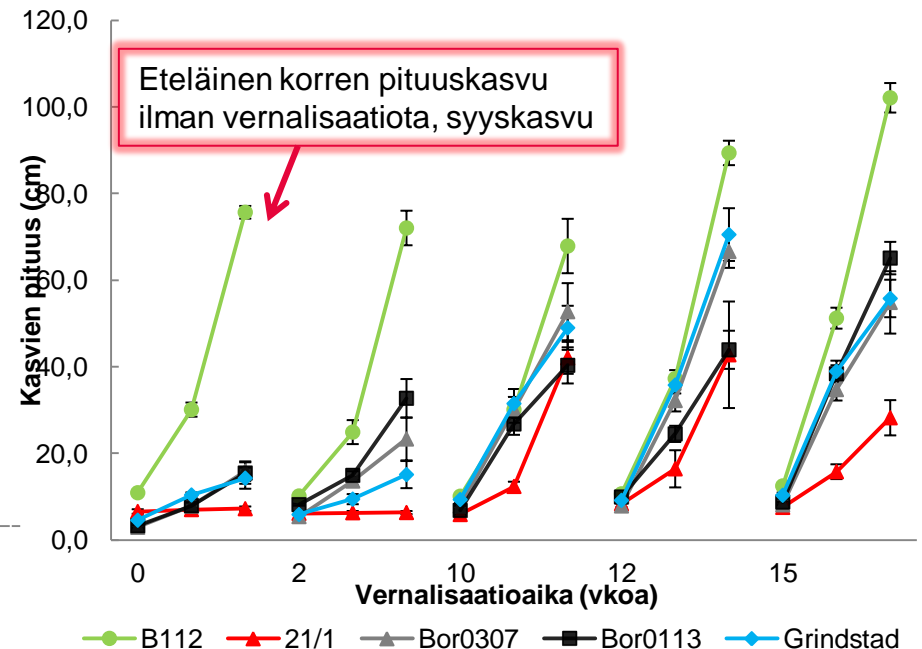
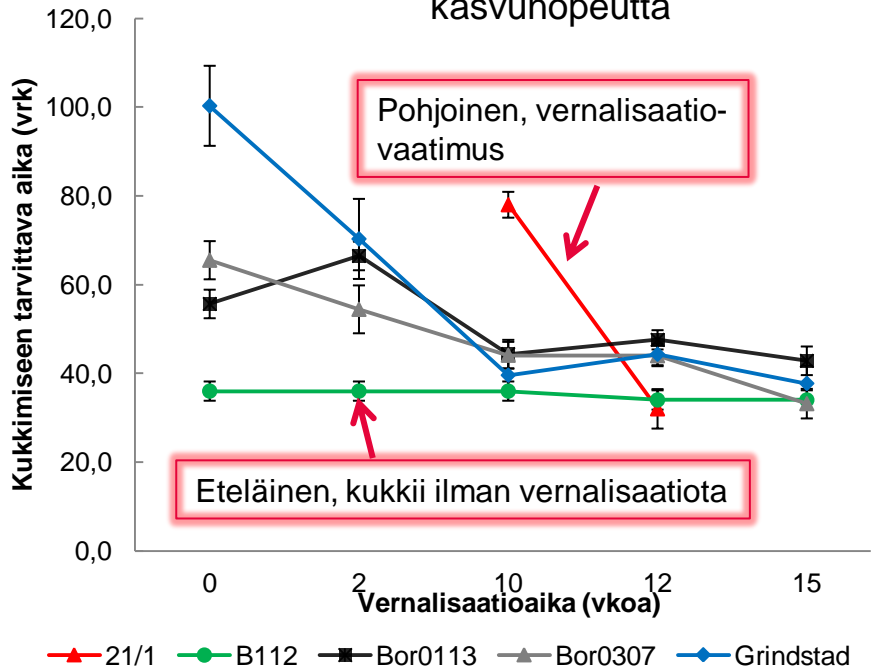
16 h: versojen lkm alhainen, harva kasvusto, korkea

12h: runsaasti versoja, varjostus, tiheä kasvusto, matala

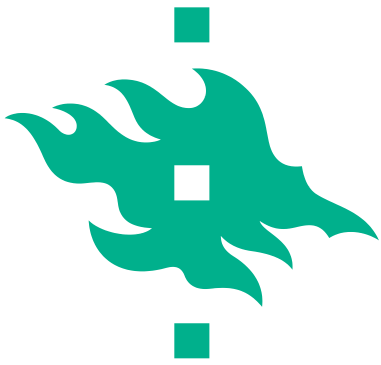


Lisää korrellisia versoja kesä- ja syysatoon

Myös kasvunopeus on yhteydessä 'lepotilan' (vernalisaatiovaatimuksen) lyhyteen, eteläisestä perimästä haetaan lyhyttä päivänpituusvaatimusta korrenkasvulle ja kasvunopeutta

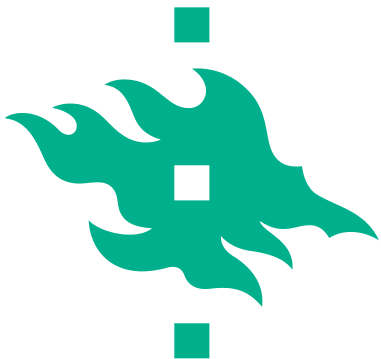


Juha Luhtanen, Maisteritutkielma 2011

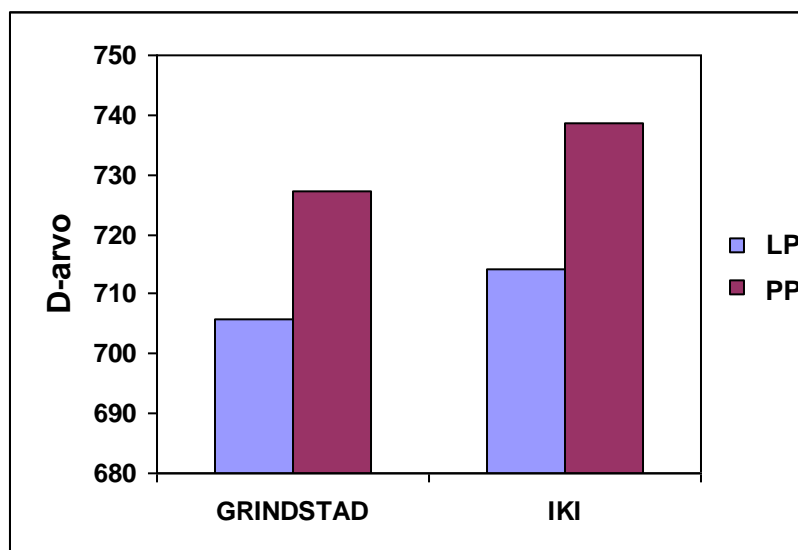


Kohonnut lämpötila, päivänpituus, rehun laatu

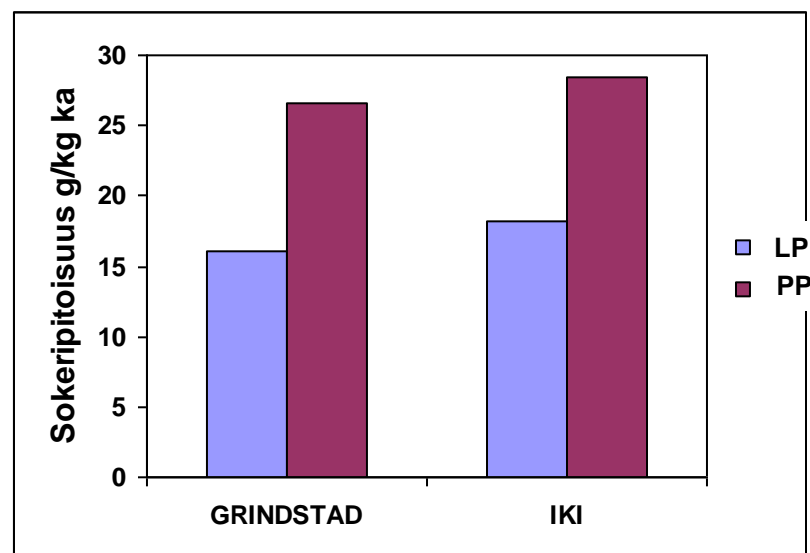
- Viileillä alueilla nurmien laatu parempi
- Timotein kasvulpt optimi 21/15°C
- Korkea lpt nopeuttaa kehitysrytmiä ja lignifikaatiota
- Pitkä päivä lisää kuiva-aineen kertymistä ja parantaa sulavuutta
 - 1 tunnin päivänpituuden lisäys nostaa sulavuutta 0.02 yksikköä



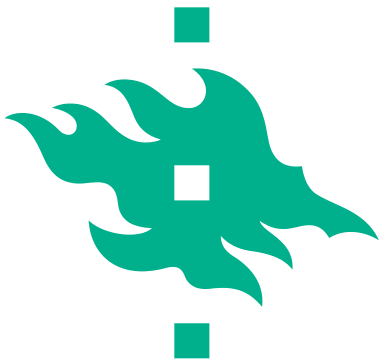
Lyhyt päivä alentaa nurmikasvien D-arvoa ja sokeripitoisuutta



LP = lyhyt päivä, PP= pitkä päivä

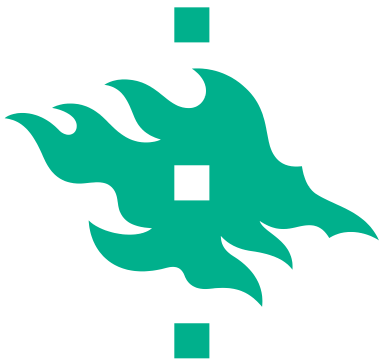


Simola & Seppänen



Ilmastonmuutoksen ennustetaan...

- ... lyhentävän talven pituutta.
- ... leudontavan talvia.
- ... vähentävän lumipeitteen määrää.
- lisäävän tulvien ja jääpeitteen määrää talvella.
- ... pidentävän kasvukautta.
- ... lisäävän kesän kuivuusjaksojen esiintymistä.

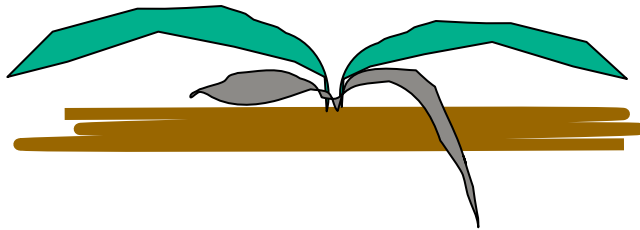


Nurmikasvit ja ilmastonmuutos

- ...kevääntulo aikaistuu ja ensimmäinen sadonkorjuu aikaistuu...
- ...kasvukausi pitenee ja mahdollistaa kolmen niiton strategian...
- ...kesän kuivuus lisääntyy ja johtaa edelleenkin kahden niiton strategiaan...
- ...kasvukausi pitenee syksystä, nurmikasvien sadon muodostuminen tapahtuu lyhenevässä päivässä...
- ...talvi leudontuu, jolloin talvenkestävyydestä voidaan tinkiä...

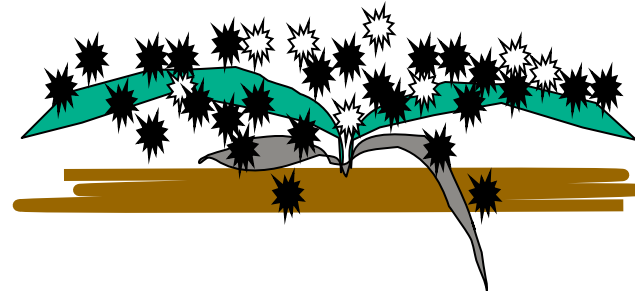
Talvehtiminen

Ei lunta



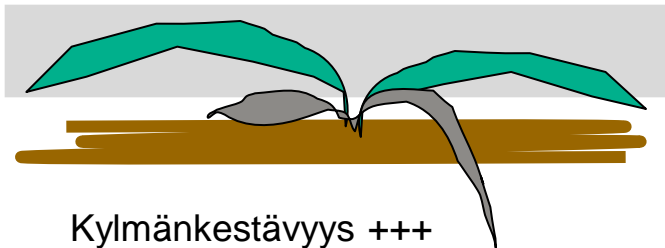
Kylmänkestävyys +++

Lumipeite



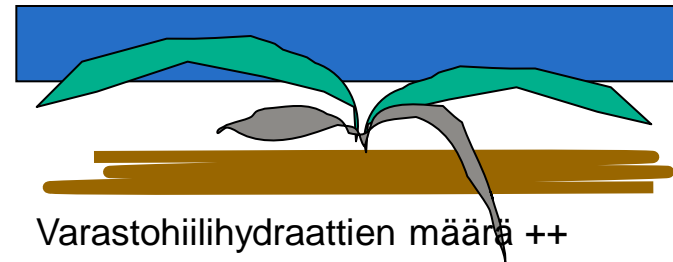
Varastohiilihydraattien määrä +++
Sienitaudit (roua) ++
Kylmänkestävyys +

Jääpolte

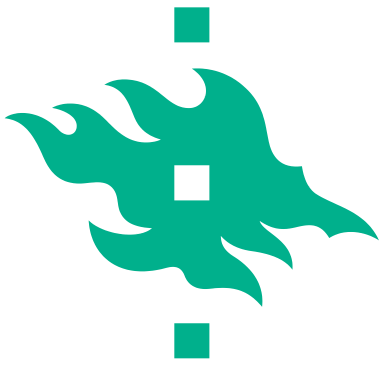


Kylmänkestävyys +++
Varastohiilihydraattien määrä ++
Hapeton tila, oksidatiivinen stressi

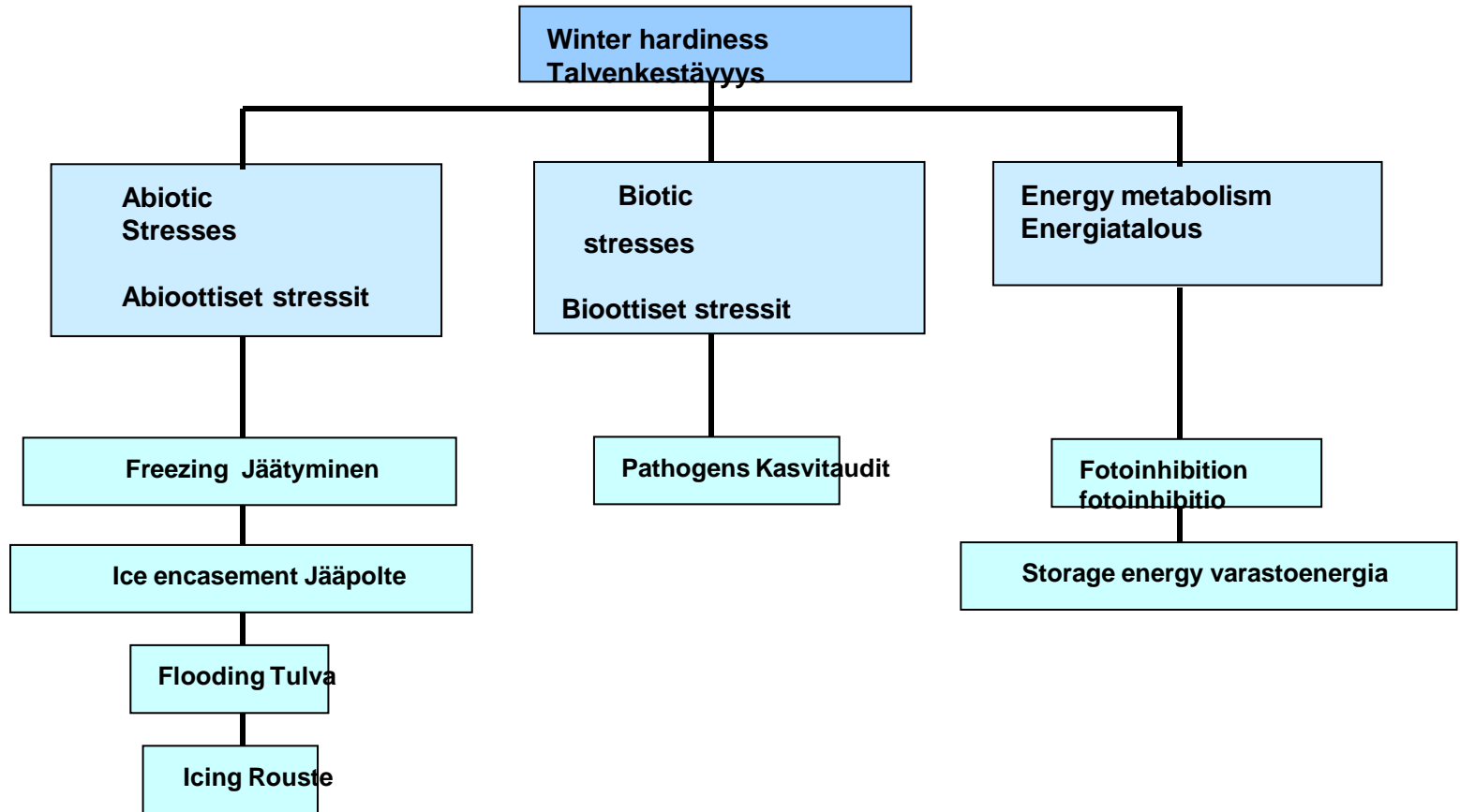
Tulva

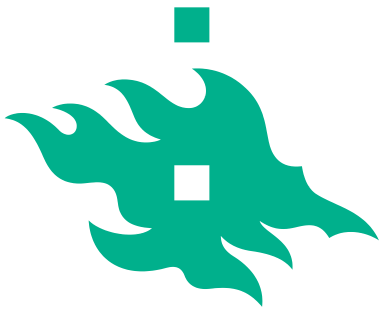


Varastohiilihydraattien määrä ++
Hapeton tila, oksidatiivinen stressi



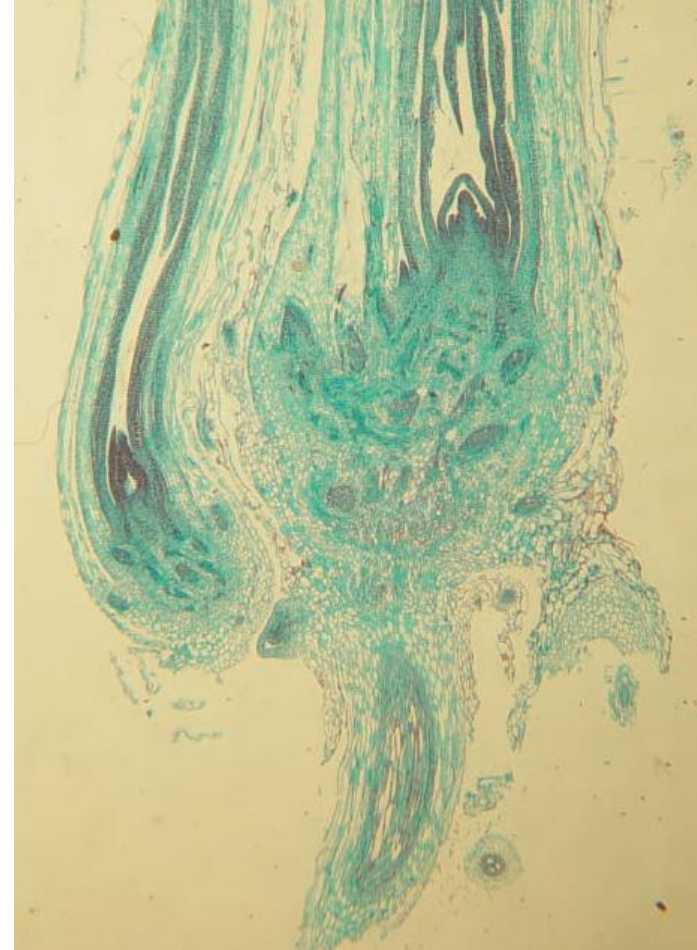
Abioottiset ja bioottiset stressitekijät – mitkä ovat tulevaisuudessa tärkeät sopeutumisoima- isuudet (adaptive traits) ?

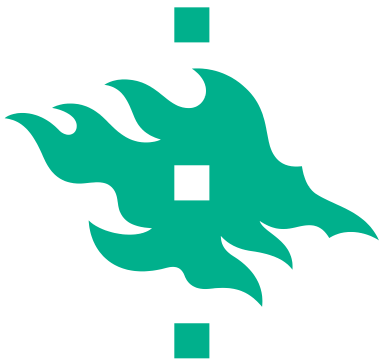




Tyven kasvupisteiden säilyttävä elävinä

- Kärkikasvupiste kestää alempia pakkaslämpötiloja kuin muut osat kasvia
- Kaksivaiheinen karaistuminen:
 - ensimmäisessä vaiheessa energia-aineenvaihdunnan sopeuttaminen ja karaistumisprosessit (0 – 10°C)
 - toisessa vaiheessa syvän kylmänkestävyyden saavuttaminen (pakkaslämpötilat)
- Kukinnan virittyminen vernalisaation seurauksena ja asteittainen kylmänkestävyyden purkautuminen
- Kuinka syvä kylmäkaraistuminen vaaditaan tulevaisuudessa ?
- Kuinka paljon varastoenergiaa tarvitaan tulevaisuudessa?

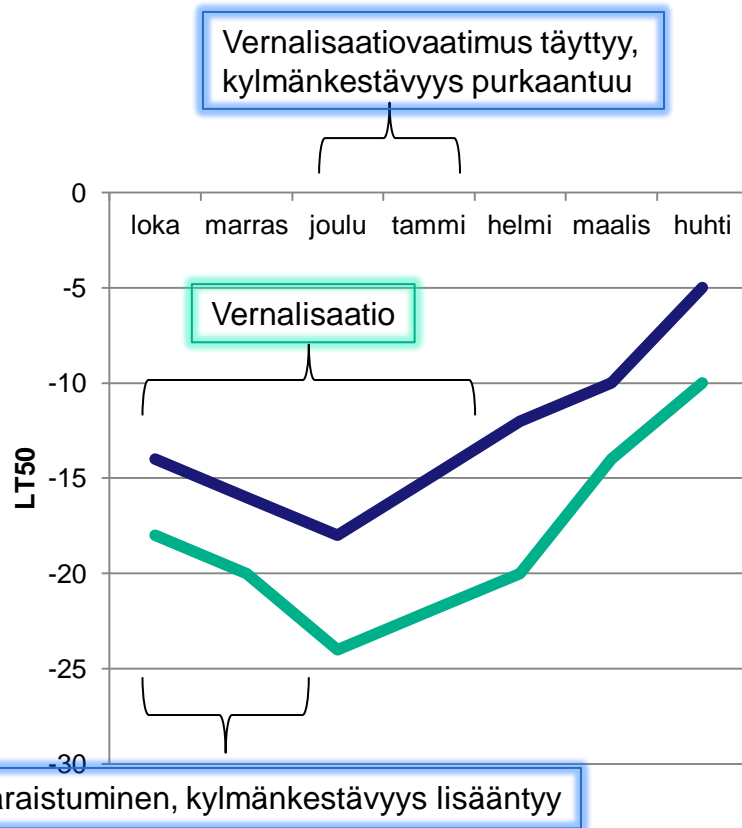




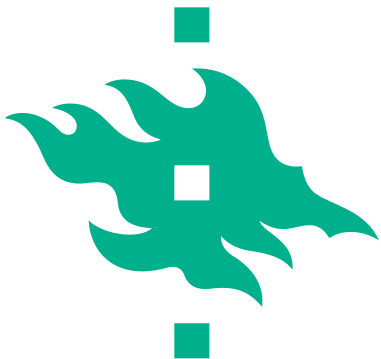
Miksi vernalisaatio kiinnostaa ?

Vernalisaation ja kylmänkestävyyden yhteys

Vernalisaation merkitys nurmien sadonmuodostukseen



- Vernalisaatio ja kylmäkaraistuminen tapahtuvat samanaikaisesti
- Vernalisaatiovaatimuksen täyttymisen jälkeen kylmänkestävyys alenee
- Hyvin tunnettu ilmiö syysviljoilla
- Vernalisaation merkityksestä nurmien sadonmuodostukseen ensimmäiset tulokset timoteilla
- Miten vernalisaatio etenee talvehtivilla kasveilla Suomessa, ei lainkaan aiempaa tietoa
- Uusien lajikkeiden jalostamisen taustaksi, mitkä ovat tärkeät ominaisuudet ja kandidaattigeenit ja merkit jalostukseen



Lumiset talvet – näytteiden otto kerran kuukaudessa

VIIKKI



Kuva: Juha Luhtanen

Dept. of Agricultural sciences

YLISTARO



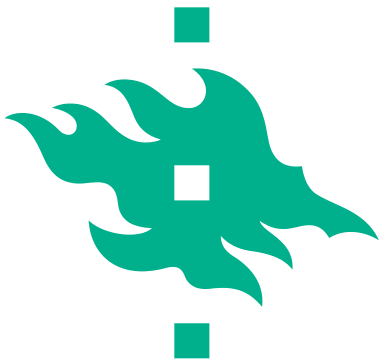
Kuva: MTT Ylistaro

www.helsinki.fi/yliopisto

17.5.2010

27





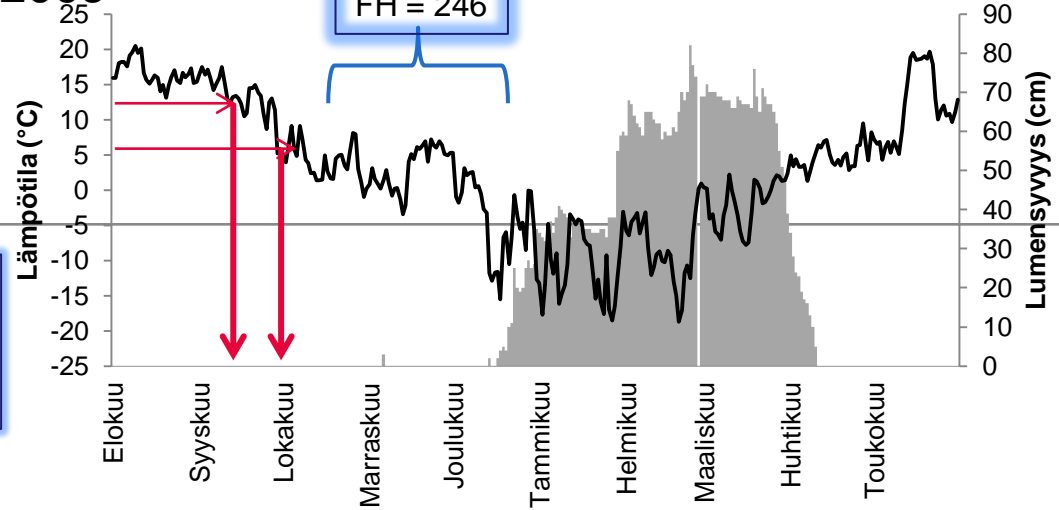
Viikki

Karaistumiskausi, HP

Syksyn karaistumisjakson astepäivät 0-5°C, FH-COLD

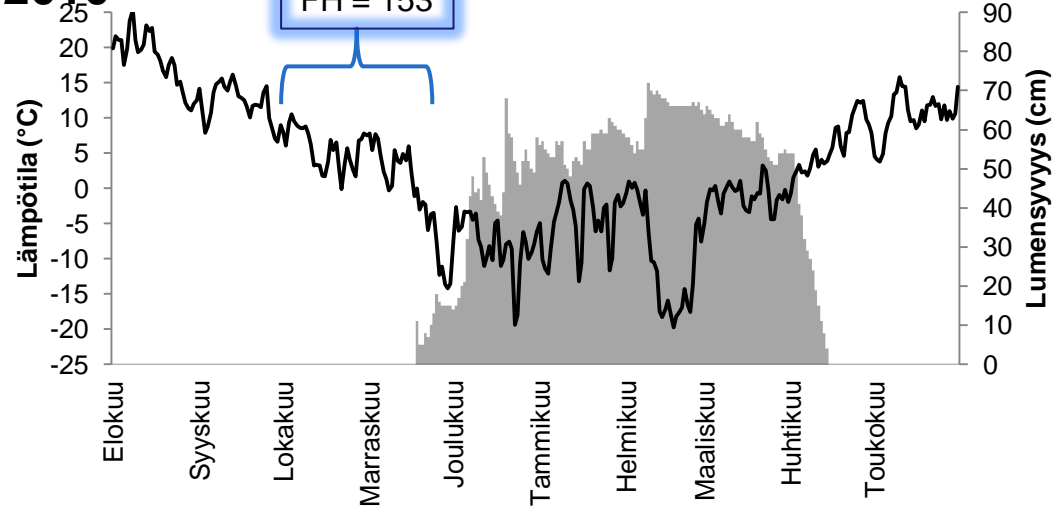
- Riittävä karaistumisjakson pituus tärkeää talvenkestävyydelle
- Talven vaihtelevat lämpötilat kuluttavat kasvin energiavaroja ja purkavat kylmänkestävyyden

2009

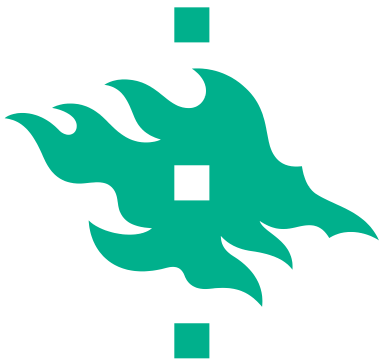


Kuukausi

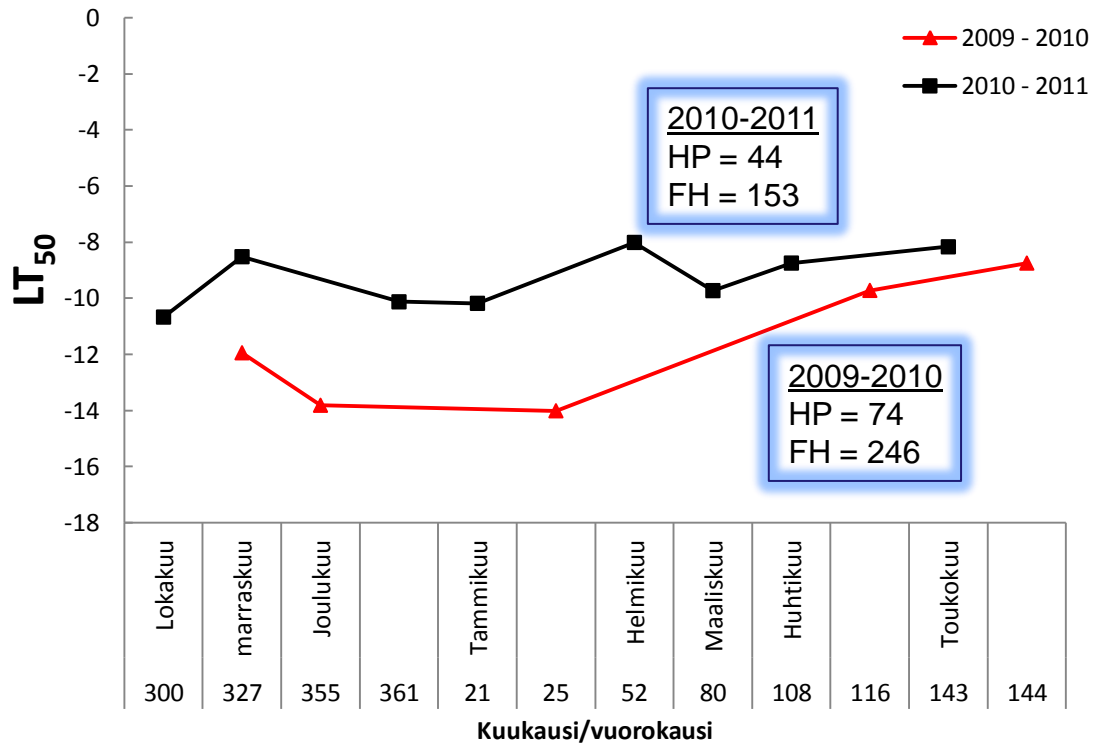
2010



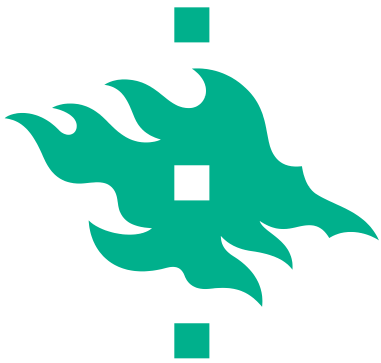
Kuukausi



Syksyn karaistumisjakson pituus vaikuttaa kylmänkestävyyteen viikki



Juha Luhtanen, Maisteritutkielma 2011

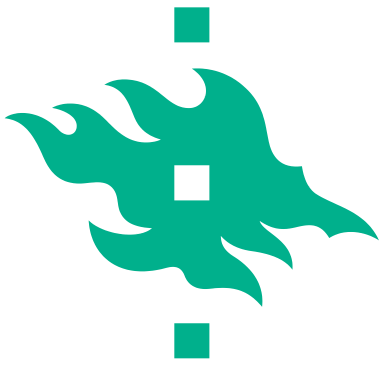


Jääpolteen kestävyys

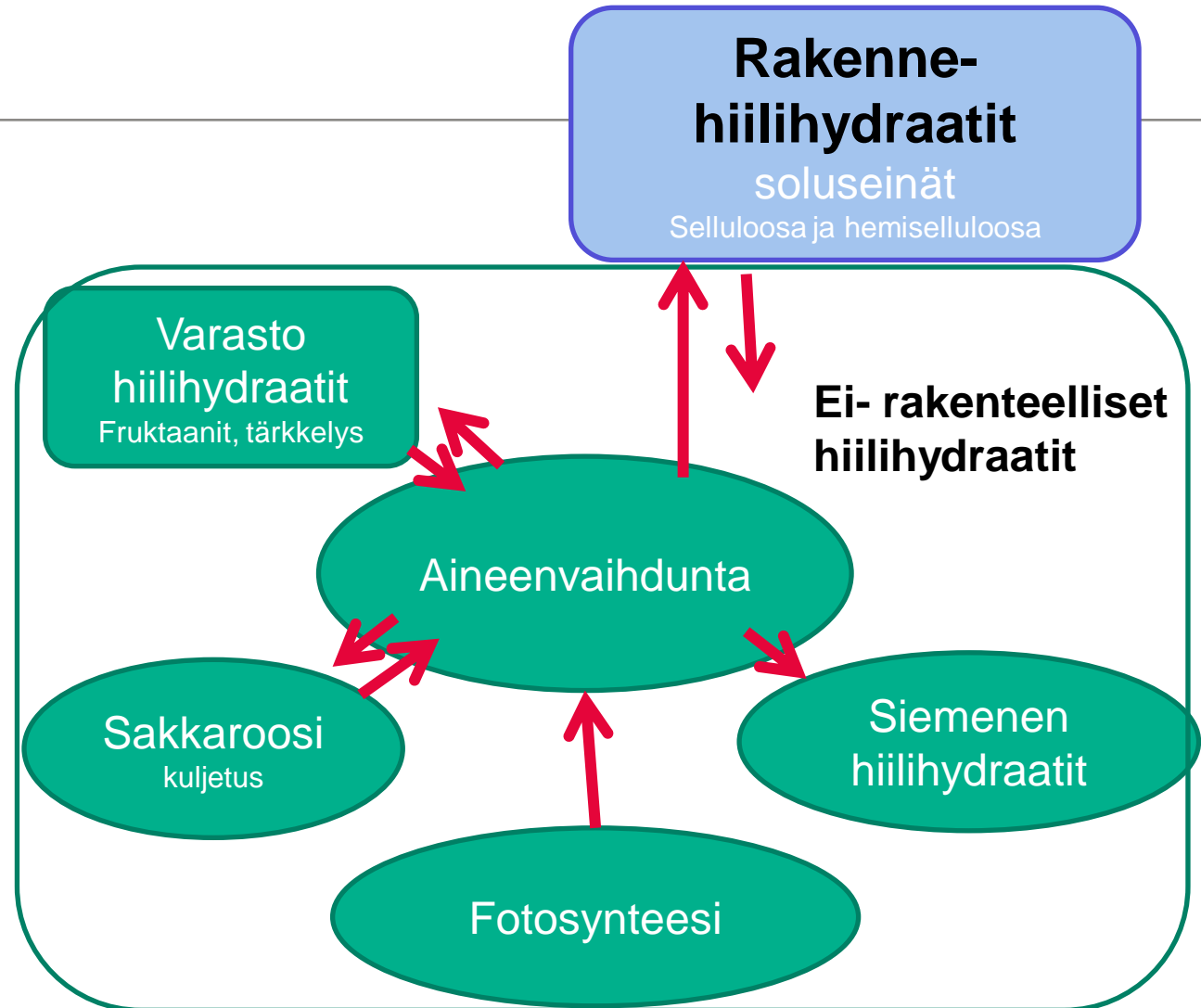
	Päivää jääpeitteen alla
Timotei	34
Ruokonata	33
Englannin raiheinä	26
Koiranheinä	23
Valkoapila	25
Puna-apila	11
Syysrapsi	7
Syysvehnä/ruis	2

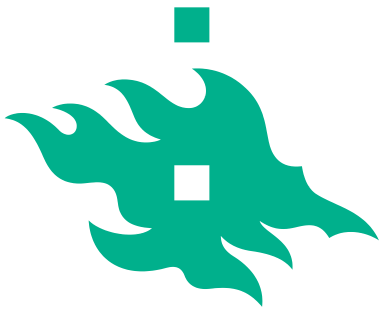
- Jääpolte alentaa nopeasti kylmänkestävyyttä ja syö kasvin energiavaroja
- Jään tiiveys vaikuttaa kuinka vakava jääpolte kasville on, esim. sänki rikkoo jääkerroksen
- Nurmikasvilajien välillä huomattavia eroja niiden kestävydessä

Gudleifsson 2010



Nurmikasvien energiatalous





Kasvun pysähtyminen syksyllä – ajoittuminen tulevaisuuden ilmastossa ?

Tarvitaanko talven aikana edelleen runsaasti varastohiilihydraatteja ?
Voidaanko karaistumista myöhästyttää?

Yhteyttäminen

sakkaroosi

Kasvu ja kehitys

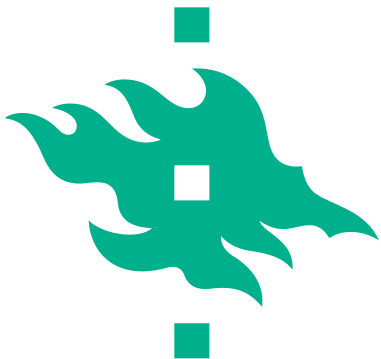
Lyhyt- ja pitkäkestoiset energiavarastot

- Lyhenevä päivä ja alhainen lämpötila ohjaavat yhteyttämistuotteita kasvun sijasta varastohiilihydraateiksi.
- Keväällä hiilihydraatteja tarvitaan kasvuun lähdön energiaksi.



Yhteyttämisen lopputuotteet, sokerit tärkeitä..

- Kasvulle ja kehitykselle..
- Varastohiilihydraatteina talven varalle, keväällä ja niittojen/laidunnusten jälkeen kasvuunlähtöön
- Nurmirehun maittavuus..
- Säilönnän onnistuminen...



Hevosheinän sokerit

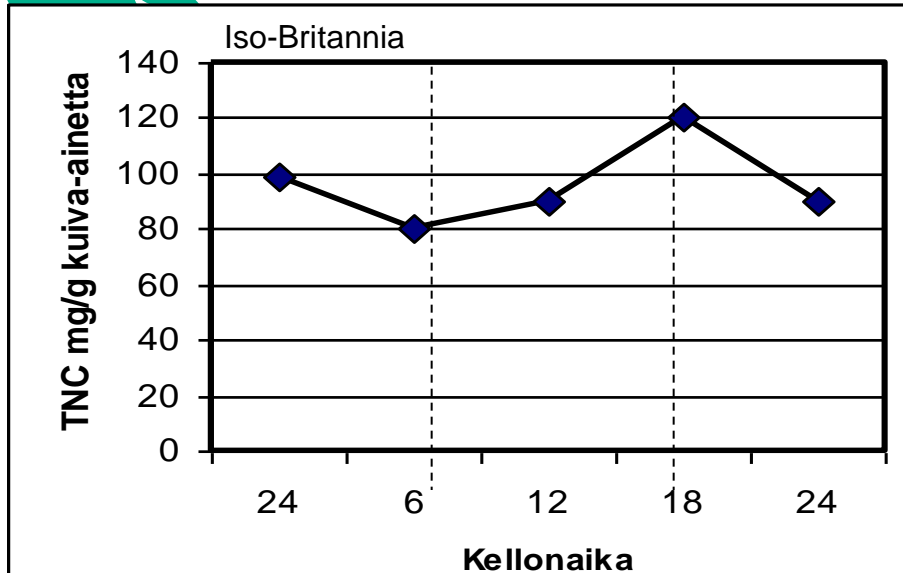
max 200 g/kg ka

Sato	Päivä	Vesiliukoiset sokerit			Fraktion osuus kuiva-aineesta			
		Lehti	Korsi	Kukinto	Lehti	Korsi	Kukint o	Rikat/kul o
1. sato aikainen	13.6.	94,2	133,0*	95,0	0,35	0,53	0,05	0,08
1. sato myöhäinen	26.6.	81,1	190,9*	110,5	0,28	0,54	0,12	0,06
2. sato	9.8.	64,1	83,4	0,0	0,44	0,19	0,00	0,37
3. sato	20.9.	201,0	271,8	ND	0,60	0,07	0,00	0,32

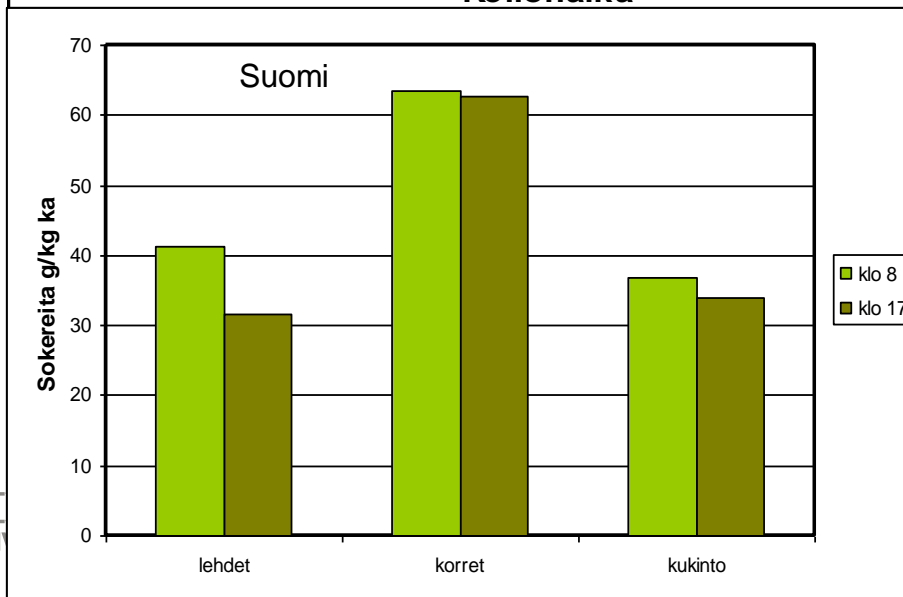
- Liukoisten sokereiden määrä korreloi fruktaanien kertymisen kanssa

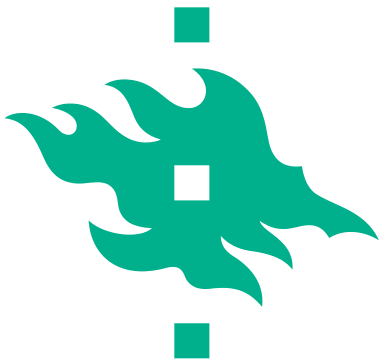
Milla Välisalo, maisteritutkielma 2010

Sokereita kertyy lehtiin päivän päätteeksi ?

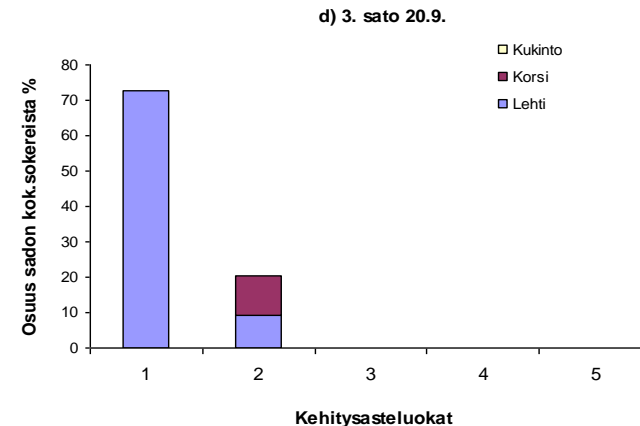
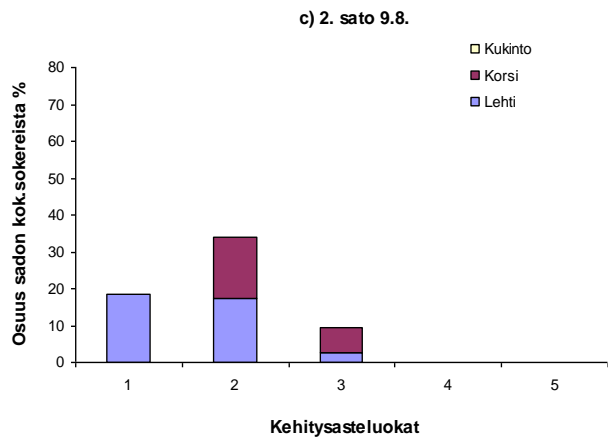
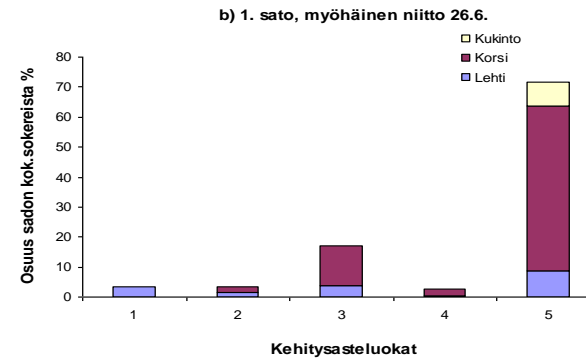
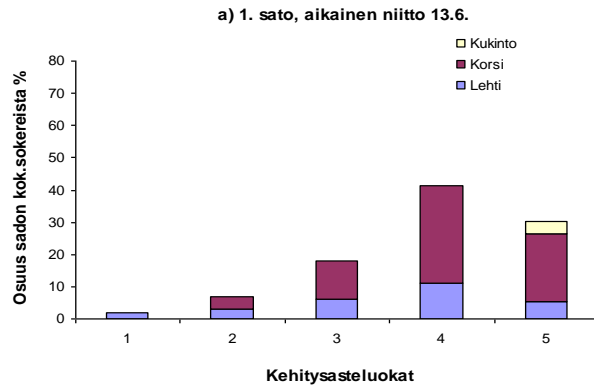


- Suomessa pitkä päivä, lyhyt yö ja sokeripitoisuuden vuorokaudenaikaiset muutokset vähäisempiä

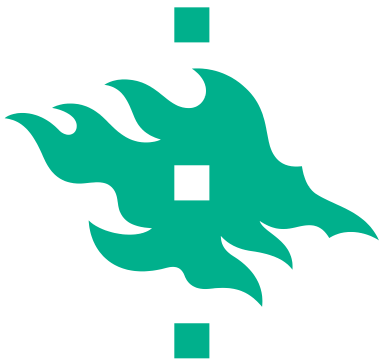




Sokeripitoisuus

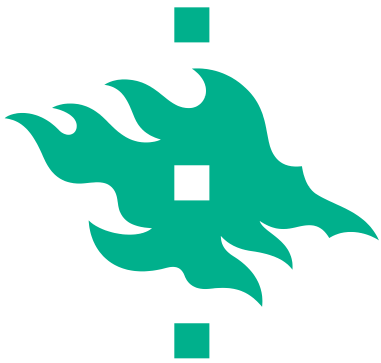


Kuva 1. Eri satofraktioiden sisältämien sokereiden osuus (%) koko sadon vesiuukoisten sokereiden määrästä a) 1. sato, aikainen niitto, b) 1. sato, myöhäinen niitto, c) 2. sato ja d) 3. sato. Satofraktioiden sokeripitoisuus on mitattu kehityssteluokittain (1-5), ja pylvään korkeus kuvaa kehityssteluokan osuutta sadon sokereiden määrästä. Sokeripitoisuudessa ei ole huomioitu rikkakasvien ja kuolleiden kasvimateriaalin sokeripitoisuuksia.



Mitä olemme oppineet?

- Kukinnan virittyminen ja vernalisaatiovaatimus säätelee nurmikasvuston rakennetta (versotyypin osuuksia)
 - Vaikuttaa sadonmuodostukseen, etenkin kesä- ja syysadon määrään
 - Päivänpituusvaatimuksen, kehitysnopeuden ja talvenkestävyyden yhteys, voidaanko murtaa?
 - Pohjoinen ja eteläinen genotyyppi tutkimuksen kohteena
- Ilmastonmuutos
 - Karaistumisolot haasteelliset, karaistumisen myöhästyminen voi johtaa alentuneeseen kylmänkestävyyteen ja energiavajeeseen
 - Tulvat ja jääpolte lisääntyy, timotei-englannin raiheinä kestävyserot
- Sokerit
 - Nurmirehun sokerit etupäässä korressa, syksyllä tyvisipulissa
 - Energia-aineenvaihdunnan onnistunut säätely tärkeää niin kasvun kuin talvenkestävyydenkin kannalta



Kiitokset

Tutkimusryhmä:

Venla Jokela, HY

Juha Luhtanen, HY

Panu Korhonen, HY

Juha Kontturi, HY

Lilia Sarelainen, HY

Perttu Virkajärvi, MTT Maaninka

Markku Niskanen, MTT Ylistaro

Rahoittajat:

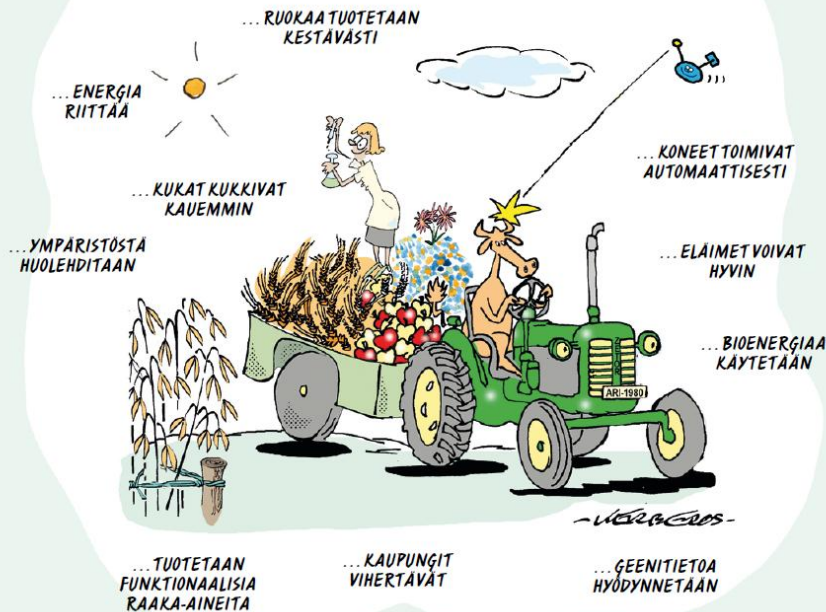
Oiva Kuusiston Säätiö

MMM NurMi, Nurfys

Boreal Kasvinjalostus Oy

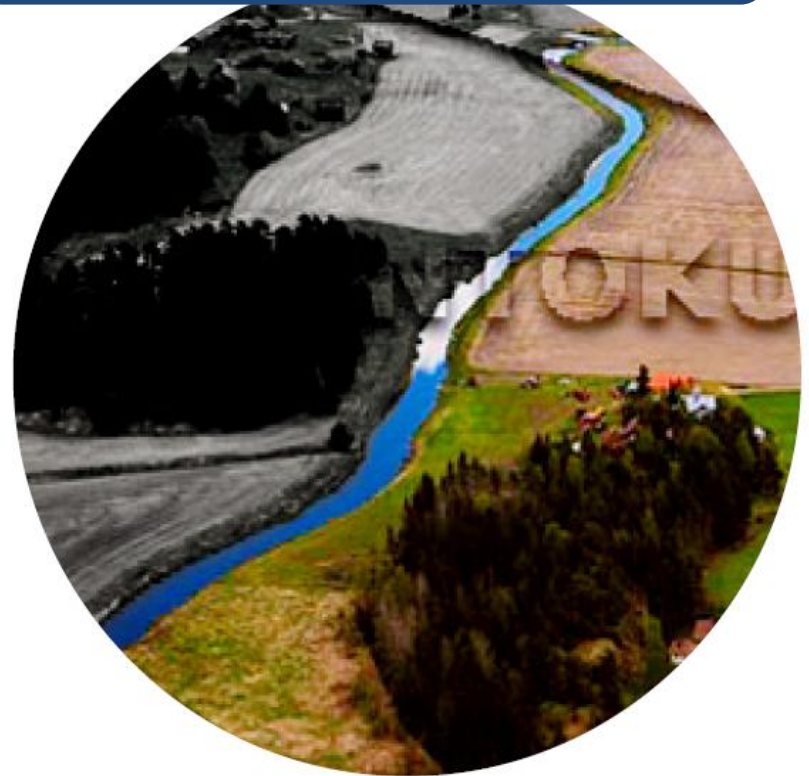


TULE MEILLE OPISKELEMAAN. SINÄ RATKAISET, MITEN TULEVAISUUDESSA...



Uusi pääsykoekirja Maailma muuttuu – muuttuuko maatalous kasvintuotantotieteiden ja kotieläintieteen hakukohteisiin

http://kirjakauppa.yliopistopaino.fi/product_catalog.php?kustantaja=89



Maailma muuttuu

muuttuuko maatalous?

VIIKKI Maatila keskellä Helsinkiä

WWW.AGRONOMIKSI.FI

HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Dept. of Agricultural sciences