

Toimintasuositukset

Lyhytkortisuudella varmuutta rukiin viljelyyn

Miten lyhytkortisuusgeeni vaikuttaa rukiin sato- ja laatuominaisuuksiin?

Onko ruislinjojen pakkasenkestävyys mahdollisuus tunnistaa geenimerkein?

Hankkeen nimi:

Development of lodging-resistant and climate-smart rye – a smart contribution to a sustainable cereal production in marginal environments (RYE-SUS)

Tekijät: Teija Tenhola-Roininen (Luke), Antti Laine (Luke), Pirjo Tanhuanpää (Luke), Heikki Jalli (Luke), Hanna Haikka (Boreal), Sanna Grönroos (Boreal), Merja Veteläinen (Boreal) ja Outi Manninen (Boreal)

Ruis kuuluu maailmanlaajuisesti vähemmän viljeltyihin viljoihin vehnään ja ohraan verrattuna, mutta se on tärkeä viljakasvi pohjoisilla viljelyalueilla ja myös tärkeä meille suomalaisille. Ruis on ainoa vilja, joka on ristipölytteinen ja vaatii siksi erityyppistä tutkimuksellista lähestymistapaa kuin itsepölytteiset viljat. Rukiin satovarmuuden ja samalla ruokaturvan lisäämiseksi RYE-SUS -hankkeen tavoitteena oli kehittää puolikääpiöhybridiruislinjoja, joilla on parempi sadontuottokyky, kuivuuden-, laon- ja pakkasenkestävyys ja pienempi riski torajyvätartuntaan.

Hankkeessa oli monta työpakettia, joista Suomen osuuteen liittyi puolikääpiöhybridiruislinjojen testaus pellolla ja ominaisuuksien havainnointi (TP3), torajyvälsäntä, sekä sakolukumääritys koeaineistosta (TP4). Näiden lisäksi testattiin monimuotoisuusaineistojen pakkasenkestävyyttä pellolla ja tähän liittyviä geenejä kartoitettiin genomisin menetelmin (TP6). Lisäksi osallistuttiin hankkeen kokouksiin ja tiedon levittämiseen (TP1).

Lyhytkortisuusgeeni vaikutti positiivisesti rukiin laonkeston ja viljelyvarmuuteen. Sadonmuodostukseen vaikuttavissa tekijöissä oli vaihtelua ja kansainvälisten peltokokeiden perusteella havaittiin, että puolikääpiöhybridit viihtyvät paremmin mannerilmastossa ja omaavat taipumusta kuivuudenkeston. Rukiin pakkasenkestävyyden parantamiseksi kehitettiin KASP-dna-merkkejä, joita voidaan hyödyntää jalostuksessa. Lisäksi havaittiin yli 2000 rukiin monimuotoisuusutkimuksessa, että ruis on geneettisesti sopeutunut kasvuympäristöönsä. Ruislajikkeet, -linjat ja -maataiset jakaantuivat erilaisiin geneettisiin ryhmiin ilmasto-olosuhteiden mukaisesti.

Hankkeessa keskityttiin hybridirukiin kehittämiseen, mutta Suomessa jalostetaan pääasiassa populaatoruista. Lyhytkortisten populaatoruislajikkeiden jalostuksen aloittamiseen saatiin materiaalia hankkeen kautta. Pakkaskestävyyden testaamiseksi kehitetyt KASP-merkit eivät toimineet kunnolla suomalaisessa ruisaineistossa. Lyhytkortisten populaatorukiiden jalostusta ja merkkien kehitystä pitää jatkaa hankkeen ulkopuolella.



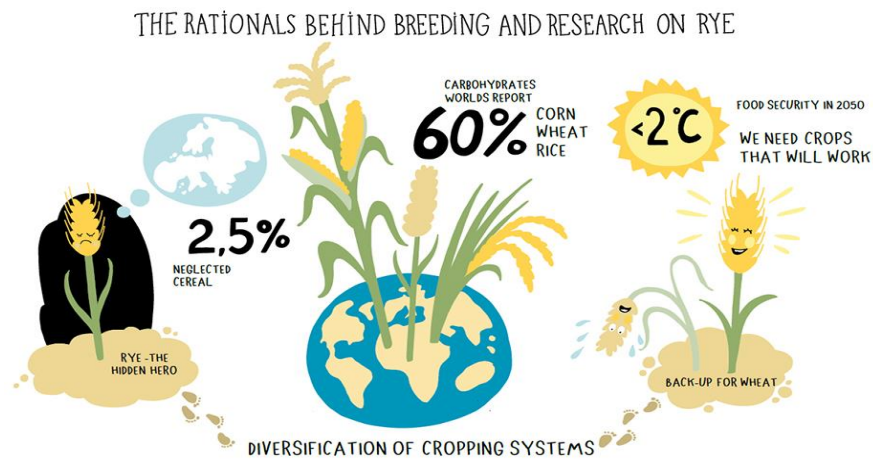
Kuva 1. Lyhyt- ja pitkäkortista hybridiruisaineistoa pellolla Saksassa.



Johdanto

Rukiin geneettinen monimuotoisuus tarjoaa mahdollisuuksia sen viljelyvarmuuden parantamiseksi

Ruis kuuluu maailmanlaajuisesti vähemmän viljeltyihin viljoihin vehnään ja ohraan verrattuna, mutta se on tärkeä viljakasvi pohjoisilla viljelyalueilla. Ruis on ainoa vilja, joka on ristipölytteinen ja vaatii siksi erityyppistä tutkimuksellista ja jalostuksellista lähestymistapaa kuin itsepölytteiset viljat. Sen laaja geneettinen monimuotoisuus tarjoaa mahdollisuuden innovatiivisiin ratkaisuihin rukiin viljelyvarmuuden parantamiseksi ja ruokaturvan takaamiseksi. Ruis on tunnetusti pitkäkertainen viljalaji, mikä tuo lakoutumisen kautta haasteita sen viljelyvarmuuteen. Rukiin geneettinen edistäminen korren pituuden suhteen on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista, jonka avulla sen viljelysuosiota voidaan parantaa muihin viljoihin nähden. RYE-SUS hankkeessa korren lyhentämiseen käytettiin *Ddw1*-lyhytkortisuusgeeniä. Hankkeeseen osallistui yhteensä 11 organisaatiota kuudesta Euroopan maasta, sekä Kanadasta.



Kuva 2. Rukiissa on potentiaalia viljelyjärjestelmien parantamiseen ja monipuolistamiseen.

Aineisto

Lyhyt- ja pitkäkortisten hybridiruislinjojen menestymistä vertailtiin

Hybridiruislinjojen peltotestauksessa (TP3) kylvettiin 48 puolikääpiöruislinjaa, 48 niiden pitkää vastinetta, sekä 24 ruislajiketta, joista suurin osa oli populaatiolajikkeita. Tietoa kerättiin kasvukauden aikana linjojen kasvuoloista, pakkasenkestävyydestä, lakoutumisesta, taudeista, tähkälletulosta, tähkien määrästä ja pituudesta. Sadonkorjuun jälkeen sadon määrä mitattiin ja siitä tehtiin laatuanalyysit. Myös sadon leivontalaatu ja torajyvien määrä sadossa mitattiin, jotta saatiin selville torajyvätartunnalle herkimät linjat (TP4).

Rukiin pakkasenkestävyyshalostuksen genomisten menetelmien kehittämiseksi kylvettiin 320 ruislinjan monimuotoisuusaineisto riveinä pellolle (TP6). Riveiltä havainnoitiin talvituhon määrä ja lumihomeen esiintyminen. Hankkeessa kehitettiin jo aikaisemmin julkaistujen pakkasenkestävyysgeenien ja tässä hankkeessa löydettyjen pakkasenkestävyysgeenien tunnistamista varten ns. KASP-dna-merkkejä, jotka ovat halvempia ja helpommin laboratorioissa käytettäviä dna-merkkejä kuin SNP-dna-merkit.

Laajemmasta eurooppalaisesta ruisaineistosta ja pienemmästä Borealiilta, NordGeniltä ja suomalaisilta viljelijöiltä saaduista ruisaineistoista tehtiin geneettinen (SNP-genotyypaus) analyysi, jonka avulla luotiin 'sukupuu' ruislinjojen/-lajikkeiden geneettisestä yhteydestä.

Tulokset, niiden vaikuttavuus ja johtopäätökset

Lyhytkortisuus lisää rukiin viljelyvarmuutta

Puolikääpiölinjat olivat lyhyemmän kortensa ansiosta laonkestävämpiä kuin muu peltokoeaineisto. Lyhytkortisuusgeeni ei vaikuttanut negatiivisesti kasvien juuristoon. Geenin huomattiin lisäävän rukiin versojen määrää, pienentävän tuhannen siemenen painoa ja viivästyttävän kasvien tähkälletuloa. Puolikääpiölinjojen satotasot olivat korkeammat mannerilmastossa ja lyhytkortisuusgeenillä todettiin olevan positiivinen vaikutus rukiin kuivuudenkestävyyteen.

Torajyvälle herkimät linjat havainnoitiin peltokokeiden sadonkäsittelyn yhteydessä. Yksi torajyvälle altistava tekijä on vähäinen siitepölyn muodostus. Peltokokeiden avulla tunnistettiin linjat, joilla on toimivimmat siitepölyn muodostukseen liittyvät geenimuodot, joita voidaan käyttää jatkossa puolikäpiöhybridien jalostuksessa. Torajyvien ergotalkaloidipitoisuuksissa havaittiin olevan eroja peltokokeissa mukana olleiden linjojen välillä. Hybridilajikkeilla ergotalkaloidipitoisuudet ovat yleisesti ottaen suuremmat.

Rukiin pakkasenkestävyyden kartoittamiseksi kehitettiin yhteensä 150 KASP-merkkiä, joista 96 käytettiin testiaineiston analysointiin. Näistä noin 70% olivat toimivia kyseisessä aineistossa.

Hankkeessa tehtiin myös saksalaisten yhteistyökumppanien toimesta peltokokeista kerättyyn dataan perustuva rukiin kasvua ja kehitystä simuloiva satomalli. Sen perusteella rukiin kasvihuonekaasupäästöt ovat 20% ja hiilijalanjälki 8% pienemmät kuin vehnän vastaavat.

Hanke mahdollisti lyhytkortisen hybridirukiin jalostuksen edistämisen ja toi lisää tietoa rukiin pienemmästä ilmatorasituksesta viljelyssä. Rukiin pakkasenkestävyydestä saatiin lisää tietoa ja onnistuttiin kehittämään geenimerkkejä sen parantamiseksi. Riskiä torajyvätartunnalle onnistuttiin vähentämään lisäämällä siitepölyn muodostusta. Rukiin viljelyvarmuutta pystytään lisäämään lyhytkortisuuden ansiosta ja korrensäätteen käytön lopettaminen vähentää viljelyn ympäristökuormitusta. Samalla taataan rukiin sadontuotto ja sadon hyvä laatu.



Kuva 3. Ruis tunnetaan pitkäkortisena viljana.

Tulevaisuuden haasteet

Hankkeessa saadun tiedon käyttö lyhytkortisten populaatorukiiden jalostamiseen

Hankkeessa käytetty ruisaineisto oli erittäin moninaista ja perimältään erilaista. Kaikki kehitetyt merkkiavusteiset työkalut muun muassa pakkasenkestävyyden tunnistamisessa eivät toimineet kaikissa aineistoissa. Täten uusien merkkiä kehitys suomalaiseen aineistoon sopivaksi olisi vielä tarpeen, jotta hanke hyödyttäisi kaikkia osapuolia.

Suomessa jalostetaan hybridirukiin sijaan populaatoruislajikkeita. Hanke keskittyi vahvasti hybridijalostukseen, joten siinä ei saatu suoraa käytännön tietoa lyhytkortisuusgeenin käytöstä populaatiolajikkeissa. Hanke tarjosi materiaalia lyhytkortisten populaatiolajikkeiden jalostuksen aloittamiseen myös Suomessa, mutta työtä täytyy jatkaa hankkeen ulkopuolella.

Toimintasuositukset

Lyhytkortisen populaatorukiin jalostuksen edistäminen

- Lyhytkortisten populaatoruislajikkeiden jalostus
- Lyhytkortisten populaatoruislajikkeiden testaus laajassa testausverkossa
- Pakkasenkestävyyden merkkiavusteisen valinnan kehittäminen suomalaisille ruisaineistoille
- Rukiin tutkimuksen edistäminen
- Ruisaineistojen geneettisen kartoituksen hyväksikäyttö rukiin jalostuksessa
- Rukiin positiivisten ympäristövaikutusten kommunikointi laajemmalle yleisölle

Tarkempi lukeminen

RYE-SUS projektin nettisivut: [RYE SUS - For the sustainable production of healthy grain - https://www.rye-sus.eu](https://www.rye-sus.eu)

Hankkeen loppuraportti:



EndtermReportRYESUS.pdf

Laidig, F., Feike, T., Klocke, B., Macholdt, J., Miedaner, T., Rentel, D., & Piepho, H. P. **Long-term breeding progress of yield, yield-related, and disease resistance traits in five cereal crops of German variety trials.** Theoretical and Applied Genetics 134, 3805–3827, 2021. doi:10.1007/s00122-021-03929-5

Båga, M., Bahrani, H., Larsen, J., Hackauf, B., Graf, R.J., Laroche, A., Chibbar, R.N. **Association mapping of autumn-seeded rye (*Secale cereale* L.) reveals genetic linkages between genes controlling winter hardiness and plant development.** Sci Reports 12:5793, 2022. doi: 10.1038/s41598-022-09582-2

Laidig, F., Feike, T., Klocke, B., Macholdt, J., Miedaner, T., Rentel, D., & Piepho, H. P. **Yield reduction due to diseases and lodging and impact of input intensity on yield in variety trials in five cereal crops.** Euphytica 218, 150, 2022. doi: 10.1007/s10681-022-03094-w

Riedesel L, Laidig F, Hadasch, S, Rentel, D, Hackauf B, Piepho HP, Feike T **Breeding progress reduces carbon footprints of wheat and rye.** Journal of Cleaner Production, 2022.

Hackauf, B., Siekmann, D., Fromme, F.J. **Improving Yield and Yield Stability in Winter Rye by Hybrid Breeding.** Plants, 2022.