

## **Timotein ja ruokonadan ensimmäisen sadon versojen kehitysaste ennustaa versojen jälkikasvua toisessa sadossa**

Kirsi Pakarinen, Perttu Virkajärvi ja Maarit Hyrkäs

*MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@mtt.fi*

### **Tiivistelmä**

Säilörehuntuotannossa nurmiheinien toinen sato muodostaa noin puolet koko vuoden satokertymästä. Yksittäisten nurmiheinäkasvin versojen kehitys ensimmäisen niiton jälkeen vaikuttaa jälkikasvun kasvustorakenteeseen ja toisen sadon satomäärään. Etenkin jälkikasvuissa eri heinälajeille sadontuoton kannalta optimaaliset kasvustorakenteet voivat olla erilaisia.

Timotei ja ruokonata ovat nurmiheininä erilaisia kasvutavaltaan sekä ensimmäisessä että toisessa sadossa. Koska nurmiheinäkasvusto koostuu yksittäisistä versoista, on kasvustorakenteen tarkastelussa tarpeen tarkastella niiden kehitystä yksilöidysti. Tästä syystä seurasimme MTT Maaningalla neljänä vuonna (2006–2009) yksittäisten timotei- ja ruokonataversojen kasvua ja kehitystä toisessa sadossa. Huomioimme kehittyvien versojen alkuperän eli niitä tuottavien emoversojen kehitysasteen ensimmäisessä sadossa, jotta koko kasvukauden kattava kasvutapojen arviointi olisi mahdollista.

Timotein jälkikasvussa havaittiin kolmea erilaista versotyyppiä, kun taas ruokonadan toinen sato koostui lähes kokonaan vegetatiivisista versoista. Lähes kaikki timotein emoversot kuolivat ensimmäisen sadon niitossa riippumatta niittoaikaisesta kehitysasteesta, mistä johtuen jälkikasvu koostui pääosin sivusilmuista kehittyneistä tytärversoista. Sen sijaan ruokonadan ensimmäisen sadon vegetatiiviset pääversot jatkoivat itse kasvuaan, vaikka ne tulivat osin niitetyiksi, mutta kortta muodostaneet versot kuolivat suurimmaksi osaksi. Ruokonadalla sivusilmuista peräisin olevien tytärversojen muodostuminen toiseen satoon oli vähäistä.

Timoteilla verson korrenkasvukyky ja kukinta ensimmäisessä sadossa näyttivät vaikuttavan positiivisesti myös jälkikasvuun syntyvien versojen kokoon. Tämä näkyi erityisesti siten, että kaikki timotein toisessa sadossa esiintyneet kukkivat versot olivat ensimmäisessä sadossa kukkineiden tyttäriä. Ruokonadalla havaittiin päinvastainen ilmiö: kookkaimmat toisen sadon versot olivat samoja, jotka kasvoivat vegetatiivisina jo ensimmäisessä sadossa, ja sivusilmuista muodostuneilla versoilla oli taipumus jäädä niitä pienemmiksi.

Tulosten perusteella ensimmäisen sadon versotyyppi vaikuttaa jälkikasvuun eri tavoin timoteilla ja ruokonadalla. Vastoin yleistä teoriaa timotein korrelliset emoversot tuottavat jälkikasvuun versoja huomattavasti suuremmalla todennäköisyydellä kuin vegetatiiviset emoversot, kun taas ruokonadalla vegetatiiviset emoversot kestävät niittoa hyvin ja korrelliset emoversot tuottavat tyttäriä jälkikasvuun vain harvoin. Sadontuoton kannalta kortta tuottava kasvutapa on timoteille edullinen myös toisessa sadossa ja ensimmäisen sadon korrellinen kasvutapa edistää tätä. Ruokonadalla ensimmäisen sadon korrellinen ja kukkiva kasvutapa sen sijaan ei ole eduksi toisen sadon kehityksen kannalta. Ruokonata pystyy hyvään sadontuottokykyyn jälkikasvussa nimenomaan ensimmäisen sadon vegetatiivisten versojen kautta.

**Asiasanat:** timotei, ruokonata, verso, versotyyppi, kehitysaste, jälkikasvu

## Johdanto

Yksittäisten nurmiheinäkasvin uusien versojen muodostus tai olemassa olevien versojen selviäminen ensimmäisen sadon niitosta vaikuttaa säilörehutuotannossa jälkikasvun kasvustorakenteeseen ja siten myös toisen sadon satomäärään. Eri lajien ja lajikkeiden sadontuottokykyä on tavattu arvioida pitkälti ensimmäisen sadon perusteella, vaikka useita satoja vuodessa tuottavana viljelykasvina nurmiheinien optimaaliset kasvutavat tulisi huomioida koko kasvukautta silmällä pitäen.

Suomalaisissa säilörehunurmissa yleiset nurmiheinät timotei ja ruokonata ovat erilaisia sekä ensimmäisen sadon kasvustorakenteeltaan että jälkikasvutavaltaan. Ensimmäisen sadon timoteikasvustossa generatiiviset eli kukkivat, aitokorrelliset versot muodostavat valtakasvuston, mutta ruokonadalla pääosa yksittäisistä versoista on vegetatiivisia eli pelkkää lehtituppea ja lehteä tuottavia. Näiden versojen lisäksi timoteilla esiintyy sekä ensimmäisessä että toisessa sadossa myös kolmatta versotyyppiä, elongoituvia vegetatiivisia versoja, jotka tuottavat lehtiä ja aitokortta, mutta eivät havaittavaa kukintoa. (Virkajärvi ym. 2011.)

Yleisen käsityksen mukaan timotein jälkikasvuun lähtö niiton jälkeen on hidasta, kun taas ruokonata näyttää pystyvän jatkamaan kasvuaan suhteellisen nopeasti. Ilmiötä on selitetty yleisellä teorialla nurmikasvien kasvusta ja kehityksestä: kukkivat versot menettävät niitossa kasvupisteensä ja joutuvat tuottamaan uusia versoja tyven silmuista, mutta vegetatiiviset versot voivat jatkaa kasvua lähellä maanpintaa tuhoutumattomana säilyneen kasvupisteensä ansiosta (Woodward 1998). Teoriasta on johdettu käsitys, että jälkikasvu on vahvempaa, jos ensimmäinen sato on pääosin vegetatiivinen.

Suomalaisessa säilörehuntuotannossa nurmiheinien toisen sadon muodostuminen on vuotuisen sadontuoton kannalta tärkeä tekijä, sillä keskimäärin lähes puolet koko kasvukauden sadosta koostuu jälkikasvujen sadonkorjuista (esim. Kangas ym. 2010). Kasvustorakenteen on havaittu selittävän kuiva-ainesadon määrää, mutta eri nurmikasvilajeilla sadontuoton kannalta optimaaliset kasvustorakenteet voivat olla erilaisia (Virkajärvi ym. 2011).

Koska nurmiheinäkasvusto koostuu yksittäisistä versoista, on kasvustorakenteen tarkastelussa tarpeen tarkastella niiden kehitystä yksilöidysti. Timoteista tehtyjen visuaalisten havaintojen perusteella oli aiheellista päätellä, ettei nurmikasvien jälkikasvua koskeva teoria ole täysin pätevä. Tästä syystä seurasimme neljänä vuonna yksittäisten timotei- ja ruokonataversojen kasvua ja kehitystä ensimmäisen sadon niiton jälkeen huomioiden toiseen satoon kehittyvien versojen alkuperän eli niitä tuottavien emoversojen kehitystason ensimmäisessä sadossa.

## Aineisto ja menetelmät

Timotein (cv. Tammisto II) ja ruokonadan (cv. Retu) toisen sadon versonkehitystä havainnoitiin ja mitattiin vuosina 2006 - 2009 MTT Maaningalla ensimmäiseen satoon juuri ennen ensimmäistä niittoa satunnaisesti merkittyjen, eri kehitystasojen edustavien pääversojen jälkikasvusta. Havainnot ja mittaukset suoritettiin kenttäkoekasvustoista, joita oli hoidettu tavanomaisen viljelykäytännön mukaan ja joista toinen (havainnot vuosina 2006 – 2008 eli ensimmäiseltä–kolmannelta nurmivuodelta) oli perustettu kylvämällä nurmensiemen suojaviljaan keväällä 2005 ja toinen (havainnot vuonna 2009 eli ensimmäiseltä nurmivuodelta) suoraan nurmelle syksyllä 2008. Kenttäkoekiden perustamis- ja nurmivuosien NPK-väkilannoitus perustui viljavuusanalyysiin ja oli ympäristötuen ehtojen mukaista. Karjanlantaa, kemiallista kasvinsuojelua tai sadetusta ei käytetty. Versojen merkintä ja ensimmäisen sadon korjuut tehtiin ajankohtana, jolloin kasvustot olivat keskimäärin tulossa tähkälle tai röyhylle ja sadon D-arvon arvioitiin olevan 670–690 g/kg ka välillä.

Ensimmäiseen satoon merkityt pääversot luokiteltiin kolmeen eri versotyyppiin seuraavasti: vegetatiivinen (VEG; vain lehtiä ja pseudokortta), elongoitunut (ELONG; lehtiä ja aitokorsi, mutta ei kukintoa) ja generatiivinen (GEN; lehteä, aitokorsi ja joko näkyvä tai lehtitupen sisällä tuntuva kukinto). Jälkisatoon muodostuvien versojen kehitystasetta ja pituuskasvua havainnoitiin noin viikon välein 8 – 10 viikon ajan ensimmäisen sadon niiton jälkeen. Havaintoja ja mittauksia tehtiin myös lehtien kehityksestä ja solukoiden ja versojen kuolemasta (tuloksia ei esitetty tässä). Kunkin jälkisatoon kehittyneen verson toisen sadon lopullisena versotyyppinä (VEG, ELONG tai GEN) pidettiin tyyppiä, mikä havaittiin viimeisellä havaintokerralla tai juuri ennen versokuolemaa.

Tilastollisissa analyyseissä timotei ja ruokonata analysoitiin erikseen. Ensimmäisen sadon versotyyppin vaikutusta jälkisadon versonmuodostukseen ja kehittyvien versojen lopulliseen versotyyppiin analysoitiin verso-osuuksina erittelemällä sekä ensimmäisen että toisen sadon versotyyppit, mutta yhdistämällä vuodet riittävän havaintolukumäärän saamiseksi kuhunkin

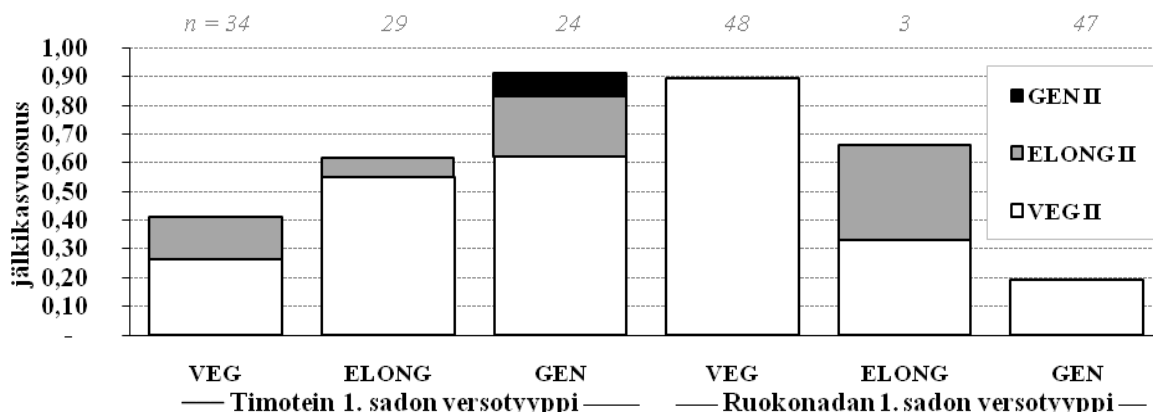
versoluokkaan. Tästä syystä hajontaa (esim. vuosien välillä) tai havaintojen tilastollista merkitsevyyttä ei pystytty analysoimaan. Sen sijaan ensimmäisen sadon versotyypin vaikutusta toisen sadon versokokoon tyypillisellä toisen sadon korjuuhetkellä (noin 6 – 7 viikkoa ensimmäisen sadon niitosta, jolloin 0 °C:n ylittävä lämpösumma oli noin 690 – 740 astetta) tarkasteltiin varianssianalyysin sekamallilla yhdistäen jälkisadon versotyypit ja käyttäen vuotta sekä vuosi\*ensimmäisen sadon versotyypin yhdysvaikutusta satunnaismuuttujina SAS 9.2 Mixed-proseduurissa.

### Tulokset ja tulosten tarkastelu

Timotein jälkikasvussa havaittiin kaikkia kolmea versotyyppiä (Kuva 1). Lähes kaikki ensimmäisessä sadossa kasvaneet pääversot kuolivat itse niitossa riippumatta niittoaikaisesta kehitysasteesta ja timotein jälkikasvu koostui pääosin alkuperäisten pääversojen sivusilmuista kehittyneistä tyttärversoista. Poikkeuksena tästä olivat jotkin vegetatiiviset sivuversot, jotka jatkoivat kasvuaan niitosta huolimatta (vain visuaalisia havaintoja, tuloksia ei esitetty). Timoteilla yli puolet ensimmäisen sadon VEG-pääversoista ei tuottanut minkäänlaista jälkikasvua, vaan nämä kasvuyksilöt näyttivät kuolevan kokonaan ainakin kyseisenä vuonna. Sen sijaan noin kaksi kolmesta timotein ensimmäisen sadon ELONG-versosta ja yli 90 % GEN-versosta tuotti tyttäriä toiseen satoon. Nämä kehittyneemmät emoversot vaikuttivat myös kykeneviltä tuottamaan useita tyttärversoja toiseen satoon; havaintojakson aikana joillekin timotein tyttärversoille syntyi jopa kaksi sivuversoa.

Ensimmäisen sadon kehityksessä edistynyt emoversotyyppi eli versojen korrenkasvu ja erityisesti kukinta vaikuttivat timotein jälkikasvuun syntyvien versojen kehitysastetta edistävästi, sillä noin kolmasosa GEN-emoversojen tyttäristä muodosti aitokortta myös toisessa sadossa ja lopulta kolmannes näistä tuotti myös kukinnon. Huomattavaa oli, että kaikki timotein toisessa sadossa esiintyneet GEN-versot olivat ensimmäisessä sadossa kukkineiden GEN-versojen tyttäriä. Tätä vastoin kaikki timotein ensimmäisen sadon versotyypit pystyivät tuottamaan aitokorrellisia ELONG-tyttärversoja toiseen satoon.

Poiketen timoteista ruokonadan toinen sato koostui lähes kokonaan vegetatiivisista versoista (Kuva 1). Suurin osa ensimmäisen sadon VEG-pääversoista jatkoi itse kasvuaan, vaikka ne tulivat niitetyiksi, ja ylipäättään VEG-emoversoista vain noin 10 % kuoli niiton seurauksena kokonaan. Sitä vastoin yli 80 % ensimmäisen sadon GEN-versoista kuoli tuottamatta tyttärversoja toiseen satoon. Ruokonadalla sivusilmuista syntyvien tyttärversojen muodostuminen toiseen satoon oli vähäistä eikä tyttärversojen sivuversionmuodostusta havaittu havaintojaksojen aikana. ELONG-versojen esiintyminen ruokonatakasvustoissa oli ylipäättään hyvin vähäistä, sillä niitä löydettiin merkintää varten ensimmäisestä sadosta vain kolme kappaletta koko neljän vuoden tutkimusperiodin aikana. Myöskään ruokonadan toiseen satoon ELONG-versoja ei juuri muodostunut: havaitut kaksi olivat ensimmäisen sadon ELONG-versojen sivusilmuista kehittyneitä tyttäriä.



**Kuva 1.** Ensimmäisen sadon versotyypin (VEG = vegetatiivinen; ELONG = elongoituva vegetatiivinen; GEN = generatiivinen) vaikutus toisen sadon versomuodostukseen ja -kehitykseen (versotyypit toisessa sadossa VEG II, ELONG II ja GEN II) timoteilla ja ruokonadalla. Havaintojen lukumäärä (*n*) on alun perin ensimmäiseen satoon merkittyjen pääversojen summa vuosina 2006 – 2009 ja vastaa kussakin ensimmäisen sadon versoluokassa 100 % alkuperäisistä havaintoversoista.

Timoteilla ensimmäisen sadon verson korrenkasvukyky ja kukinta eli edistyneemmät kehitysasteet näyttivät vaikuttavan myös jälkikasvuun syntyvien versojen kokoon, vaikkakin vaihtelu versojen pituuksissa ja ylimmän lehtitupen korkeuksissa oli suurta eivätkä emoversojen vaikutukset tyttärversoihin olleet siten tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 1). Ensimmäisen sadon VEG-emopääversot tuottivat jälkisatoon pieniä tyttärversoja, kun taas kehittyneempien ELONG- ja GEN-emoversojen tyttäret olivat kookkaita tyypilliseen toisen sadon korjuu-aikaan mennessä. Ensimmäisen sadon versotyypin taipumus vaikuttaa toisen sadon versokokoon oli timoteilla selkeämpi kokonaispituuden kehitykseen kuin ylimmän lehtitupen korkeuteen eli korrenkasvuun.

Ruokonadalla havaittiin päinvastainen ilmiö: toisen sadon niittoaikaan mennessä VEG-emoversot tuottivat toiseen satoon yli kaksi kertaa pidempiä versoja kuin GEN-emoversot ( $P < 0,06$ ), ja VEG-emoversoista peräisin olevien versojen korrenpituus oli yli kolme kertaa suurempi kuin kukkineiden GEN-emoversojen tyttärillä ( $P < 0,07$ ). Ruokonadan tyypillisenä niittoaikana kookkaimmat toisen sadon versot olivatkin samoja, jotka kasvoivat vegetatiivisina jo ensimmäisessä sadossa ja jatkoivat kasvuaan niitosta huolimatta.

**Taulukko 1.** Ensimmäisen sadon versotyypin (VEG I = vegetatiivinen; ELONG I = elongoituva vegetatiivinen; GEN I = generatiivinen) vaikutus toisen sadon versojen keskimääräiseen kokoon timotein ja ruokonadan tyypillisenä toisen sadon korjuu-aikana. Havaintojen lukumäärä ( $n$ ) on vuosien 2006 – 2009 summa.

	n	Kokonaispituus, ojnnettu (mm)					Ylimmän lehtitupen korkeus (mm)				
		VEG I	ELONG I	GEN I	SEM	P	VEG I	ELONG I	GEN I	SEM	P
Timotei, jälkisato	39	338	397	421	34,7		121	117	141	36,4	
Ruokonata, jälkisato	50	551	475	267	93,8	0,059	108	86	34	25,7	0,065

Yleisesti ottaen suurikokoiset versot ja yksittäisten versojen hyvä niitonkestävyys eli elonjäämiskyky niiton jälkeen ovat toivottavia ominaisuuksia toisen niiton sadontuoton kannalta. Yleisen nurmikasvien kehitystä koskevan teorian mukaan jälkikasvu on parasta populaatioissa, joiden ensimmäisessä sadossa on runsaasti vegetatiivisia versoja. Näiden versojen ajatellaan voivan jatkaa kasvuaan keskeytyksettä, koska ne eivät menetä niitossa kärkikasvupistettään kuten aitokortta muodostaneet versot.

Tässä tutkimuksessa kävi ilmi, ettei timotei näytä noudattavan tätä teoriaa ja muodostaakin siten mielenkiintoisen poikkeuksen nurmikasvilajien joukossa. Havaitimme, että timotein ensimmäisen sadon vegetatiiviset pääversot eivät kestä niitostressiä hyvin, vaan ne kuolevat herkästi. Koska useimmat vegetatiiviset versot eivät jatka kasvuaan eivätkä kärkikasvupisteensä menettäneet aitokorrelliset versot myöskään pysty tähän, on timotein jälkikasvu pitkälti sivusilmuversonnan tulosta. Nämä uudet tyttärversot alkavat ilmestyä kasvustoon viikon–kahden kuluessa ensimmäisen sadon niitosta. Havainnot selittävät hyvin vastaniitetyn timoteikasvuston visuaalista ilmettä: useimpien timoteilajikkeiden kasvusto näyttää lähes kuolleelta reilun viikon ajan niiton jälkeen.

Havaitsemamme timotein kehittyneempien pääversojen parempi tyttärversotuotanto saattaa selittyä sillä, että aitokorrelliset, kookkaat ensimmäisen sadon versot ehtivät kerätä kasvuperiodinsa aikana vegetatiivisia versoja suuremmat hiilihydraattivarastot, joiden avulla toisen sadon versonkehitys voi käynnistyä sivusilmuista ilman olemassa olevaa yhteyttävää lehtipinta-alaa niitettujen versojen kuoltua (Emoto & Ikeda, 2005). Suurempi varastohiilihydraattimäärä saattaa myös edistää tyttärversojen kehitysnopeutta ja korrenkasvua toisessa sadossa, mikä näkyy toisen sadon niittoaikaan taipumuksena suurempaan versokokoon. Versokoolta ja nimenomaan aitokorren muodostuksella taas on selvä vaikutus timotein toisen sadon kuiva-ainekertymään, joten sadontuoton kannalta korrenkehitystä edistävät kasvutavat ovat edullisia (Virkajärvi ym. 2011).

Timoteilla esiintyvä toisen sadon kukinta näytti tulosten perusteella olevan mahdollista vain niissä versoissa, jotka kehittyivät ensimmäisen sadon GEN-versojen tyttärinä. Tämä saattaa viitata siihen, että pitkän päivän kukkijoihin kuuluvalla timoteilla kukinnan induktiosignaali voi siirtyä kasviyksilön sisällä ja toisen sadon kukinta ei olekaan vain sopivien ympäristöolosuhteiden tulosta (vrt. Colasanti & Coneva 2009).

Poiketen timoteistä ruokonadan jälkikasvu näyttää noudattavan hyvin yleisiä teorioita. Aitokorrelliset, kukkivat ruokonataversot menettävät kärkikasvupisteensä niitossa eivätkä vaikuta tuottavan suurta määrää sivusilmuista peräisin olevia uusia tytärversoja toiseen satoon. Syy tähän voi piillä siinä, että tarvetta sivusilmujen heräämiselle ei ole, kun suuri osa niittoaikaan vegetatiivisista versoista voi jatkaa kasvuaan. Näillä kasvuaan jatkavilla versoilla on hyvä kilpailuasema sekä ajan, tilan että koon suhteen: niitossa niille jää valmiiksi jonkin verran yhteyttävää lehtipinta-alaa ja niitossa elintilaa vapautuu runsaasti. Havaintojemme mukaan ruokonatakin voi tuottaa jälkikasvussa tytärversoja, mikä viittaa siihen, etteivät kaikki kukkineet yksilöt kuole kokonaan ja siten aiheuta vanhenevan kasvuston harvenemistä (Lafarge, 2006).

Sadontuoton kannalta tässä tutkimuksessa ruokonadalla havaitut emoversojen vaikutukset toisen sadon versojen kokoeroihin ovat merkittäviä. Tämä johtuu siitä, että niittokorkeuden ylittävän kasvuston tiedetään ruokonadalla koostuvan pitkälti lehdistä ja tässä tutkimuksessa havaitut versojen pituuserojen voidaan päätellä olevan peräisin enimmäkseen juuri niistä (Virkajärvi ym. 2011).

### Johtopäätökset

Ensimmäisen sadon versotyypin vaikuttaa jälkikasvuun eri tavoin timoteilla ja ruokonadalla. Vastoin yleistä teoriaa timotein ensimmäisen sadon korrelliset versot tuottivat jälkikasvuun versoja suuremmalla todennäköisyydellä kuin kasvupisteensä niitossa säilyttäneet vegetatiiviset versot. Yli puolet timotein vegetatiivisista pääversoista ei kestänyt niittostressiä, joten niiden suurta osuutta timotein ensimmäisen sadon kasvustossa ei voi pitää jälkikasvun kannalta menestystekijänä. Sen sijaan ruokonadalla suurin osa ensimmäisen sadon vegetatiivisista pääversoista jatkoi kasvuaan niitosta huolimatta ja toisen sadon niittoaikaan ne olivat kasvaneet selvästi kookkaammiksi kuin sivusilmuista syntyneet toisen sadon versot. Näitä sivusilmuista peräisin olevia korrellisten emoversojen tytärversoja esiintyi ruokonadalla vain kohtuullisesti. Sadontuoton kannalta kortta tuottava kasvutapa on timoteille edullinen myös toisessa sadossa ja ensimmäisen sadon korrellinen kasvutapa edistää tätä. Ruokonadalla ensimmäisen sadon korrellinen ja kukkiva kasvutapa sen sijaan ei ole eduksi toisen sadon kasvua ajatellen. Ruokonata pystyy hyvään sadontuottokykyyn jälkikasvussa nimenomaan ensimmäisen sadon vegetatiivisten versojen kautta.

### Kirjallisuus

- Colasanti, J. & Coneva, V.** 2009. Mechanisms of floral induction in grasses: something borrowed, something new. *Plant Physiology* 149:56–62.
- Emoto, T. & Ikeda, H.** 2005. Appearance and development of tillers in herbage grass species 2. Timothy (*Phleum pratense* L.). *Grassland Science* 51:45–54.
- Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhainen, L. & Nikander, H.** 2010. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2003–2010. Saatavissa <http://www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu13.pdf>
- Lafarge, M.** 2006. Reproductive tillers in cut tall fescue swards: differences according to swards age and fertilizer nitrogen application, and relationships with the local dynamics of the sward. *Grass and Forage Science* 61:182–191.
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Seppänen, M. & Bélanger, G.** 2011. Tiller characteristics of timothy and tall fescue in relation to herbage mass accumulation. *Crop Science* (in press).
- Woodward, S.** 1998. Quantifying different causes of leaf and tiller death in grazed perennial ryegrass swards. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 41(2):149–159.