

YHTEENVETO

Palkokasveilla on muihin rehukasveihin verrattuna kaksi selvää etua: ne sisältävät runsaasti proteiinia ja vaativat vain vähän tai eivät lainkaan tyypilannoitteita. Niistä on kuitenkin myös muita hyötyjä märehitijöiden ravinnona. Esparsetin ja keltamaitteen bioaktiiviset tanniiniyhdisteet parantavat i) märehitijöiden kykyä hyödyntää proteiineja ravinnosta, ii) vähentävät metaanintuotantoa eläimessä, iii) torjuvat loismatoja (eli juoksutusmahan ja suoliston sukkulamatoja) ja iv) parantavat märehitijäperäisten elintarvikkeiden laatua. Myös puna-apilan sisältämä polyfenolioksidaasi voi parantaa märehitijöiden kykyä hyödyntää ravinnon proteiineja. Näillä kaikilla tutkimuksen alueilla LegumePlus on tehnyt uraauurtavaa tutkimusta.

Tässä raportissa esitellään LegumePlus-projektin päätulokset, joiden tuottamisesta vastasi 17 nuorta tutkijaa, 10 täyspartnerina ja 5 muina partnereina toiminutta tutkimusorganisaatiota ja yritystä kuudesta eri maasta, sekä kaksi vierailevaa tutkijaa Uudesta-Seelannista ja Yhdysvalloista..

Projektin tavoitteet

LegumePlus koulutti 15 väitöskirjatyöntekijää ja kaksi väitellyttä tutkijaa ja kasvatti heidän ammattitaitoaan bioaktiivisten palkokasvien tutkimusalalla. Projektin aiheena oli rehuna käytettyjen palkokasvien bioaktiivisuuden mekanismien selvittäminen, jotta päästäisiin seuraaviin tavoitteisiin:

- Proteiinin hyödyntämisen tehostaminen (**1. tavoite**),
- Karjankasvatuksen metaanipäästöjen vähentäminen (**2. tavoite**),
- Maito- ja lihatuotteiden laadun poarantaminen (**3. tavoite**),
- Suolistoloisten torjuminen (**4. tavoite**),
- Tuottaa tietoa valittujen Eurooppalaisten palkokasvien kehittämiseksi (**5. tavoite**).

Työn kuvaus ja päätulokset

Tutkimus eteni erittäin hyvin ja tutkijat tekivät useita mielenkiintoisia havaintoja. Esparsetti-, keltamaitte- ja puna-apilapeltoja käytettiin agronomisiin arviointeihin, merkkiyhdisteiden kehittämiseen, laboratoriotutkimuksiin sekä syöttökokeisiin.

Ensimmäisessä työkokonaisuudessa pelloille kylvettiin kolmea rehuna käytettyä palkokasvia: esparsettia, keltamaitetta ja puna-apilaa. Kasveja käytettiin säilörehun valmistustutkimuksiin sekä syöttökokeisiin maidon, juuston ja lihantuotantoa varten. Fermentoitu rehu oli hyvälaatuista ja syöttökokeissa ilmeni, että esparsetin tanniinit lisäsivät suotuisten 18:3n-3 ja muiden monityydyttymättömien rasvahappojen suhdetta maidossa ja Gruyere-juustossa. Samoin esparsetilla tai keltamaitteella syötettyjen lampaiden lihaksen sisäinen rasva sisälsi vähemmän tyydyttyneitä ja enemmän hyviä monityydyttymättömiä rasvahappoja. Toisaalta sinimailasesta tai puna-apilasta valmistetut rehut tuottivat paremman eläinten kasvun. Merkille pantavaa on, että nämä eläimet tuottivat myös alhaisemmat metaanin ja virtsan typen päästöt kuin normaalilla rehulla ruokitut verrokkieläimet. Laboratoriokokeet paljastivat, että rehun säilöntä ja eläinten ruoansulatus lisäsivät vahvasti proteiiniin sitoutuneiden tanniinien määrää, mutta vähensi tanniinien reaktiivisuutta ja kokonaispitoisuutta. Tämä saattaisi selittää miksi suolistolaisia on erityisen vaikea torjua (ks. alla). On huomattavaa, että esparsettirehu vähensi metabolista stressiä, lisäsi maidontuotantoa ja siirsi lypsykarjan metaboliaa ennemmin proteiinin kuin kehonrasvan tuotantoon. Sekä esparsetti että puna-apila tehostivat ravinteiden käyttöä pötsissä tavanmukaiseen ruokavalioon verrattuna.

Toisessa työkokonaisuudessa ranskalaisen MG2Mix-yrityksen esparsettipellettejä testattiin nauta- ja lammaskarjan suolistolaisia vastaan. Bioaktiivisten tanniinien avulla loisten määrä aleni, ulosteessa esiintyi vähemmän loisten munia ja isäntäeläinten vastustuskyky parani. Lisäksi in vitro-kokeissa selvitettiin erityyppisten tanniinien (työkokonaisuudesta 3) tehoa *Ostertagia ostertagi*, *Cooperia oncophora*, *Haemonchus contortus* ja *Trichostrongylus colubriformis* –suolistoloiisiin. Kokeilla saatiin selville rakenne-aktiivisuus vuorovaikutuksia kondensoituneille tanniineille ja ellagitanniineille. Ensimmäistä kertaa havaittiin synergistisiä vaikutuksia tanniinien ja flavonoidimonomeerien välillä, mistä on hyötyä kasvinjalostajille. On myös huomionarvoista, että tanniineilla ja perinteisillä loislääkkeillä havaittiin olevan erilainen vaikutustapa.

Kolmannessa työkokonaisuudessa palkokasvien tanniinien detektointia ja kvantitointia kehitettiin luomalla useita tiolyysiin, massaspektrometriaan, ydinmagneettiseen resonanssispektroskopiaan ja lähi-infrapunaspektroskopiaan perustuvia analyysimenetelmiä. Näillä uusilla menetelmillä seulottiin tanniineja yli 800 esparsettinäytteestä. Havaittiin, että eri tanniinien pitoisuus vaihteli runsaasti lajikkeiden välillä ja että

esparsetin lehdistä oli yleisesti enemmän tanniineja ja prodelfinidiiniyksiköitä kuin varsissa. Esparsetin pelletointi ja säilörehuksi valmistaminen alensi liukoisten ja kasvatti proteiineihin ja kuituihin sitoutuneiden tanniinien suhteellista osuutta, mikä sinällään voi vaikuttaa ravinnon proteiinin imeytymiseen. Sitoutuneiden tanniinien määrä vaihteli ruoansulatuskanavan eri osissa, mikä saattaa selittää tanniinien aktiivisuuseroja juokutusmahan ja ohutsuolen loisista vastaan.

Neljännessä työkokonaisuudessa havaittiin, että sikuri oli paras kumppanuuskasvi Isossa-Britanniassa esparsettiviljelyksiä perustettaessa, vaikka vaatikin kitkentää seuraavina vuosina. Sveitsissä englanninraiheinä ja nurminata olivat optimaaliset kumppanuuskasveja rikkakasvien torjuntaan ja tuottavuuden kasvattamiseen. Jalostettujen esparsettilajikkeiden havaittiin tuottavan parempaa satoa, mutta alemman tanniinipitoisuuden. Toisaalta pystyttiin osoittamaan, että kasvialostuksen oikeilla lajikevalinnoilla on mahdollista luoda uusia tuottoisampia lajikkeita, joilla on myös korkeampi tanniinipitoisuus. Erityisen kiintoisaa oli, että kahden esparsettilajikkeen sato ei alentunut kuivan kasvukauden aikana ja että ne tuottivat kuivuuden aikana enemmän tanniineja kuin normaaleissa kasvuolosuhteissa.

Markkeri-ominaisuus riippuvuuksia havaittiin yhdellä kasvipopulaatiolla kasvin korkeuden, kukinta-ajan ja siementuoton suhteen. Mikrosatelliittimarkkereissa (SSR-markkeri) oli runsaasti monimuotoisuutta ja geneettiset erot jakoivat esparsettiyksilöt kahteen ryhmään maantieteellisen alkuperän mukaan. Näitä mikrosatelliittimarkkereita voidaan jatkossa hyödyntää jalostusohjelmissa lajikkeiden kanta-analyseissä. Genomianalyysin perusteella esparsetille saatiin luotua transkriptomikrojasto, joka mahdollisti luokittelun molekulaarisen tehtävän, solusijainnin tai biologisen prosessin mukaisesti. Samalla saatiin myös määrällistä tietoa tanniinien biosynteesiin liittyvien geenien ilmenemisestä. Yli 75000 yhden emäksen monimuotoisuutta (SNP:tä) on nyt käytettävissä genomien laajuisiin assosiaatiotutkimuksiin (GWAS) ja tuleviin genomiikka-avusteisiin jalostusohjelmiin.

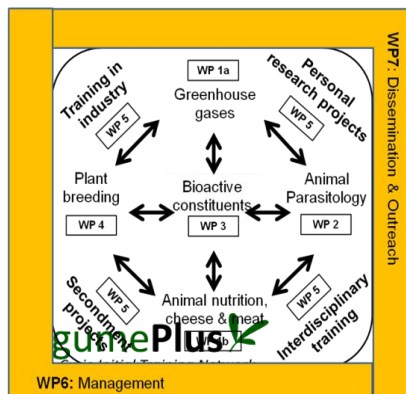
Projektin mahdollinen vaikutus ja tulosten käyttö

Ranskalaisten luomuviljelijöiden osuuskunta Multifolia ja pellettitoimittaja MG2Mix ovat olleet tiiviissä yhteydessä verkostoomme läpi EU:n rahoittamien HealthyHay- ja LegumePlus-projektien. Näiden viljelijöiden viljelemän esparsetin peltopinta-ala on kasvanut aina vuodesta 2000 lähtien ja on nyt 500 hehtaaria. Myös Isossa-Britanniassa kiinnostus palkokasvien käyttöön rehuna on lisääntynyt. Pääsyyinä ovat keltamaitteen ja esparsetin kyky parantaa maidon, juuston ja lihan laatua ja vähentää karjatalouden ympäristölle haitallisten typen ja metaanin päästöjä.

Projektin tieteellinen vaikuttavuus tulee uusien seulontakäyttöön tarkoitettujen analyysimenetelmien kautta, joita kehitettiin esparsetin jalostusohjelmia varten. Tanniinien ja suolistoloisten välille löydetyn rakennetta-aktiivisuus –vuorovaikutuksen lisäksi projektissa tunnistettuja molekyyli-markkereita voidaan hyödyntää kehitettäessä entistä ravitsevampia ja tehokkaammin loislääkkeitä korvaavia Eurooppalaisia esparsettilajikkeita.

Socio-economic impact and the wider societal implications of the project

LegumePlus koulutti 17 nuorta tutkijaa monitieteisessä projektissa, julkaisi oppaan esparsetin viljelijöille, tarjosi sidosryhmälle tietoa esparsetti-, keltamaitte- tai puna-apilarehun ravitsemuksellisista ja ympäristöllisistä hyödyistä, loi lähi-infrapunaspektroskopiakalibraatiot rehuottajille ja uusia tekniikoita niin tutkijoille kuin kasvialostajillekin.



Contact:

Prof I. Mueller-Harvey:

[i.mueller-harvey\(AT\)reading.ac.uk](mailto:i.mueller-harvey(AT)reading.ac.uk)

Project website:

<http://legumeplus.eu>