

## Syysolojen ja perimän vaikutus nurmiheinien talvenkestävyyteen, keväistymiseen ja sadontuottoon

Mervi M. Seppänen<sup>1)</sup>, Venla Jokela<sup>1)</sup>, Panu Korhonen<sup>2)</sup>, Mika Isolahti<sup>3)</sup>, Perttu Virkajarvi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Maataloustieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, [mervi.seppanen@helsinki.fi](mailto:mervi.seppanen@helsinki.fi), [venla.jokela@helsinki.fi](mailto:venla.jokela@helsinki.fi)

<sup>2)</sup>Luke Maaninka, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, [panu.korhonen@luke.fi](mailto:panu.korhonen@luke.fi), [perttu.virkajarvi@luke.fi](mailto:perttu.virkajarvi@luke.fi)

<sup>3)</sup>Boreal Kasvinjalostus, 31600 Jokioinen, [mika.isolahti@boreal.fi](mailto:mika.isolahti@boreal.fi)

### TIIVISTELMÄ

Ilmastonmuutoksen ennustetaan pidentävän kasvukautta ja leudontavan talvia mikä mahdollistaisi laajemman laji- ja lajikevalikoiman myös monivuotisissa nurmissa. Etenkin timoteilajikkeiden yhteydessä puhutaan eteläisistä ja pohjoisista lajikkeista, joissa eteläisen geeniperimän lisääminen johtaa nopeampaan kasvurytmiin, mutta voi heikentää talvenkestävyyttä. Syysviljoilla talvenkestävyyden ja talven aikana tapahtuvan vernalisaation eli keväistymisen merkitystä alueelle sopien lajikkeiden valintaan on tutkittu pitkään. Sen sijaan nurmikasvien talvehtimisen aikana tapahtuvan keväistymisen merkityksestä talvenkestävyydelle tai satopotentiaaliin ei tunneta. Tässä tutkimuksessa selvitettiin miten syksyn karaistumisolot sekä kasvin perimä vaikuttavat talvenkestävyyden ja keväistymisen etenemiseen sekä sadonmuodostukseen nurmilla. Tulosten perusteella pohditaan miten tulevaisuuden talvehtimisoloihin sopivia nurmikasvilajeja ja –lajikkeita voidaan tunnistaa.

Tutkimuksessa kerättiin Viikin pelloilta kasvinäytteitä talvien 2009-2013 aikana kuukausittain, joista esitelmässä keskitytään talviin 2011-13. Laboratoriossa ja kasvihuoneella määritettiin kerättyjen timotei-, nurminata- ja englanninraihelälajikkeiden kylmänkestävyys (LT<sub>50</sub>), kukintapäivä (HD-heading date), pituus, lehtien ja versojen lukumäärä sekä eri versotyyppeiden (generatiiviset, korrelliset ei-kukkivat ja vegetatiiviset) määrä kasvustossa. Lisäksi määritettiin ensimmäisen sadon kuiva-ainesato ja eri versotyyppeiden osuus sadosta. Säädatasta laskettiin karaistumispäivien lukumäärä ja kertynyt lämpösumma syksyllä, havainnoitiin lumipeitteisyys ja sen kesto sekä kasvukauden sääolot.

Nurmiheinillä vernalisaatiovaatimuksen havaittiin täyttyvän tammikuuhun mennessä minkä jälkeen kukinta ei enää nopeutunut vaan kasvit olivat täysin keväistyneet. Pohjoisten ja eteläisten timoteilajikkeiden välillä havaittiin eroja alkusyksystä, mutta talven edetessä erot lajikkeiden välisissä kukinta-ajoissa poistuivat. Vernalisaatio vapautti korren pituuskasvun ja satopotentiaalin havaittiin olevan korkeimmillaan heti vernalisaatiovaatimuksen täyttymisen jälkeen tammikuussa. Vernalisaation etenemisen ja kylmänkestävyyden purkautumisen välillä ei sen sijaan havaittu merkittävää yhteyttä. Kylmänkestävyyden kehittymiseen vaikutti eniten syksyn aikana kertyneiden karaistumispäivien lukumäärä sekä lämpösumma. Talvina, jolloin karaistumisaika jäi lyhyeksi, myös hyvin talvenkestävät timoteilajikkeet epäonnistuiivat karaistumisessa. Tulokset antavat viitteitä siihen miten nurmikasvilajien ja –lajikkeiden välisiä eroja niiden talvehtimisessä voidaan hyödyntää jalostettaessa muuttuviin ilmasto-oloihin sopivia viljelykasveja.

**Asiasanat:** karaistuminen, nurminata, talvenkestävyys, timotei, vernalisaatio

## Johdanto

Syksyn ja talven aikana syysviljoilla ja monivuotisilla nurmikasveilla tapahtuu kaksi merkittävää fysiologista prosessia, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Syksyn aikana talvehtivien kasvien kasvu pysähtyy ja kylmäkaraistumisreaktiot alkavat. Kylmäkaraistumisen aikana yhteyttämistuotteet ohjataan hiilihydraattivarastoihin talven vararavinnoksi sekä abiottisten (kylmä, tulva, jääpolte) ja biottisten (talvituhosienet) stressien kestävyys lisääntyy (McKersie ja Lesham 1994). Talven edetessä saavutetaan maksimaalinen kylmänkestävyys, jonka jälkeen kestävyys asteittain purkautuu ja kasvi on vernalisoitunut eli keväistynyt ja kukintavalmius on saavutettu. Syysviljoilla vernalisaatiovaatimuksen pituus vaikuttaa merkittävästi sen talvenkestävyyteen, sillä vaatimuksen täyttymisen jälkeen kylmänkestävyyden aleneminen alkaa (Fowler ym. 1999, Limin ja Fowler 2004). Vernalisaatiovaatimuksen täyttymisen ajoittumista mitataan syysviljoilla kukintaan vaadittavien päivien lukumäärällä sekä kukkivan verson lehtien lopullisella lukumäärällä (Mahfoozi ym. 20001). Meillä viljeltävät nurmiheinälajit voidaan jakaa vernalisaatiovaatimuksensa perusteella lajeihin, jotka vaativat sekä kylmäkäsitelystä että pitkän päivän kukkiakseen (nadat ja englannin raiheinä) ja lajeihin, jotka vaativat ainoastaan pitkän päivän kukinnan aktivoitumiksi (timotei) (Heide 1994). Onko kylmäkestävyyden ja vernalisaation yhteys nurmikasveilla sama kuin viljoilla tai miten vernalisaatiovaatimus vaikuttaa nurmiheinien sadontuottokykyyn, ei tiedetä. Nurmilla satoa muodostavat yksiköt eli satokomponentit ovat versojen lkm/m<sup>2</sup> sekä versojen paino. Korrelliset ja kukintoja muodostavat versot ovat painavimpia ja lisäävät siten kuiva-ainesatoa (Virkajärvi ym. 2012). Tässä tutkimuksessa selvitettiin eri nurmiheinälajien ja –linjojen kylmänkestävyyden kehittymistä sekä vernalisaatiovaatimuksen täyttymisen ajoittumista talven aikana. Samalla selvitettiin miten vernalisaatiovaatimuksen täyttyminen on yhteydessä nurmiheinälajien sadontuottokykyyn ja erityisesti muodostuneen nurmikasvuston versotyypijakaumaan.

## Aineisto ja menetelmät

Kaksivuotinen peltokoe järjestettiin Viikin koetilalla vuosina 2011-13. Kokeessa oli mukana yhteensä 10 nurmiheinälajia, -lajiketta tai linjaa (Taulukko 1), joista kerättiin näytteitä kerran kuukaudessa kylmänkestävyyden (LT<sub>50</sub> – Kuolettava lpt, jossa 50% kasveista kuollut) (Seppänen ym. 2010) ja kasvihuoneella tehtävää kukintavalmiuden määrittystä (HD - vrk kukinnan kehittymiseen) varten (Jokela ym.2014). Kasvihuonekasvatuksen lopuksi laskettiin lopullinen lehtien (FLN – final leaf number) ja versojen lukumäärä (FTN). Lisäksi määritettiin ensimmäisen sadon kuiva-ainesato sekä eri versotyyppien (GEN- kukkiva, ELONG-korrellinen, ei kukkiva ja VEG-vegetatiivinen) osuus. Säädatasta (Kumpula, Helsinki) laskettiin syksyn karaistumispäivien lukumäärä ja lämpösumma (Belanger ym. 2002, Thorsen ja Höglind 2010), havainnoitiin lumipeitteisyys sekä sen kesto.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Syksyn karaistumisolot poikkesivat vuosien välillä suuresti. Molempina vuosina karaistuminen alkoi lokakuun puolivälissä. Syksyllä 2011 karaistumisjakso kesti 106 vrk ja lämpösummakertymä (0-5°C) oli 141 astetta kun vastaavat luvut vuonna 2012 olivat 50 vrk ja 60 astetta. Karaistumisolojen erilaisuus näkyi kylmänkestävyydessä eikä vuonna 2012 karaistuminen onnistunut edes hyvin talvenkestävällä timoteilla.

Syysviljoilla keväistymisen katsotaan tapahtuneen, kun kukinnan kehittymiseen vaadittavan ajan lyhenemistä ei enää tapahdu (Mahfoozi ym. 2001). Keväistyminen ajoittuu syysviljoilla samanaikaisesti kylmänkestävyyden asteittaisen alenemisen kanssa (Fowler ym. 1999, Fowler ja Limin 2004). Samalla jälleenkaraistumiskyky menetetään. Peltokokeessa nurmiheinien

keväistyminen tapahtui keskimääräisesti joului-tammikuussa, jonka jälkeen kukintaan vaadittava lämpösumma kasvihuoneella ei enää merkittävästi lyhentynyt (Taulukko 1a, b). Suurimmat erot lajien ja lajikkeiden välillä olivat alkusyksystä etenkin lokakuussa, jolloin kukinnan virittymiseen kaksoisinduktiota vaativat nurminata (Ilmari, Bor 20613, Bor 20614) ja englanninraiheinä (Riikka) eivät muodostaneet lainkaan kukkivia versoja kumpanakaan koevuonna. Etenkin nadoilla kukinta voi epäonnistua keväistymisen jälkeen muun muassa liian korkean lämpötilan johdosta (Heide 1994). Kohonnut kasvihuoneen lämpötila keväällä saattaa selittää myös natojen ja englanninraiheinien kukkimattomuuden maaliskuussa kerätyissä näytteissä.

Timotein kukintaa säätelee ensisijaisesti päivänpituus (Jokela ym. 2015), mutta keväistyminen nopeuttaa sitä (Seppänen ym. 2010). Eteläisten ja pohjoisten timoteigenotyypin perimästä löytyykin merkittävää vaihtelua kukinnan virittymisen päivänpituus- ja vernalisaatiovaatimuksen suhteen. Hyvin pohjoista alkuperää olevat timoteigenotyypit vaativat vernalisaation kukkiakseen alle 20 tunnin päivänpituudessa (Jokela ym.2015). Peltokokeessa pohjoisinta alkuperää oleva timoteilajike Tuure vaati vernalisaatiojakson ensimmäisenä koevuonna eikä kukintoja muodostunut lokakuussa (Taulukko 1a). Sen sijaan toisena koevuonna lepotila oli syvimmillään marraskuussa, jolloin kukintoja ei muodostunut (Taulukko 1b). Syynä syvään lepotilaan voi olla syksyn erikoiset sääolot, joissa myös kylmäkaraistuminen epäonnistui. Vaikka keväistyminen ja kylmäkaraistuminen tapahtuvat kasvissa samanaikaisesti, on esitetty todisteita myös sille, että prosessit ovat kasveissa molekyyliatasolla säätelyreitien alaisia.

Taulukko 1. Lämpösummakertymä (yli 5°C) ensimmäisen kukinnan kehittymiseen (heading data, HD) timotei (T), nurminata (NN) ja englanninraiheinällä (ERH) lajikkeilla ja linjoilla vuosina. a) 2011-12, b) 2012-13. Näytteet kerättiin talvikuukausien aikana peltokokeesta ja siirrettiin kasvihuoneelle kukinnan seuraamista varten. \* = ei kukkivia versoja.

a)		Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis
Tuure	T	*	739	473	489	498	
Grindstad	T	715	556	434	447	498	
Donatello	T	650	556	434	447	498	
Bor 113	T	715	556	473	447	498	
Bor 01025	T	650	556	473	447	498	
Bor 88060	T	715	648	619	447	498	
Ilmari	NN	*	*	473	447	498	
Bor 20613	NN	*	596	395	447	498	
Bor 20614	NN	*	*	395	391	498	
Riikka	ERH	*	*	711	545	714	

b)		Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis
Tuure	T	698	*	536	485	606	548
Grindstad	T	*	*	536	485	408	443
Bor 0307	T	594	995	444	485	452	711
Bor 113	T	*	*	536	485	452	443
Bor 01025	T	*	995	536	583	452	548
Bor 8806	T	789	536	536	485	452	443
Ilmari	NN	*	746	444	583	408	*
Bor 20613	NN	*	*	444	389	351	*
Bor 20614	NN	*	668	379	389	351	*
Riikka	ERH	*	995	628	683	606	*

Nurmisato koostuu eri-ikäisistä versoista, joiden paino ja lukumäärä pinta-alaa kohden vaikuttavat kuiva-ainesadon määrän. Painavimpia ovat kukkivat korrelliset versot, joiden osuus vernalisoituneessa kevätsadossa on suuri (Seppänen ym.2010, Virkajärvi ym. 2012). Vertailtaessa kaikkien lajien ja lajikkeiden korren pituutta eri talvikuukausina havaittiin sen olevan suurimmillaan jouluhelmikuun aikana ja lyhimmillään maaliskuussa (Taulukko 2). Myös kukkivien versojen lukumäärä lisääntyi vernalisaation edetessä, mutta aleni merkittävästi maaliskuuhun mennessä. Lokamarraskuussa nurmikasvit olivat vielä osittain lepotilassa eikä korrenkasvu täysin aktivoitunut. Vernalisaatio puolestaan vapautti kukinnan ja korren kasvun jouluhelmikuun aikana. Kasvihuonekokeissa on myös aiemmin havaittu nk. yli-vernalisatioilmiö liian pitkän vernalisaation seurauksena. Tällöin kukkivien versojen lukumäärä ja korsien pituus on alentunut verrattuna optimaaliseen vernalisaatioaikaan (Seppänen ym. 2010, Jokela ym. 2015). Voi olla, että vastaava ilmiö voi ainakin osittain selittää myös peltokokeiden tuloksia ja siten osa satopotentialista menetettäisiin Suomessa pitkän talven seurauksena.

Taulukko 2. Korren lopullinen pituus (cm) eri kuukausina kerätyissä näytteissä vuosina 2011-12 ja 2012-13. Kaikkien koejäsenten keskipituus,  $n= 24$ .

	2011-12	2012-13
October	40,5 b	19,4 b
November	42,5 b	25,7 b
December	68,3 a	42,8 a
January	62,8 a	39,7 a
February	65,7 a	47,3 a
March	20,1 c	21,9 b

## Johtopäätökset

Nurmikasvien kylmänkestävyyden kehittymiseen vaikutti suuresti syksyn karaistumisolot. Kylmänkestävyys oli maksimissaan jouluhelmikuussa, joka jälkeen kestävyys purkautui asteittain. Yllättävää oli, että myös hyvin talvenkestävien lajien, kuten timotein, kylmäkaraistuminen saattoi epäonnistua syksyllä. Vernalisaatiovaatimuksen täyttyminen ajoittui puolestaan tammihelmikuulle ja se vaikutti kasvuston rakenteeseen, erityisesti kukkivien versojen lukumäärään, kehitysrytmiin sekä versojen pituuteen. Vaikuttamalla kasvuston rakenteeseen vernalisaatio oli myös yhteydessä nurmikasvien sadontuottokykyyn.

## Kirjallisuus

**Belanger, G., Rochette, P., Castonguay, Y., Bootsma, A., Mongrain, D., Ryan, DAJ.** 2002. Climate change and winter survival of perennial forage crops in Eastern Canada. *Agronomy Journal*, 94: 1120-1130.

**Bond, D., Dennis, E.S., Finnegan E.J.** 2011. The low temperature response pathways for cold acclimation and vernalization are independent. *Plant, Cell and Environment* 34:1737-1748.

**Fowler, D.B., Limin, A.E., Ritchie J.T.** 1999. Low-temperature tolerance in cereals: model and genetic interpretation. *Crop Science*, 39: 626- 633.

- Heide, O.** 1994. Control of flowering and reproduction in temperate grasses. *New Phytologist*, 128: 347- 362.
- Jokela, V., Trevaskis, B., Seppänen, M.M.** 2015. Genetic variation in the flowering and yield formation of timothy (*Phleum pratense* L.) accessions after different photoperiod and vernalization treatments. *Frontiers in Plant Science*, volume 6: 465, pp.1-15.
- Jokela, V., Virkajärvi, P., Tanskanen, J., Seppänen, M.M.** 2014. Vernalization, gibberellic acid and photoperiod are important signals of yield formation in timothy (*Phleum pratense* L.). *Physiologia plantarum*, 152: 152-163.
- Limin, A.E. and Fowler, D.B.** 2004. Low- temperature tolerance and genetic potential in wheat: response to photoperiod, vernalization and plant development. *Planta*, 224: 360-366.
- Mahfoozi, S., Limin, A.E., Fowler, D.B.** 2001. Influence of vernalization and photoperiod responses on cold hardiness in winter cereals. *Crop Science*, 41: 1006-1011.
- McKersie, B., and Lesham, Y.Y.** 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Dordrecht, Kluwer. 340 s.
- Seppänen, M.M., Pakarinen, K., Jokela, V., Andersen, J.R., Fiil, A., Santanen, A., Virkajärvi, P.** 2010. Vernalization response of *Phleum pratense* and its relationships to stem lignification and floral transition. *Annals of Botany*, 106: 697-707.
- Thorsen, S.M. ja Höglind, M.** 2010. Modelling cold hardening and dehardening in timothy. Sensitivity analysis and Bayesian model comparison. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 1529- 1542.
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Seppänen, M.M., Bélanger, G.** 2012. Tiller characteristics of timothy and tall fescue in relation to herbage mass accumulation. *Crop Science*, 52: 970-980.