

SVERIGES UTSÄDEFÖRENINGENS TIDSKRIFT

Journal of the Swedish Seed Association

Specialnummer 2020 Växtförädling vid SLU



SVERIGES UTSÄDESFÖRENING

Swedish Seed Association

Sveriges Utsädesförenings Tidskrift
Journal of the Swedish Seed Association

Redaktör och ansvarig utgivare
Editor: J. Weibull

Redaktionsråd (*Editorial Council*):
Tomas Bryngelsson
Larisa Gustavsson
Per Henriksson
Roland Lyhagen
Inger Åhman

Adress (*Address*): Sveriges Utsädesförening,
c/o Anders Nilsson
Färjemansgatan 20
254 40 Helsingborg

Tel. +46 70 550 46 71
Bankgiro: 485-0657 eller Swish 123 253 6480

Tidskriften utkommer med 2 nummer per år. Information om medlemskap och prenumeration framgår av avsnittet medlemsinformation samt på hemsidan www.sverigesutsadesforening.se

Membership in the Swedish Seed Association (SUF) gives a possibility to follow how plant breeding and related issues in agri- and horticulture are developing in the Nordic countries. Seminars and workshops are arranged in Alnarp and Stockholm. The journal of The Swedish Seed Association is published with 2 issues per year.

The membership annual fee together with subscription of the journal is SEK 300. You can become a member in SUF by paying the fee to the Swedish Bank giro account 485-0657. **Indicate your name, address and e-mail address.**

On www.sverigesutsadesforening.se you find more information about The Swedish Seed Association and its activities.

Kontaktperson/Contact person:
Anders Nilsson, anders.nilsson@slu.se

Styrelseordförande (*Chairman*)
Otto von Arnold

Övriga styrelseledamöter (*Board Members*)
Jens Weibull
Anders Nilsson
Magnus Börjesson
Mariette Andersson
Annette Olesen
Annette Hägnefelt
Bengt Persson
Roland von Bothmer (adj.)

Omslagsbild: Om forskarna får bukt med de giftiga glykoalkaloiderna kanske vi äter potatisprotein i framtiden? Läs mer om SLU:s spännande växtförädlingsforskning i detta specialnummer av tidskriften. Foto: Lisa Beste

Årgång (Volume) 133

2020

Nr (No.) Special

SVERIGES UTSÄDESFÖRENINGENS TIDSKRIFT

Journal of the Swedish Seed Association

Organ för svensk växtförädling
Publication of Swedish Plant Breeding

ISSN 0039-6990

Innehållsförteckning

(Contents)

Inledning (Introduction)	4-5
SLU-gemensam växtförädlingsforskning och utbildning (Joint plant breeding research and education at SLU)	6
Påverkar variation i blomgenskaper pollineringsbehovet hos olika sorter av åkerböna? (Does variation in floral traits influence pollination success in different varieties of faba bean?)	10
Vårvede anpassat för hårda jordar (Spring wheat adapted to high strength soils)	13
Sjukdomsresistenta och klimatanpassade äppelsorter (Disease resistant and climate adapted apple varieties)	16
Förbättrad potatis med genomredigering av metabolism och återvinningsmekanism (Genome editing of metabolic and recycling pathways for potato improvement)	21
På jakt efter raps och rybs som växer bäst med snälla bakterier (Searching for rapeseed and turnip rape that grows best with favorable bacteria)	26
Genetiska verktyg mot potatismopptoppviruset (Genetic tools against the potato mop-top virus)	29
De lägger grunden för nya lingonsorter (Investigation of the genomic resources for new lingonberry cultivars)	32
De utvecklar fleråriga grödor för framtidens jordbruk (They develop perennial crops for a new kind of cultivation)	34
Metoder för snabbare och bättre växtförädling av skogsträd (Methods for quicker and better breeding of forest trees)	37
Han guidar forskare genom avtalsdjungeln (He guides researchers through the contract jungle)	41

Inledning

Sveriges Utsädesförening har som ett mål att sprida kunskap till allmänhet och beslutsfattare om växtförodling. Det är därför med glädje som vi kan erbjuda tidskriften som en plattform för detta specialnummer om SLU:s forskning inom området. / Jens Weibull, redaktör

Detta specialnummer av Sveriges utsädesförenings tidskrift är det andra i ordningen där vetenskapsjournalisten Lisa Beste beskriver aktuell växtförodlingsverksamhet vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Specialnumret är tänkt att ge en inblick i en riktad satsning där SLU 2014 inrättade tre fakultetsgemensamma ämnesområden, och där växtförodling är ett av dem. Ämnesområdet, kort kallat SLU Plattform växtförodling, verkar för att stimulera interaktioner mellan personer som jobbar med växtförodlingsrelaterade frågor vid SLU:s olika verksamhetsorter och fakulteter, samt stärka SLU:s profil inom området internationellt. Tre fakulteter ingår i plattformen: Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap samt Fakulteten för skogsvetenskap, som har sina huvudsakliga verksamheter i Alnarp, Uppsala och Umeå. Under de sex år som plattformen varit igång, har den fyllts med forskning, undervisning, informationspridning, workshoppar, studieresor och mycket mer, vilket går att läsa om i artikeln ”SLU-gemensam växtförodlingsforskning och utbildning”. En stor del av verksamheten har varit att initiera nya samarbeten och forskningsprojekt, där bland annat tre tvååriga postdoktorprojekt och tolv ettåriga pilotprojekt har finansierats, alla av tvärfakultetsintresse. Dessa projekt är närmare beskrivna i detta specialnummer. Vi gör således ett litet nedslag bland all samhällsnyttig och spännande växtförodlingsrelaterad forskning som pågår vid SLU idag och, trots att det bara är ett smakprov, visar det på den enorma bredd och det stora djup som finns i de frågor som SLU jobbar med.

Mariette Andersson
SLU:s växtförodlingsskommitté:
Mariette Andersson (ordförande)
Harry Wu (vice ordförande)
Rodomiro Ortiz
Ove Nilsson
Anna Westerbergh
Martin Weih

Koordinator:
Katja Fedrowitz

Tidigare medlemmar:
Inger Åhman
Pär Ingvarsson

www.slu.se/plattformvaxtforadling

Introduction

One goal of the Swedish Seed Association is to disseminate knowledge to the general public and decision makers about plant breeding. It is therefore with pleasure that we offer the journal as a platform for this special issue on SLU's research in the field. / Jens Weibull, editor

This special issue of the Journal of the Swedish Seed Association is the second in a series where the science journalist Lisa Beste describes up-to-date plant breeding activities at the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). The issue aims to give an insight into an initiative where SLU in 2014 established three cross-faculty subject areas, and where plant breeding is one of them. This subject area, in short called SLU Platform plant breeding, works to stimulate interactions between people who work with plant breeding-related tasks at SLU's various sites and faculties as well as to strengthen SLU's profile in the plant breeding area internationally. Three faculties are included in the platform: The Faculty of landscape architecture, horticulture and plant production science, the Faculty of natural resources and agricultural sciences and the Faculty of forest sciences, having their main activities in Alnarp, Uppsala and Umeå, respectively. During the six years that the platform has been running, it has been filled with research, teaching, information dissemination, workshops, study trips and much more, which you can read about in the article "SLU-gemensam växtförädlingsforskning och utbildning". A large part of the mission has been to initiate new collaborations and research projects, where for instance three two-year postdoctoral projects and twelve one-year pilot projects have been funded, all of cross-faculty interest. These projects are described in more detail in this special issue. Thus, we take a small glimpse among all important and exciting plant breeding-related research that is ongoing at SLU today and, despite the fact that it is just a glimpse, it shows the enormous breadth and depth of the tasks SLU are working with.

Mariette Andersson
SLU plant breeding committee:
Mariette Andersson (chair)
Harry Wu (vice chair)
Rodomiro Ortiz
Ove Nilsson
Anna Westerbergh
Martin Weih

Coordinator:
Katja Fedrowitz

Former members:
Inger Åhman
Pär Ingvarsson

<https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/platform-for-plant-breeding/>

SLU-gemensam växtförädlingsforskning och utbildning

Joint plant breeding research and education at SLU

SLU Plattform växtförädling har finansierat utbildning, möten, internationella studieresor och 15 projekt för att stimulera samarbeten mellan universitetets fakulteter. Satsningen har lett till kunskapsutbyten och nya kontakter mellan forskargrupper som har trädgårdsväxter, jordbruksgrödor och skogsträd i fokus.

Under sex år, 2014 till 2020, har Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) satsat pengar på att främja kommunikation och samarbeten mellan personal inom närliggande forskningsområden, men som är verksamma på olika institutioner vid lärosätets olika fakulteter. Inom växtförädlingsämnet finns det många som jobbar med utbildning och forskningsfrågor som rör samma sorts problem, och använder sig av samma metodik. Men avståndet mellan SLU:s verksamhetsorter, Alnarp, Uppsala och Umeå, och bristen på naturliga mötesplattnar, har försvårat samarbetet.

Professor Inger Åhman var ordförande i SLU:s växtförädlingskommitté när SLU Plattform växtförädling tog form 2014. Hon ser tillbaka på en lyckad satsning.

– Vi fick reda på uppdraget strax innan plattformen skulle starta. Det kändes väldigt positivt redan från början, och trots den korta framförhållningen gick det smidigt för representanterna från de olika fakulteterna att enas om en budget och ta fram en verksamhetsplan för de första tre åren, säger hon.

Idag är det Mariette Andersson, docent i växtbioteknik vid SLU, som är ordförande i plattformens kommitté. Hon minns också starten som en höjdpunkt.

– Alla inblandade kände nog att plattformen skulle bli ett lyft för oss som undervi-

sar och forskar inom växtförädling vid SLU, säger hon.

Tre miljoner kronor om året har SLU Plattform växtförädling haft att röra sig med. Dessa medel har bland annat använts till ett flertal doktorandkurser, workshops, studieresor samt tre tvååriga postdoktorsprojekt och tolv ettåriga forskningsprojekt.

En morot för samarbeten

Både Inger Åhman och Mariette Andersson menar att det krävs en morot i form av pengar för att starta nya samarbeten. Forskarens vardag är en evig kamp om forskningsmedel, och utan särskild finansiering har man begränsade möjligheter att bygga upp spontana nätverk eller lägga tid på att prova nya projektidéer.

– Små projektpengar räcker för att komma igång med en ny idé, och sedan kan forskare växla upp och söka pengar för större projekt med pilotprojektet som bas, säger Mariette Andersson.

Så har det också blivit. Tack vare plattformen har flera av forskarna i nätverket kunnat få fram preliminära resultat att visa upp för större forskningsfinansiärer, och i och med det blivit beviljade mer forskningsmedel.



Hos Lantmännen i Svalöv förevisades havreförädling baserat på urval gjorda med enbart molekylärgenetisk information. Foto: Inger Åhman



Hos Skogforsk i Ekebo fick SLU-deltagarna ta del av information om skogsträsförädlingen i Sverige. Foto: Inger Åhman

Kurser, workshops, möten och studieresor har varit till för att bygga upp kunskap och skapa kontakter mellan forskare tidigt i karriären, till exempel doktorander och postdoktorer.

– Men sådana aktiviteter har planerats och genomförts med hjälp av seniorerna. På så vis har vi byggt upp ett bra nätverk, säger Inger Åhman.

Plattformen har anordnat en eller två kurser per år, till exempel om urvalsmetoder, växtförädlingstekniker och databehandling, för doktorander och postdoktorer. Lärarna har ofta varit internationellt framstående forskare. Plattformen har också arrangerat tre workshops med olika växtförädlingsrelaterade teman, och som en del av plattformens uppdrag att stärka SLU:s profil utåt har nätverket haft två stora internationella arrangemang.

– Vi hade ett symposium 2019 tillsammans med forskare från universitetet i Wageningen i Nederländerna. De är världsledande inom växtförädling, och mötet gjorde att vi stärkte SLU:s kontakter med dem, säger Inger Åhman.

I maj 2017 anordnade plattformen en studieresa för doktorander och postdoktorer till Kina.

– Vi besökte sex olika institut och universitet med inriktning på skog, lantbruk och hortikultur. Efter det har representanter från skogsuniversitetet i Peking besökt SLU, säger Inger Åhman.

SLU Plattform växtförädling hade planerat ett stort möte i slutet av augusti i år, men det



Hos Chinese Academy of Agriculture Sciences i Beijing fick SLU-deltagarna se veteförsök på världens förmodligen dyraste jordbruksmark. Foto: Inger Åhman

har blivit flyttat till 2021 på grund av coronapandemin.

Forskarna inom växtförädling vid SLU kommer från Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap (LTV), Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap (NJ) och Fakulteten för skogsvetenskap (S). Alla projekt med finansiering från plattformen involverar forskare från minst två av dessa fakulteter.

Det har varit viktigt för plattformens kommitté att fördela de tilldelade resurserna rättvist.

– När finansiering av en projektidé söktes av en forskare vid en av fakulteterna har vi låtit seniora forskare från de två andra fakulteterna bedöma om vi skulle satsa på idén. Och när det gäller workshops och kurser har vi varit noga med att ha dem på SLU:s olika campus, i Alnarp, Uppsala och Umeå, växelvis, säger Inger Åhman.

SLU Plattform växtförädling finansierar också viss utveckling av SLU:s rutiner för att följa internationella avtal och regler för användning av växtgenetiska resurser, det kan du läsa om i en av artiklarna i den här tidskriften.

– Vi kände att vi behövde satsa på att utveckla expertisen kring vad som gäller för att använda växter från andra länder i vår forskning, och som i förlängningen kan komma att användas i kommersiell växtförädling. Det är viktigt att SLU följer dessa regler, säger Inger Åhman.

Plattformen har en koordinatör som ser till

att verksamheten flyter på, ordnar och dokumenterar möten, håller koll på olika aktiviteter inom växtförädling, och skickar ut nyhetsbrev till plattformens medarbetare några gånger per år.

– Jag tror att plattformens aktiviteter och nyhetsbrevet har gjort att vi som arbetar inom området växtförädling nu känner att vi tillhör ett gemensamt sammanhang på SLU, säger Mariette Andersson.

Nätverket fortsätter

Håkan Schroeder är dekan vid fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap. Fakulteten har haft det övergripande ansvaret för SLU Plattform växtförädling.

– Att bygga den här typen av strukturer tvärs över fakulteterna är en del av SLU:s arbete med att knyta ihop vårt universitet, och det här kraftfulla nätverket visar att växtförädling verkligen är ett av SLU:s styrkeområden, säger han.

Han anser att samarbeten över fakultetsgränserna ger stora möjligheter till framgångsrik forskning och utbildning och att plattformen med sina olika aktiviteter fungerat som ett smörjmedel för det.

– Ett forskningssamarbete kan mycket väl börja med att några forskare ska organisera en kurs tillsammans. En gemensam utbildningsinsats är ofta en neutral och bra arena för det.

Under resans gång har SLU fått ett nytt växtförädlingscentrum, SLU Grogrund - ett av SLU:s särskilda uppdrag från regeringen.

– SLU Plattform växtförädling underlättade starten av SLU Grogrund avsevärt. Det fanns kontakter upparbetade som vi snabbt kunde mobilisera när vi fick uppdraget, därför kunde centret komma igång på väldigt kort tid med ett stort antal stora projekt som i många fall också sträcker sig över fakultetsgränserna, säger Håkan Schroeder.

Han tror att SLU Plattform växtförädling kommer att fylla en viktig funktion för

samordningen kring växtförädlingsämnet även i framtiden. De tre involverade fakulteterna tar över det ekonomiska ansvaret för plattformen helt när den tidsbegränsade strategiska satsningen från SLU:s rektor upphör. Det blir en mindre summa pengar, 600 000 kronor per år, som ska gå till att hålla nätverket vid liv, och anordna workshops och andra aktiviteter. Pengarna kommer inte att räcka till pilotprojekt i samma omfattning som de första sex åren.

– Till skillnad från SLU Grogrund har SLU Plattform växtförädling ett internt uppdrag för samordning och samarbeten kring all typ av växtförädlingsrelaterad forskning inom universitetet. SLU Grogrund är ett innovationsprogram som ska säkerställa kompetensutveckling och tekniköverföring mellan akademi och företag, med fokus på livsmedelsgrödor.

Artiklarna i det här specialnumret av Sveriges utsädesförenings tidskrift handlar om de projekt som finansierats av SLU Plattform växtförädling.

Sammanfattning

SLU Plattform växtförädling har finansierat tre tvååriga postdoktorsprojekt och tolv ettåriga forskningsprojekt för att stimulera nya samarbeten över universitetets fakultetsgränser. Plattformen har även anordnat kurser, workshops, möten och studieresor med olika växtförädlingsrelaterade teman. Satsningen har resulterat i ett nätverk där nya idéer kan gro.

Forskarna i nätverket kommer från Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap (LTV), Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap (NJ) och Fakulteten för skogsvetenskap (S).

Tack vare plattformen har flera av forskarna fått fram preliminära resultat att visa upp för de stora forskningsfinansiärerna, och i och med det kunnat skala upp sina nya projekt.

SLU Plattform växtförädling finansierar också viss utveckling av SLU:s rutiner för

att följa internationella avtal och regler för användning av växtgenetiska resurser.

Plattformen har en koordinator som ser till att verksamheten flyter på, ordnar och dokumenterar möten, håller koll på olika aktiviteter inom växtförädling vid SLU, och skickar ut nyhetsbrev till plattformens medarbetare några gånger per år.

De tre involverade fakulteterna kommer att ta över det ekonomiska ansvaret för plattformen för att hålla nätverket vid liv.

Summary

SLU Platform Plant Breeding has funded three two-year postdoctoral projects and twelve one-year research projects to stimulate new collaborations across the university's faculties. The platform has also arranged courses, workshops, meetings and study trips with various plant breeding-related themes, all resulting in a research network where new ideas can flourish.

The researchers in the network come from the Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science (LTV), the Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences (NJ) and the Faculty of Forest Sciences (S).

Thanks to the platform, several of the researchers have obtained preliminary results to present to major research funds, and as a result some have been granted new funding and been able to scale up their new projects.

SLU Platform Plant Breeding is also funding part of the development of SLU's routines for following international agreements and rules for the use of plant genetic resources.

The platform has assigned a coordinator who keeps track of activities related to plant breeding at SLU, and is responsible for sending out newsletters to the network of researchers a few times a year.

The three faculties involved will take over the financial responsibility for the platform, to keep the research network alive in the future.

Påverkar variation i blomgenskaper pollineringsbehovet hos olika sorter av åkerböna?

Does variation in floral traits influence pollination success in different varieties of faba bean?

”Vi vill inte tappa bort egenskaperna som påverkar hur humlor och honungsbin pollinerar blommorna.” Forskarna Åsa Lankinen, Ola Lundin och deras kollegor har utvecklat metoderna för att i växtförädlingen undersöka hur blommornas storlek, mängden nektar och beroendet av pollinering hos olika åkerbönor påverkar avkastningen.

Åkerbönan har seglat upp som ett lovande inhemskt proteinlivsmedel, och det finns flera projekt på SLU som undersöker den här växtens egenskaper, ekologi, odlingsystem och förutsättningarna för att skala upp odlingen av grödan i Sverige. Åkerbönan fungerar bra som foder, men forskare, odlare och matproducenter hoppas också att åkerbönan ska bli ett vanligt svenskodlat, lönsamt och välsmakande alternativ till kött.

I ett av projekten, som finansierats av SLU Plattform växtförädling, studerade forskarna åkerbönanas blommor och hur olikheter bland moderna sorter och gamla lantsorter påverkar pollinering och avkastning.

Åsa Lankinen är evolutionsbiolog, forskare vid SLU i Alnarp och expert på växters interaktioner med andra organismer, till exempel insekter. Hon ledde projektet.

– Jag forskar om pollination, och när jag fick höra om förädlingsprogrammet för åkerböna inom SLU Grogrund blev jag nyfiken på om det går att mäta blomgenskaperna och se skillnader mellan de olika sorterna som ingår i programmet, berättar hon.

Till att börja med handlade det om att vidareutveckla en bra metod för att kunna fastställa egenskaperna.

– Jag visst att det fanns en forskare på SLU i Ultuna som redan hade metoder för att studera pollination av grödor, säger Åsa Lankinen och syftar på Ola Lundin som också varit med i projektet.

Han är forskare i ekologi vid SLU i Ultuna.

– Jag studerar hur skadegörare och nyttoinsekter interagerar med grödor, och sedan en tid tillbaka är jag biträdande handledare åt en doktorand, Chloë Raderschall, som undersöker pollineringen och växtskyddsekologin kring just åkerböna, berättar han.

Eftersom Åsa Lankinen är expert på pollinering ur växternas perspektiv och Ola Lundin ur insekternas perspektiv kompletterar de varandra i projektet. Till sin hjälp hade de också forskningsingenjören Veronica Hederström.



Veronica Hederström och Åsa Grimberg gör försök med åkerböna i trädgårdsområdet. Foto: Åsa Lankinen

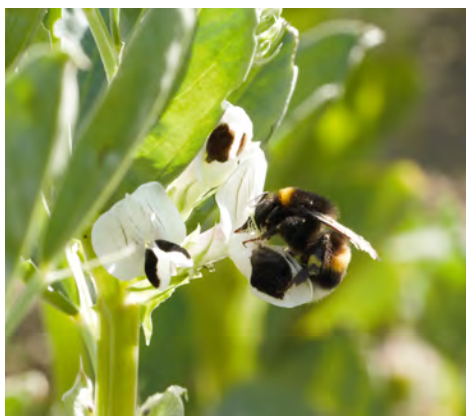
Studierna av åkerböneblommorna har de gjort utomhus och i växthus i Alnarp. De sådde åtta sorters åkerbönor i små odlingsrutor på våren, och mätte blommornas storlek och mängden nektar. Sedan kompletterade de med en studie i växthus på hösten, då testade de 13 olika sorter, varav fem lantsorter. De testade också en metod för att uppskatta hur beroende sorterna är av pollinering, genom att sätta nätpåsar över vissa blommor för att förhindra besök av pollinerare. Mätmetoderna som de utarbetat verkar fungera bra.

– En viktig fråga att få svar på med hjälp av den här metoden är förstås om vissa blomgenskaper och insektpollineringen kan öka fröproduktionen och frönas kvalitet. Vi ser en väldig variation bland åkerbönona, och vi måste veta mer om den variationen annars kan vi gå miste om viktiga egenskaper i förädlingen av nya sorter, säger Åsa Lankinen.

Ola Lundin instämmer.

– Det här är en aspekt som ofta trillar bort när det gäller förädling av insektpollinerade grödor.

Pollinering av grödor är en komplex företeelse. Avkastningen hos en viss sort kan variera beroende på hur miljön ser ut. Om det finns mycket humlor och honungsbin kanske en viss sort avkastar mycket, medan en annan sort ger högre avkastning i en annan miljö, som är fattigare på insekter.



En jordhumla pollinerar åkerböna. Foto: Chloë Raderschall

Till det hör att insekter kan bete sig på olika sätt i blommorna. Ibland biter insekter hål i blommor och kommer åt nektar utan att göra sitt jobb som pollinerare. Åkerbönan har en ganska komplicerad blomma. Den är stängd, vilket betyder att insekterna behöver leta sig in i den, och sedan behöver de en lång tunga för att nå ner där det finns nektar.

– Därför är det en begränsad grupp pollinerare som besöker åkerbönan, säger Ola Lundin.

Många studier visar att det blir bättre frösättning hos korsbefruktade grödor om man har pollinatörer, men det kan variera mycket mellan olika sorter och i enstaka fall har forskare visat att pollinerare till och med påverkat avkastningen negativt.

– Dessutom kan pollineringsberoendet hos en och samma sort kan variera mellan olika år och olika platser.

Med i projektet är också Åsa Grimberg, forskare i växtförädling som parallellt leder förädlingsprogrammet för åkerböna inom växtförädlingscentret SLU Grogrund. Hon hjälper Åsa Lankinen och Ola Lundin med kunskaper om andra viktiga egenskaper hos åkerbönona. Sandra Lindström jobbar med forskning och utveckling på Hushållnings-sällskapet Skåne och bidrar med expertis till projektet om agronomi och grödpollinering.

Åkerbönan behöver en lång växtsäsong, därför är tidighet en viktig egenskap, speciellt om man vill odla den långt upp i Sverige. Den verkar fungera bra i samodling med vete, men kan ibland vara svår att lyckas med.

– Åkerbönan är känslig på flera olika sätt och mycket av forskningen handlar om att få till en mer pålitlig odling av grödan. Studier av interaktionerna mellan växten, pollinatörer, skadegörare och patogener är en del av det, säger Ola Lundin.

Forskningsområdet växtförädling är relativt ny mark för både evolutionsbiologen Åsa Lankinen och ekologen Ola Lundin. De anser båda två att det är viktigt att koppla ihop växtförädling och ekologi.

– Både genetik och ekologi behövs för att studera evolutionära processer. Inom växtförädlingen ligger tyngdpunkten på genetiken. Jag tror växtförädlingen kan nå längre om man får med mer av de ekologiska aspekterna, säger Åsa Lankinen.

Om vi ska kunna ha odlingssystem som är mindre beroende av pesticider, behöver växterna vi odlar vara anpassade så att det går att undvika skadegörare och gynna nyttoinsekter. Växtförädlare och ekologer behöver hjälpas åt att ta reda på vilka egenskaper, sorter och grödor som är bäst att kombinera.

– Vi vill fortsätta att studera det här, och diskutera våra frågor med växtförädlare och industrin och se om de är intresserade av att jobba mot gemensamma mål med oss, säger Åsa Lankinen.

Sammanfattning

I forskningsprojektet *Differences in floral traits between modern cultivars and land races of importance for pollination success and seed yield in faba bean* har Åsa Lankinen, Ola Lundin, Åsa Grimberg och Sandra Lindström utvecklat metoder för att studera hur egenskaper hos blommor påverkar pollineringen och avkastningen hos olika sorter av åkerböna. Det övergripande syftet är att göra åkerbönan till en odlingssäker proteingröda som utgör ett vegetabiliskt alternativ till kött i livsmedelsproduktionen i Sverige. Idag odlas åkerbönan mest som fodergröda i Sverige.

Projektet finansierades av SLU Plattform växtförädling.

Blommornas storlek, mängden nektar och beroendet av pollinatörer är egenskaper som varierar mellan olika sorter av korsbefruktade grödor. I projektet har forskarna mätt skillnaderna mellan blommorna hos 13 olika sorter av åkerböna, både i växthus och utomhus.

Forskarna anser att det är viktigt att ta med ekologiska aspekter i växtförädlingen. Det behövs exempelvis för att kunna ställa om jordbruket till att bli mindre beroende av pesticider. Att studera grödornas interaktioner med

både skadegörare och nyttogörande insekter, är en del av det arbetet.

Summary

In the research project *Differences in floral traits between modern cultivars and land races of importance for pollination success and seed yield in faba bean*, Åsa Lankinen, Ola Lundin, Åsa Grimberg and Sandra Lindström have developed methods to study how traits of flowers influence pollination and yield in different cultivars of faba bean. The overall purpose is to make the faba bean a reliable protein crop and a vegetable alternative to meat in the food production in Sweden. Today, faba bean is mostly grown as a fodder crop in Sweden.

The project was funded by SLU Platform plant breeding.

The size of the flowers, the amount of nectar and the dependence on pollinators are characteristics that vary between different varieties of outcrossing crops. In the project, the researchers measured the differences between the flowers of 13 different cultivars of faba bean, both in greenhouse and outdoors.

The researchers think that it is important to include more ecological aspects in plant breeding. This is for example required to become less dependent on pesticides in agriculture. Studying the crops' interactions with both pests and beneficial insects, is part of that work.

Vårvete anpassat för hårda jordar

Spring wheat adapted to high strength soils

”Vi ser att sorterna som har spetsigare rotspetsar växer snabbare i ett hårt substrat.” Tino Colombi och medarbetarna på SLU och Lantmännen letar efter arvsanlag för snabb rottillväxt med låg energiförbrukning hos vårvete som växer på hårda jordar.

Växtfysiologen Tino Colombi leder ett projekt för att anpassa grödor till att växa bättre på hårda jordar. Tidigare har han, och forskargruppen som han är en del av, sett att det finns vissa egenskaper som gör att rötterna kan växa snabbare i en kompakt jord, och med en lägre åtgång av kolhydrater.

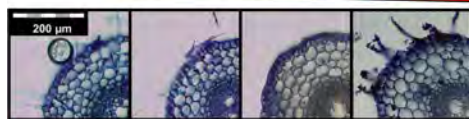
– Rötter med spetsigare rotspetsar växer snabbare i hårt motstånd, och det är egentligen logiskt. Om man hamrar in en spik i trä så går det ju snabbare om spiken är spetsig, säger han.

Ju spetsigare rotspets ...



... desto snabbare rottillväxt.

Ju större celler i rotens cortex ...



... desto lägre energiförbrukning under rottillväxten.

Spetsigare rotspetsar och större celler gör att rötterna växer bättre i hård jord.

Det verkar också som att rötter som har större celler i cortexvävnaden, gör av med mindre energi per millimeter rottillväxt.

– Det är också en viktig egenskap. Om man minskar energiåtgången för rottillväxten så får växten mer kol över till att bilda blad och frön och på så sätt ökar avkastningen.

Målet med just det här projektet, som finansierats av SLU Plattform växtförädling, är att karaktärisera ett antal vårvetesorter.

– Vi arbetade tillsammans med vårveteförädlare på Lantmännen och försöker identifiera mönster i genuttryck som ligger bakom olikheterna i rottillväxt i hård mark, säger Tino Colombi.

Tunga maskiner och torka gör jorden hård

Hårda jordar uppstår av främst två orsaker. Den ena är kompaktering till följd av att lantbrukare använder tunga maskiner. Den andra är torka.

– Det kan man se om man glömmer att vattna en växt i en kruka, då blir jorden i krukan hårdare och hårdare, förklarar Tino Colombi.

Den hårda jorden gör att växternas rötter växer långsamt, och det innebär i sin tur att det tar längre tid för växterna att nå vatten och näringsämnen. Det går också åt mer energi för växten att orka tränga igenom den hårda marken.

Forskningen handlar om vete, men Tino Colombi hoppas att kunskaperna även ska gå att tillämpa på andra grödor.

– Eftersom vi är i Sverige jobbar vi med vårvete. I Schweiz, där jag kommer ifrån, jobbade jag med höstvete, men i en annan del av världen skulle det ha kunnat handla om exempelvis majs, säger han.

Samarbete över ämnesgränserna

Tino Colombi arbetar som forskare på Institutionen för mark och miljö vid SLU i Uppsala. Som växtfysiolog bland markvetare har han observerat vissa skillnader i hur forskare från olika fält tänker, och han tror att ett tvärvetenskapligt samarbete är nyckeln till framgång i arbetet med att ta fram nya grödor.

Med i projektet är också Aakash Chawade, forskare vid SLU i Alnarp som är expert på genetiska metoder och storskalig kartläggning av egenskaper, Pernilla Vallenback, växtförädlare hos Lantmännen, och Thomas Keller, professor i markmekanik och jordbearbetning.

– Det händer nog inte så ofta att forskare inom markvetenskap och växtförädlare arbe-

tar tillsammans, så det här projektet är lite unikt på det sättet, säger Tino Colombi.

Som växtfysiolog befinner han sig någons mitt i mellan markvetenskapen och växtförädlingen.

– Växtförädlare vill ha många genotyper i sina försök, för att kunna bekräfta resultat kvantitativt. En markvetare kan bli smått chockad när en förädlare vill screena 2000 växter. Inom ämnet markfysik är approachen mer så att man studerar saker i detalj och drar slutsatser från det. Inom biologin går det inte att tillämpa samma approach, eftersom det finns så många olika interaktioner som vi inte kan greppa på samma detaljerade nivå. Vi behöver kombinera båda angreppssätten för att förstå hur växter växer i hårda jordar och, i slutändan, förbättra grödornas kapacitet.



Forskaren Tino Colombi vill anpassa grödor till att växa bättre på hårda jordar.

Pilotprojekt ledde till ett större projekt

Än så länge har forskarna testat ett tiotal kommersiella vårvetesorter ur Lantmännens sortiment i projektet.

– Vi har tittat på “naturlig” variation, det vill säga, vi jobbar inte med mutanter, säger Tino Colombi.

De har gjort sina experiment på labb och använt små unga plantor, som inte hunnit få några blad, bara tre rötter som är cirka två centimeter långa.

– På så sätt kan vi observera vad som händer utan att behöva ta hänsyn till energin som kommer från bladens fotosyntes.

Forskarna som samarbetar i projektet har fått ytterligare finansiering, från forskningsrådet Formas och Lantmännens forskningsstiftelse, för att fortsätta med studierna i ett större projekt.

– Det är jätteroligt och en stor bonus med det här lilla pilotprojektet, säger Tino Colombi.

I det större projektet ska de titta på fler sorter av vårvete, med en bredare variation. Då kan de hitta synergier mellan olika egenskaper som tillåter snabb rottillväxt och använder mindre energi.

– Vi ska också skala upp forskningen och se om vi ser samma effekter på hårda och torra jordar ute i fält, som vi sett i våra kontrollerade experiment på labbet.

Sammanfattning

I projektet *Growing fast at minimum costs – Transcriptome profiling in spring wheat roots growing in high strength soil* har Tino Colombi, Aakash Chawade, Pernilla Vallenback och Thomas Keller studerat hur bra olika vårvetesorter från Lantmännen växer i hård jord.

De har sett att spetsiga rotspetsar och stora celler i rötternas cortexvävnad gör att rötterna växer snabbare och med lägre energiåtgång i hårda jordar, och nu vill de se om det går att knyta uttrycket av specifika arvsanlag hos vetesorterna, till dessa rotegenskaper.

Forskarna genomför projektet med stöd från SLU Plattform växtförädling.

Hårda jordar uppstår under perioder av torka eller till följd av att jorden blir kompakt vid användning av tunga maskiner. Sorter av grödor som är anpassade till hård mark kan bidra till att förbättra växternas tillväxt på torra och kompakta jordar och på så sätt ge högre avkastning.

Forskarna som samarbetar i projektet har fått ytterligare finansiering, från forskningsrådet Formas och Lantmännens forskningsstiftelse, för att fortsätta med studierna i ett större projekt.

Summary

In the project *Growing fast at minimum costs – Transcriptome profiling in spring wheat roots growing in high strength soil*, Tino Colombi, Aakash Chawade, Pernilla Vallenback and Thomas Keller have studied how well a number of spring wheat varieties from Lantmännen grow under high soil strength.

They have seen that pointy root tips and large cells in the roots' cortex tissue make the roots grow faster and with lower energy cost in high strength soils, and now they want to see if it is possible to link the expression of specific genes in the wheat cultivars to these root traits.

The project gets funding from SLU Platform Plant Breeding.

High soil strength occurs during periods of drought or due to soil compaction caused by the use of heavy machinery. Varieties that are adapted to high strength soils can contribute to improved plant growth on dry and compacted soil and thus higher crop yields.

The researchers who collaborate in this project have received additional funding, from the Research Council Formas and the Lantmännen Research Foundation, to continue their studies in a larger project.

Sjukdomsresistent och klimat-anpassade äppelsorter

Disease resistant and climate adapted apple varieties

SLU Plattform växtförädling har finansierat två projekt som handlar om äpple. I det ena vill forskarna veta vad som händer när träden försvarar sig mot fruktträdsräkta och i det andra handlar det om att få grepp om äppelträdens förmåga att gå i vintervila.

Det finns en stor genetisk variation bland olika äppelsorter, och mycket kvar att upptäcka i denna mångfald. Variationen ger äppelförädlare möjligheter att förbättra fruktträden vad gäller egenskaper som exempelvis har att göra med motståndskraft mot sjukdomar eller anpassning till odling på olika platser. Klimatförändringar ändrar förutsättningarna för äppelodling, och det är troligt att vi behöver nya sorter som är anpassade för nya förhållanden i framtiden.

Motståndskraft mot fruktträdsräkta

Larisa Gustavsson, forskare vid SLU i Alnarp, studerar hur äppelträd försvarar sig mot fruktträdsräkta - den förödande sjukdomen som orsakas av svampen *Neonectria ditissima*. Tillsammans med Malin Elfstrand och Kerstin Dalman, som båda är forskare vid SLU i Uppsala, har hon utvecklat ett nytt koncept för att angripa problemet.

– Vi tittar närmare på skillnaderna mellan äppelsorter som är resistent och mottagliga, specifikt på *metabolitnivå*, förklarar hon.

Med hjälp av ett mikroskop för laserscanning har de letat upp den precisa zonen som trädet bildar för att försvara sig mot svampen. De har skurit ut celler från exakt den vävnaden i barken som är mest intressant.

Nu ska de undersöka vad trädet har för



Larisa Gustavsson

organiska föreningar i försvarszonen och jämföra cellprover från äppelträd med olika grad av motståndskraft eller mottaglighet för svampsjukdomen. Det kommer de att göra i samarbete med forskare på det norska institutet för bioekonomi, Nibio, och forskare på Institutionen för växtskyddsbiologi vid SLU i Alnarp.

Forskarna hoppas att analyserna av de olika metaboliterna i proverna ska ge ny kunskap om mekanismerna bakom varför vissa äppelträd har ett snabbare och effektivare försvar mot svampen än andra. Vad händer när trädet anlägger sin skyddsbarriär? Och vilka ämnen i vävnaden är nödvändiga för att ge trädet motståndskraft?

Som så ofta när man ska använda en metod som är ny för en viss gröda, handlar det till att börja med om att anpassa metoden - att få laserscanningen och analyserna att fungera med äpple.

- Vi har haft en postdok, Firuz Odilbekov, som gjort mycket av det praktiska arbetet så här långt, säger Larisa Gustavsson.

Hon tycker att det är mycket givande att samarbeta med forskare från andra fakulteter, universitet och institut.

- Äpple är en jämförelsevis liten gröda. Vi som forskar om frukt och bär, och trädgård generellt, behöver samarbeten, dels med SLU:s skogsfakultet och dels internationellt för att överleva som forskare.

DNA-test visar om träd har frukt-trädskrafta

Larisa Gustavsson och hennes medarbetare har utvecklat en metod för att mäta närvaron av *Neonectria ditissima* i äppelträd. Man tar ett prov från barken där det finns sår, och analyserar om det innehåller spår av patogenens DNA.

- Vi har även testat att använda samma metod för att detektera patogenen i frukt och det visade sig fungera bra. Fruktträdskraftan är ju nämligen ett problem även i fruktlager, inte bara i odlingen. Alla är inte medvetna om hur utbrett problemet med den här sjukdomen är, och ibland kan symtomen vara otydliga, säger Larisa Gustavsson.

Metoden fungerar klockrent för att bekräfta att det är fruktträdskrafta hos träd och frukter med vaga symtom. Men det går inte att detektera svampen innan symtomen brutit ut.

Internationellt samarbete om äpplets genetik

Larisa Gustavsson och kollegorna vid SLU i Alnarp har under flera år samarbetat med andra forskargrupper i EU-projektet Fruitbreedomics. Även om det stora EU-projektet tagit slut fortsätter flera samarbeten kring att hitta genetiska markörer för olika egenskaper.



Jonas Skytte af Sättra

- Vi är ett stort antal forskare som hjälps åt att kartlägga detaljer i äpplets arvs massa. Vi studerar till exempel diversitet och släktskap bland äppelsorterna i Europa och hur genetik styr blomning och mognad.

Jonas Skytte af Sättra är doktorand i Larisa Gustavssons forskargrupp. Han jobbar vidare med att förbättra den genetiska kartan över äpplegenomet som Larisa och medarbetarna i Fruitbreedomics påbörjade.

- Det är ett projekt som finansieras av SLU Groggrund. Vi vill implementera ett så kallat *breeding by design*-koncept i det svenska äppelförädlingsprogrammet. Det betyder att man utnyttjar genomiken för att identifiera och använda potentialen i förädlingsmaterialet. Och det handlar om väldigt många olika egenskaper, men jag tittar mest efter källor för resistens mot fruktträdskrafta och egenskaper som relaterar till invintring och hårdighet, säger Jonas Skytte af Sättra.

Ett av de övergripande målen för äppelförädlingen i Sverige är att göra det möjligt att expandera odlingen i mellersta och norra Sverige.

Hur vet äppelträd när de ska gå i vintervila?

Äppelträd känner av när temperaturen blir lägre på hösten. På så sätt vet de att det är dags att sluta växa och gå i vila. Men vad är det för signaler som styr denna respons, inne i trädet?

Det finns olika strategier för att följa årsrytmen, bland trädarter. Hybridaspnen känner av vinterns ankomst på att dagarna blir kortare. Uttrycket av ett antal gener sjunker i hybridaspnen som svar på de förkortade perioderna med ljus.

Forskarna Li-Hua Zhu, professor vid SLU i Alnarp och Rishi Bhalerao, professor vid SLU i Umeå, ville ta reda på om motsvarande gener är involverade i vilan hos äppelträd som regleras av temperatur. I ett projekt finansierat av SLU Plattform växtförädling tog de fram genetiskt modifierade äppelplantor som överuttrycker generna av intresse. Överuttrycket gör att generna inte kan regleras ner av låg temperatur. Vad hände då med trädens förmåga att sluta växa och gå in i vila?

Rishi Bhalerao och hans medarbetare utförde analysen av de modifierade trädens respons.

– Resultatet blev inte det vi väntade oss. Modifieringen gav ingen effekt. Växterna som överuttrycker generna reagerar på samma sätt som de vanliga plantorna, säger han.

Det kan vara tråkigt att få negativa resultat i sina experiment, men det kan också vara intressant.

– Det här resultatet öppnar upp nya möjligheter. Det pågår något annat än vad vi trodde i äppelplantorna och det är jättespännande, säger Rishi Bhalerao.

Forskarna testade också vilken roll växthormonet abskisinsyra spelar i äppelträdens förmåga att avsluta tillväxtperioden och gå in i vila, men inte heller det visade några skillnader mellan vanliga äppelplantor och plantor som modifierats till att vara okänsliga för hormonet.

– Äpple betar sig alltså annorlunda jämfört med hybridasp. De två arterna verkar ha olika



Rishi Bhalerao



Li-Hua Zhu. Foto: Viktor Wrangé

mekanismer som respons på de olika signalerna *ljus* och *temperatur*, säger Rishi Bhalerao.

Rishi Bhalerao är expert på skogsträdens tillväxtperioder och vintervila. Att jobba med äpple var nytt för honom. Li-Hua Zhu har däremot lång erfarenhet av att studera äppelträd ur olika perspektiv.

Li-Hua Zhu och hennes medarbetare i Alnarp tog fram de genetiskt modifierade äppelplantorna. Modifieringarna resulterade i växter med ett förändrat uttryck av de utvalda generna, och hade generna varit involverade i äppelträdens vintervila, så hade forskarna märkt det i sin analys.

– Bland olika arter som jag arbetat med fungerar den transgena approachen allra bäst i äpple. Det går snabbt att få fram genetiskt modifierade äppellinjer, och eftersom de sedan förökas vegetativt behöver man inte tänka så mycket på korsningar och uppförökning som man behöver göra med genetiskt modifierade grödor som propageras via frön, säger Li-Hua Zhu.



Forskarna använder små äppelplantor för att ta reda på vilka gener som reglerar trädens vila.

Forskarna satte plantorna i 10°C och observerade hur lång tid det tog för dem att sluta växa. De räknade också hur många dagar det tog för växterna att börja bilda skott efter vilan.

Fruktträd behöver ofta en dos låg temperatur för att kunna bryta vintervilan.

– Med klimatförändringar på många platser i världen, exponeras inte träd för tillräckligt mycket låg temperatur. Som ett resultat av det bryts inte vilan på ett bra sätt och fruktsättningen kan bli låg eller dåligt synkroniserad. Det har man exempelvis sett i fruktodlingar i Kalifornien. Ur det perspektivet är det viktigt att veta hur vila regleras och hur temperatur kontrollerar det, förklarar Rishi Bhalerao.

Sammanfattning

I projektet *Resistance to *Neonectria ditissima* in apple: coming closer to understanding the specific mechanisms through micrometabolic profiling* studerar Larisa Gustavsson, Kerstin Dalman, Malin Elfstrand och Firuz Odilbekov hur äppelträd försvarar sig mot fruktträdskräfta, på metabolitnivå.

Med hjälp av laserscanning och metabolomik undersöker de mekanismerna bakom varför vissa äppelsorter har effektivare motståndskraft mot svampsjukdomen än andra. De har skurit ut celler från trädets försvarszon och ska ta reda på vad det finns för organiska föreningar i dessa prover.

Larisa Gustavsson har utvecklat en metod för att mäta närvaron av svampen *Neonectria ditissima* i äppelträd och frukter. Man tar ett prov från barken eller frukten och analyserar om det innehåller spår av patogenens DNA.

Forskarna vid SLU i Alnarp arbetar med att förbättra den genetiska kartan över äpplets arvs massa. De vill implementera *breeding by design*-konceptet i det svenska äppelförädlingsprogrammet, det vill säga utnyttja genomiken för att identifiera och använda potentialen hos äppelsorterna.

I projektet *Molecular analysis of temperature mediated control of growth cessation in apple*

har forskarna Li-Hua Zhu och Rishi Bhalerao studerat mekanismerna som gör att äppelträd slutar växa och går i vila inför vintern.

Hos hybridasp sjunker uttrycket av vissa gener, som svar på att dagarna blir kortare på hösten. Forskarna ville ta reda på om motsvarande gener är involverade i den temperaturreglade vilan hos äppelträd. De tog fram genetiskt modifierade äppelplantor som överuttrycker generna av intresse, men modifieringen gav ingen effekt.

Forskarna testade också vilken roll växthormonet abscisinsyra spelar i äppelträdets förmåga att avsluta tillväxtperioden och gå in i vila, men inte heller det visade några skillnader mellan vanliga äppelplantor och plantor som modifierats till att vara okänsliga för hormonet.

Slutsatsen är att äpple och hybridasp verkar reagera med olika mekanismer på sjunkande temperatur respektive kortare dagar.

Summary

In the project *Resistance to Neonectria ditissima in apple: coming closer to understanding the specific mechanisms through micrometabolic profiling*, Larisa Gustavsson, Kerstin Dalman, Malin Elfstrand and Firuz Odilbekov study how apple trees defend themselves against fruit tree canker, at the metabolite level.

Using laser scanning and metabolomics, they investigate the mechanisms behind why some apple cultivars have a more effective resistance to the fungal disease than others. They have cut out cells from the tree's defense zone and are about to find out what organic compounds are present in these samples.

Larisa Gustavsson has developed a method for measuring the presence of the fungus *Neonectria ditissima* in apple trees and fruits. A sample is taken from the bark or fruit and analyzed for the pathogen's DNA.

The researchers at SLU in Alnarp are working to improve the genetic map of the apple's genome. They want to implement the breeding by design concept in the Swedish

apple breeding program, *i.e.* apply the genomics approach to identify and use the potential of the apple cultivars.

In the project *Molecular analysis of temperature mediated control of growth cessation in apple*, the researchers Li-Hua Zhu and Rishi Bhalerao have studied the mechanisms that cause apple trees to terminate growth and establish dormancy prior to winter.

In hybrid aspen, the expression of certain genes decreases, in response to shorter days in the autumn. The researchers wanted to find out if corresponding genes are involved in the temperature-regulated dormancy of apple trees. They generated genetically modified apple plants that overexpress the genes of interest, but the modification had no effect.

The researchers also tested the role of the plant hormone abscisic acid in the ability of apple trees to end the growth period and go to rest, but they didn't see any differences between normal apple plants and plants modified to be insensitive to the hormone.

The conclusion is that apple and hybrid aspen seem to react with different mechanisms to falling temperatures and shorter days, respectively.

Förbättrad potatis med genomredigering av metabolism och återvinningsmekanism

Genome editing of metabolic and recycling pathways for potato improvement

I labbet på SLU i Alnarp har forskarna kommit så långt i utvecklingen av genomredigeringstekniken CRISPR/Cas9 att den kan betraktas som en finslipad växtförädlingsmetod. SLU Plattform växtförädling finansierar två projekt som handlar om att skapa mutationer och på så sätt stimulera eller begränsa olika processer i potatis.

Tack vare att SLU Plattform växtförädling utlyste medel för samarbeten över universitetets fakultetsgränser, kunde forskare på Institutionen för växtbiologi vid SLU i Uppsala och forskarna som utvecklar metoderna för genomredigering av potatis, på Institutionen för växtförädling vid SLU i Alnarp, starta projekt tillsammans. Projektet handlar om att reducera halterna av giftiga ämnen, glykoalkaloider, i stärkelsepotatisens proteinfraktion, och om att få fram bättre potatissorter genom att stimulera potatiscellernas återvinningsystem, autofagi.

De giftiga glykoalkaloiderna

Om det inte hade varit så att giftiga glykoalkaloider hamnar i samma rest-fraktion som proteiner i samband med utvinning av potatisstärkelse, så hade potatisproteiner lätt kunna bli en livsmedelsprodukt parallellt med stärkelsen.

Med hjälp av genomredigeringstekniken vill forskarna se om det går att begränsa mängden glykoalkaloider i stärkelsepotatisen och på så sätt göra det möjligt att använda potatisproteinerna som ett livsmedel.

Folke Sitbon är professor i växtfysiologi vid SLU i Uppsala. Han studerar hur glykoalkaloider bildas. I projektet finansierat av SLU



Folke Sitbon Foto: Johanna Ankarcrona

Plattform växtförädling har han och Mariette Andersson, docent i växtbioteknik vid SLU i Alnarp, försökt minska aktiviteten av en gen som behövs för att bilda glykoalkaloider i potatis.

– Det här är ett slags *proof of concept* för att visa att metoden fungerar, säger Folke Sitbon.

Tack vare ytterligare finansiering från forskningsrådet Formas och SLU Grogrund har de kunnat utvidga forskningen för att studera även andra gener involverade i glykoalkaloid-syntesen.

De har också breddat sin approach till att försöka minska halten glykoalkaloider i olika hög grad. Det kan vara bättre för växternas överlevnad om biosyntesen av de här och andra organiska föreningar i samma metabolism inte slås ut helt och hållet.

Glykoalkaloider i stärkelsepotatis

Det är okänt hur höga halterna av glykoalkaloider är bland sorter av *stärkelsepotatis*. Det har liksom inte spelat så stor roll, eftersom man inte äter knölnarna från dessa sorter. Men om man vill använda proteinerna från plantorna som livsmedel blir halterna plötsligt intressanta. Därför har forskarna i projektet analyserat ett antal sorter för att få en bild av vilka basalnivåer det handlar om.

– Nästan all tidigare forskning om glykoalkaloider har gjorts i matpotatis. Det vi ser nu är att det verkar finnas mer glykoalkaloider i stärkelsepotatis än i matpotatis, säger Folke Sitbon.

De jämförde tretton stärkelsepotatissorter med fem matpotatissorter, och de nio med högst glykoalkaloidhalt var alla stärkelsepotatissorter.

– Nu går vi vidare och tittar på det här under flera år. Precis nu analyserar vi år två och har planterat knölar för år tre. Efter det tror jag att vi kommer ha en god grund för att kunna säga hur det ligger till, säger Folke Sitbon.

Samarbete över fakultetsgränserna

Mariette Andersson och docent Per Hofvander har med sitt team i Alnarp implementerat gensaxen CRISPR/Cas9, som upptäcktes för snart tio år sedan, och förfinat metoden för potatis. De har bland annat tagit fram genomredigerad potatis med förbättrat stärkelseinnehåll för olika tillämpningar inom livsmedelsindustrin.

– Folke och jag kom i kontakt tack vare att vi hade en gemensam slutprodukt i sikte, att tillgängliggöra högnutritionellt potatisprotein för livsmedelsanvändning. Vi hade dock olika angreppssätt. Jag började titta på potatisproteinerna och Folke på glykoalkaloiderna, som båda hamnar i samma sidoström i stärkelseproduktionen. Det är svårt att få proteinerna tillräckligt rena för att de ska gå att använda till livsmedel, och vi funderade på olika sätt att lösa det problemet. Folke hade



Mariette Andersson Foto: Viktor Wränge

sedan tidigare studerat hur man kan stänga av biosyntesen av glykoalkaloider, fast i matpotatis, och på en mer grundläggande forskningsnivå, medan jag funderat på hur vi kan göra proteinerna mer stabila för att klara av att utvinna, säger Mariette Andersson.

Folke Sitbon och hans medarbetare har även gjort korsningar mellan stärkelsepotatis och matpotatis.

– Första generationen av korsningarna odlades ute i jord nu i somras, och vi ska analysera innehållet av proteiner, glykoalkaloider och stärkelse i dessa, liksom mer fysiologiska aspekter som utbyte och knölsättning, säger han.

Redigering av potatisens autofagi

Autofagi är cellernas nedbrytnings- och återvinningssystem. Cellerna gör sig av med beståndsdelar som de har för mycket av, som är giftiga eller på annat sätt oönskade. Beståndsdelarna bryts ner och återvinns som energi och byggstenar för nya molekyler. Auto betyder "själv" och fagi betyder "äta", så autofagi betyder "självätande" och det är ett fenomen som finns hos alltifrån jästceller till växter och djur.

Daniel Hofius, Per Hofvander och deras kollegor vid SLU i Uppsala och Alnarp studerar effekten av att modifiera potatisens autofagisystem. De vill veta om det går att öka skörden och förbättra toleransen mot stress på det sättet.

Forskarna använder gensaxen CRISPR/Cas9 för att redigera potatisens uttryck av några gener som är av betydelse för autofagi.

Sedan tidigare känner man till att modellväxten *Arabidopsis* får ökad biomassa, ökad fröproduktion, bättre stresstålighet och motståndskraft mot sjukdomar om man stimulerar dess autofagi.

Strategin i det här projektet, som finansieras av SLU Plattform växtförädling är att ta fram potatisplantor med antingen ökad eller minskad autofagi och sedan karaktärisera dessa.

Daniel Hofius är professor vid SLU i Uppsala, och han koordinerar projektet.

– I min grupp handlar forskningen vanligtvis om fundamentala grundläggande biologiska frågor. Vi studerar hur sjukdomar går till attack mot växter, hur växterna reagerar på det och vad som gör vissa växter immuna mot sjukdomar. I det sammanhanget är vi speciellt intresserade av dels programmerad celldöd, som växterna tillämpar för att begränsa infektioner, och dels autofagi, berättar han.

Det allra första man visste om autofagi var att processen fungerar som en respons på svält hos jästceller. Cellerna aktiverar autofagi när det är brist på näring i miljön, genererar energi och biosyntetiska byggstenar, till exempel aminosyror, genom att bryta ner cellkomponenter och kan på så sätt överleva under stränga förhållanden.

Identifieringen av de molekylära mekanismerna bakom autofagi var den huvudsakliga orsaken till att 2016 års Nobelpris i fysiologi eller medicin tilldelades japanen Yoshinori Oshumi.

– Vad som inte kommunicerades så mycket då, var att pristagaren också var en av pionjärerna i att identifiera dessa mekanismer i



Daniel Hofius Foto: Jacob Hofius

växter, säger Daniel Hofius.

Forskare har förstått att autofagi kan ha med programmerad celldöd att göra. Men det finns olika åsikter om huruvida autofagi skyddar mot, eller bidrar till, celldöd.

– Vi har tidigare upptäckt att autofagi kan bidra till växters immunitet mot sjukdomar genom att bryta ner viruspartiklar som tagit sig in i cellerna. Därför betraktar vi autofagi som ett reningssystem med vilket celler försöker göra sig av med allt som är skadligt, sådant som ackumuleras under stressförhållanden, och organeller som blivit skadade och behöver ersättas, säger Daniel Hofius.

Nu vill han ta reda på om kunskaperna från experimenten med modellväxten *Arabidopsis* går att använda i växtförädling av grödor.

Till sin hjälp har Daniel Hofius forskarna Per Hofvander och Mariette Andersson vid SLU i Alnarp.

Per Hofvander är expert på genetisk modifiering av grödor med komplex arvs massa.

– Det vår forskargrupp bidrar med i det här projektet är metoderna för att göra mutationer i potatisens gener och kunskaper om potatisens genetik. Vi föreslår strategier för



Per Hofvander Foto: Anna Lehrman

genomredigeringen baserat på de biologiska frågorna som Daniel vill utforska, säger han.

Än så länge har approachen varit att introducera mutationer i potatis, så att växten förlorar funktionen av vissa gener. Några av de viktigaste generna för autofagi regleras ner av andra gener. Man kan mutera generna som begränsar autofagin, men den typen av reglerande gener har ofta andra funktioner parallellt, vilket betyder att helt andra egenskaper kan påverkas.

– Det kan också vara så att autofagin bara stimuleras under vissa miljöförhållanden. Vi skulle kunna göra förändringar i potatisen så att autofagin sker mer konstitutivt, det vill säga hela tiden, under alla förhållanden. Även om vi tror att autofagi har positiva effekter på olika odlingsmässigt viktiga egenskaper, undrar vi om det gäller för växtens hela livscykel. Förutom skördenivåer och stresstolerans, hur påverkar autofagi potatisens kvalitet, vintervila, stärkelse och så vidare? Det är sådant vi också behöver tänka på, säger Daniel Hofius.

Per Hofvander håller med.

– Vi kan förändra uttrycksmönstret av generna som styr autofagi med hjälp av CRISPR/Cas9. Det skulle kunna hjälpa oss att lista ut hur vi ska gå vidare med det här, säger han.

Sammanfattning

I projektet *Lowered glycoalkaloid levels in starch potatoes for a sustainable use of starch by-products* studerar Folke Sitbon och Mariette Andersson om det går att begränsa mängden giftiga glykoalkaloider i stärkelsepotatis och på så sätt göra det möjligt att använda proteiner, som är en biprodukt i stärkelseframställningen, som livsmedel.

Det är sedan tidigare okänt hur höga halterna av glykoalkaloider är bland sorter av stärkelsepotatis. En första analys antyder att stärkelsepotatissorterna har högre halter än matpotatissorter.

Forskarna har även korsat stärkelse- och matpotatissorter och ska undersöka innehållet av proteiner, glykoalkaloider och stärkelse i knölar från dessa korsningar.

I projektet *Development and utilization of CRISPR/CAS9 technology to modulate autophagy for improvement of productivity and stress tolerance in potato* studerar Daniel Hofius, Per Hofvander, Mariette Andersson och Anders Hafrén hur en modifiering av potatiscellernas återvinningssystem påverkar plantornas egenskaper.

De vill veta om det går att öka skörden och förbättra toleransen mot stress och sjukdomar hos potatis på det sättet. Sedan tidigare känner man till att modellväxten Arabidopsis får ökad biomassa, ökad fröproduktion, bättre stresstålighet och motståndskraft mot sjukdomar om man stimulerar dess autofagi.

Strategin i det här projektet, som finansieras av SLU Plattform växtförädling, är att ta fram genomredigerade potatisplantor med antingen mindre eller mer autofagi och sedan karaktärisera dessa.

Summary

In the project *Lowered glycoalkaloid levels in starch potatoes for a sustainable use of starch by-products*, Folke Sitbon and Mariette Andersson study whether it is possible to decrease the amount of toxic glycoalkaloids in starch potatoes and thus enable an alimentary use of tuber proteins, a by-product in the starch production.

It is previously unknown how high the levels of glycoalkaloids are among the starch potato cultivars. A first analysis suggests that these cultivars have higher levels of glycoalkaloids than cultivars developed for tuber consumption.

The researchers have also crossed starch potato cultivars with table potato cultivars, and they will investigate the content of proteins, glycoalkaloids and starch in the tubers from the progenies.

In the project *Development and utilization of CRISPR/CAS9 technology to modulate autophagy for improvement of productivity and stress tolerance in potatoes*, Daniel Hofius, Per Hofvander, Mariette Andersson and Anders Hafrén study how a modification of the recycling system in potato cells affects the traits of the plants.

They want to know if it is possible to increase the yield and improve the tolerance to stress and diseases in potatoes in that way. It has previously been found in the model plant *Arabidopsis* that stimulation of autophagy results in increased biomass and seed production, as well as better stress tolerance and resistance to diseases.

The strategy in this project, which is funded by SLU Platform Plant Breeding, is to produce gene edited potato plants with either less or more autophagy and then characterize these plants.

På jakt efter raps och rybs som växer bäst med snälla bakterier

Searching for rapeseed and turnip rape that grows best with favorable bacteria

”Med hjälp av primära och sekundära metaboliter från rötterna kan växter skrämman bort patogener och locka till sig gynnsamma mikroorganismer.” Johan Meijer och Thomas Moritz undersöker hur metaboliter från olika raps- och rybssorter påverkar växternas stresstålighet och symbios med bakterier.

En växt använder ungefär tio till fyrtio procent av kolet som assimileras i fotosyntesen, till att bilda ämnen som utsöndras via rötterna. Varför då? Och hur gynnar det växten?

I ett projekt finansierat av SLU Plattform växtförädling undersöker Johan Meijer, professor vid SLU i Uppsala och Thomas Moritz, professor vid SLU i Umeå, vad det är för ämnen i rotexudaten och om det finns skillnader mellan olika sorter av oljegrödorna raps och rybs.

Johan Meijer och hans forskargrupp har studerat symbiosen mellan växternas rötter och bakterier i över 25 år.

Han har en vision om att det ska gå att saluföra raps- och rybsfrön som är betade med sporer från bakterierna som de identifierat.

– Vi har testat många olika bakterier, men på senare år har det kokat ner till att vi bara jobbar med några stammar från *Bacillus*-släktet, som vi tycker fungerar bäst, förklarar han.

Det ettåriga projektet som finansierats av SLU Plattform växtförädling går ut på att hitta egenskaper som gör att vissa raps- och rybssorter passar extra bra för en sådan betning. Forskarna vill undersöka om det går att förädla växter så att de blir mer attraktiva för gynnsamma mikroorganismer. Det vill säga ta fram sorter som producerar rotexudat som har en perfekt profil för rätt sorts bakterier.

– Om kemin stämmer överens så kan bak-

terierna antingen sätta sig utanpå eller inne i rötterna och stimulera tillväxten så att växten utvecklar ett större rotsystem. Vi tänker oss att det här gör växten mer robust. Det kan öka avkastningen samtidigt som toleransen mot stress ökar, förklarar han.

Som betalning får mikroorganismerna första tjing på att förbruka de olika organiska föreningarna som finns bland de utsöndrade ämnena.

Exudaten från rötterna innehåller både primära metaboliter (som är helt nödvändiga för växtens överlevnad), sekundära metaboliter (som växten kan producera som svar på stimulanser från omgivande faktorer) och restprodukter.

– Växten försöker skrämman bort patogener och locka till sig gynnsamma mikroorganismer. Det handlar också om ämnen som kan förbättra upptaget av mineraler, förklarar Johan Meijer.

Ofta bäddar bakterierna in sig i en biofilm utanpå rötterna. Det gör att andra mikroorganismer inte kommer åt växten.

Johan Meijers forskargrupp har studerat rötternas tillväxt och graden av bakteriekolonisering hos både höst- och vårsorter av oljegrödorna. De har också testat hur bra sorterna tål köld och torka.

– Vi utsatte unga plantor, som hade fått cirka tre blad, för froststress eller torka. I odlingskammaren försökte vi efterlikna de frostknäppar och torrperioder som vår- och höstutsäde kan råka ut för i fält i mars eller september då de är som mest känsliga.

De såg en stor variation i tillväxt, stresstolerans, rotstruktur och hur växterna svarar på kolonisering av bakterier.

Johan Meijer och medarbetarna i Uppsala har tagit massor av prover som de skickade till



Rotutvecklingen varierar mellan olika rapssorter. Rotstrukturen påverkas av jordbakterier som stimulerar utveckling av sekundärrötter och rothår vilket i sin tur gynnar näringsupptaget.

Thomas Moritz, som är expert på att analysera metaboliter i biologiska prover. Tillsammans vill de se om det går att koppla egenskaperna hos rötterna till innehållet av olika organiska föreningar i rotexudaten.

– Vi har satt upp själva metodiken men vi har inte gjort klart analyserna än, säger Thomas Moritz.

Inom metabolomiken behöver man anpassa metoderna efter vilken typ av prover det är som ska analyseras.

– I det här fallet är det ju rotexudat vi stude-

rar, och även om vi vill analysera så brett som möjligt är inte alla ämnen i proverna lika intressanta. Vi har bland annat behövt kalibrera in hur mycket av ett prov vi kan analysera för så bra resultat som möjligt på instrumenten, säger Thomas Moritz.

Nu har forskarna i projektet en grannlaguppbyggd att se vad som korrelerar med vad.

– Det är en bra kombination att köra studier av metaboliter mot fenotypning, alltså kartläggning av egenskaper. Vi skulle även kunna köra det hela mot genotypning,

alltså titta på vilka arvsanlag som är inblandade, men vi hade inte de resurserna i det här pilotprojektet, säger Johan Meijer.

Dessutom finns det både linjer och hybrid sorter från olika företag med i försöksmaterialet.

– Om vi skulle göra genetiska studier skulle vi helst ha ett material där vi gjort tydliga korsningar och återkorsningar, för att kunna se någon strikt korrelation mellan egenskaper och DNA.

Sammanfattning

I projektet *Identification of root traits that support rhizobacterial mediated growth stimulation and stress tolerance of oil crops* studerar Johan Meijer, professor vid SLU i Uppsala och Thomas Moritz, professor vid SLU i Umeå, vad det finns för metaboliter i exudat som utsöndras från rötterna hos olika sorter av raps och rybs.

De vill undersöka om det går att förädla växter så att de blir mer attraktiva för de gynnsamma mikroorganismer som finns i miljön kring rötterna, och mindre attraktiva för patogener. De vill också se om det finns organiska föreningar i rotexudaten som går att koppla samman med en mer robust tillväxt, ökad avkastningen och tolerans mot köld och torra hos oljegrödorna.

Projektet har finansierats av SLU Plattform växtförädling.

När forskarna studerade de olika sorterna av raps och rybs såg de en stor variation i tillväxt, stresstolerans, rotstruktur och hur växterna svarar på kolonisering av bakterier.

Analyser av prover från rötterna kommer att visa om det också finns några viktiga skillnader vad gäller vilka organiska föreningar som utsöndras från de olika sorterna och om det korrelerar med de önskvärda egenskaperna.

Summary

In the project *Identification of root traits that support rhizobacterial mediated growth stimulation and stress tolerance of oil crops*, Johan Meijer, professor at SLU in Uppsala and

Thomas Moritz, professor at SLU in Umeå, study what kind of metabolites that are present in exudates secreted from the roots of various cultivars of rapeseed and turnip rape.

They want to investigate whether it is possible to breed for plants that are more attractive to the favorable microorganisms present in the environment around the roots, and less attractive to pathogens. They also want to see if there are organic compounds in the root exudates that can be linked to a more robust plant growth, increased yields and tolerance to cold and drought among the oil crop cultivars.

The project has been financed by SLU Platform Plant Breeding.

When the researchers studied the cultivars of rapeseed and turnip rape, they saw a large variation in growth, stress tolerance, root structure and how the plants respond to the colonization of bacteria.

Analyzes of samples from the roots will show if there are any important differences in which organic compounds are secreted from the different cultivars, and if it correlates with the desired traits.



Johan Meijer forskar om hur metaboliter från rötterna hos rybs och raps påverkar symbiosen med mikroorganismer.

Genetiska verktyg mot potatismopptoppviruset

Genetic tools against the potato mop-top virus

”Vi ser att det sker en stor förändring i uttrycket av potatisens gener, när mopptoppviruset förökar sig i cellerna.” Eugene Savenkov och hans medarbetare letar efter svar som kan hjälpa förädlare att ta fram virusresistenta potatissorter.

Potatismopptoppviruset (PMTV) orsakar en sjukdom som förstör potatisknölarnas kvalitet. Knölnarna får bruna bågmönster och ringar i köttet och det behövs bara att några procent av en skörd har dessa symptom för att den ska bli osäljbar. Viruset orsakar också färgförändringar i bladverket i form av gula fläckar eller mönster.

Eugene Savenkov forskar om virus och växter vid SLU i Uppsala. Han leder ett projekt där han och medarbetarna jämför hur starkt olika gener kommer till uttryck i virusinfekterade och friska potatisplantor.

– Vi vill veta vilka mekanismer i växten som aktiveras eller tystas ner av viruset. Målet är att förse växtförädlare med genetiska resurser och verktyg, i form av kunskaper om potatisens gener, för att hitta motståndskraft mot potatismopptoppviruset, förklarar han.

Växtens reaktion på virusinfektion

När viruset förökar sig i cellerna hos värdväxten verkar det ske en ganska stor förändring i uttrycket av växtens gener.

Växter försvarar sig mot virus genom att känna igen och klippa sönder virusets RNA-molekyler. Viruset kan i sin tur underminera växtens försvar genom att producera proteiner som kommer emellan viruset och växtens försvarsmekanism.

Eugene Savenkov och hans kollegor har identifierat ett sådant protein hos potatis-



Eugene Savenkov forskar om hur virus infekterar växter.

mopptoppviruset som de kallar ”8K” (för att det är ett litet protein med en storlek på endast åtta kilodalton).

– När vi modifierar viruset, genom att ta bort genen för 8K, så kan det ändå infektera växten, men infektionen blir fördröjd och färre viruspartiklar ackumuleras, säger Eugene Savenkov.

I och med det särdraget hos det muterade viruset har forskarna kunnat jämföra uttrycksmönstret av gener hos plantor som infekterats med det vanliga viruset och plantor som infekterats av viruset som saknar 8K-proteinet.

– Det hjälper oss att förstå vilka försvarsmekanismer viruset ger sig på, speciellt med hjälp av sitt 8K-protein.

Analys av data

Forskaren Ramesh Vetukuri och hans medarbetare vid SLU i Alnarp är också med i projektet. De analyserar de stora mängderna sekvensdata, som kommer från RNA-profil-analyserna.

När en cell uttrycker en viss gen producerar den RNA-molekyler med gens DNA som mall. Genom att ta reda på förekomsten av olika RNA-sekvenser kan forskarna se vilka gener som uttrycks och hur mycket.

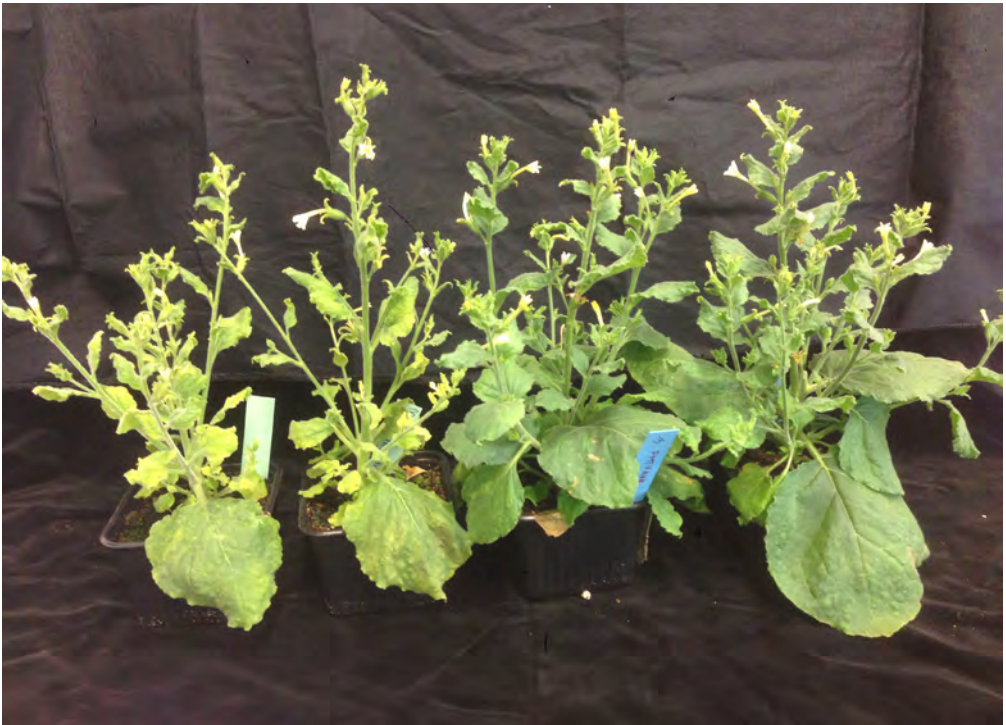
Eugene Savenkov och Ramesh Vetukuri har hittat 791 gener som uttrycks högre eller lägre i både tobaksplantor som infekterats av det vanliga viruset, och plantor som infekterats av 8K-mutanten, jämfört med friska växter. De har hittat 1500 gener som bara uttrycks i plantor med det vanliga viruset och 911 gener som bara uttrycks i plantor infekterade med 8K-mutanten.

– Det var väntat att det skulle vara färre

gener som kom till uttryck vid infektion med det muterade viruset, som saknar 8K-proteinet. Men det var oväntat att antalet gener som uttrycks i både plantor som infekterats av det vanliga viruset och av 8K-mutanten skulle vara så lågt. Men det betyder att 8K är betydelsefullt för hur viruset påverkar växten, säger Eugene Savenkov.

Bland tobaksgenerna, som fick ett speciellt uttryck som svar på virusinfektionerna, finns sådana gener som är involverade i cellcykeln, celledöd, celledning, anläggning av cellväggar och celledifferentiering. Det handlade också om gener som har med kommunikation mellan celler och fotosyntes att göra.

Forskarna hittade även intressanta skillnader i uttrycket av vissa transkriptionsfaktorer, det vill säga gener som styr uttrycket av andra gener. Vissa uttrycktes mer i plantor som infekterats av 8K-mutanten och vissa uttrycktes mindre.



Tobaksplantor infekterade med det vanliga potatismopptoppviruset och 8K-mutanten. De som är infekterade med mutanten är grönare, och de som infekterats med det vanliga viruset är gulare i färgen.

– Vi har samlat på oss en stor mängd data och nu ska vi bestämma oss för vilka gener som är mest intressanta att gå vidare med. Vi skulle till exempel kunna slå ut uttrycket av vissa växtgener med genomredigering och se vad det får för effekt på viruset. Då kanske vi hittar något som växtförädlare kan använda för att ta fram virusresistenta potatissorter, säger Eugene Savenkov.

Forskarna använder både tobaksplanter och potatisplanter i sitt labb. Tobak är en vanlig modellväxt för all typ av forskning inom växtvirologi. Ofta återfinns samma typ av mekanismer hos grödor som hos modellväxter, men inte alltid.

– De här studierna är intressanta för just potatisförädlingen, men det är mycket svårare att göra virusförsök med potatis än med tobak. Vi infekterar tobak med det vanliga viruset och 8K-mutanten. Sedan ympar vi över virusmittan från tobaksplantorna till potatis.

SLU Plattform växtförädling har även finansierat en postdoktorstjänst med fokus på bioinformatiska verktyg för växtförädlingen. I projektet *SLU plant breeding and genetic resources enhancement informatics* länkade Sandeep Kumar Kushwaha förekomsten av RNA-sekvenser till växters motståndskraft mot sjukdomar och andra egenskaper, genom att analysera stora mängder sekvensdata. Ramesh Vetukuri och Eugene Savenkov var två av hans mentorer.

Sammanfattning

I projektet *Next generation technologies for identification of antiviral traits* studerar Eugene Savenkov, Ramesh Vetukuri och deras medarbetare hur starkt olika gener kommer till uttryck i virusinfekterade och friska potatisplanter. Målet är att förse växtförädlare med genetiska resurser och verktyg, för att hitta motståndskraft mot potatismopptoppviruset.

Potatismopptoppviruset orsakar en sjukdom som förstör potatisknölarnas kvalitet. Viruset orsakar också färgförändringar i blad-

verket i form av gula fläckar eller mönster. Forskarna använder tobaks- och potatisplanter i sina försök.

Projektet finansieras av SLU Plattform växtförädling.

Växter försvarar sig mot virus genom att känna igen och klippa sönder virusets RNA-molekyler. Viruset kan i sin tur underminera växtens försvar genom att producera proteiner som kommer emellan viruset och växtens försvarsmekanism. Forskarna har tidigare identifierat ett sådant protein hos potatismopptoppviruset som de kallar "8K". I projektet jämförs uttrycksmönstret av gener hos planter som infekterats med det vanliga viruset och planter som infekterats av viruset som saknar 8K-proteinet.

Summary

In the project *Next Generation Technologies for Identification of Antiviral Traits*, Eugene Savenkov, Ramesh Vetukuri and their colleagues study the level of expression of different genes in virus-infected and healthy potato plants. The goal is to provide plant breeders with genetic resources and tools, to find resistance to the potato mop-top virus.

The potato mop-top virus causes a disease that destroys the quality of the potato tubers. The virus also causes yellow spots or patterns on the leaves. The researchers use tobacco and potato plants in their experiments.

The project is funded by SLU Platform Plant Breeding.

Plants defend themselves against viruses by recognizing and cleaving the viruses' RNA molecules. A virus, in turn, can undermine the plant's defense by producing proteins that come between the virus and the plant's defense mechanism. The researchers have previously identified such a protein in the potato mop-top virus that they call "8K". In the project, the expression patterns of genes in plants infected with the common virus and plants infected with the virus lacking the 8K protein are compared.

De lägger grunden för nya lingonsorter

Investigation of the genomic resources for new lingonberry cultivars

”Det blir allt mer populärt att äta lingon i världen, till exempel i Asien. Men det saknas ett förädlingsprogram som kan stimulera storskalig odling av den här råvaran.” Ramesh Vetukuri och hans kollegor sekvenserar arvsmassan hos olika varianter av det nyttiga bäret och studerar uttrycket av dess gener.

På 1990-talet fanns det fortfarande ett förädlingsprogram för lingon på SLU, och det finns fyra svenska lingonsorter som har sitt ursprung från den tiden. Sorten ”Ida” ger 40 procent större bär än vilda lingon. Någon odling av lingon i större skala har dock aldrig tagit fart. Forskaren Ramesh Vetukuri och hans kollegor i projektet *Whole genome sequencing of Lingonberry with the aim to create a genomic resource for improved breeding* ser en stor potential hos det här bäret och vill väcka liv i lingonförädlingen.

– Lingon som exporteras från Sverige, antingen som råvara eller i form av sylt, är plockade i skogen. Jag tror att vi kan förädla fram nya sorter och utöka lingonproduktionen i odlingar i framtiden, säger Ramesh Vetukuri.

Tillsammans med Johanna Witzell, som är med i lingonprojektet som expert på att analysera sekundära metaboliter, studerar Ramesh Vetukuri arvsmassan hos de kommersiella lingonsorterna och vilda lingonplantor.

– Vi vill identifiera genetiska resurser som går att jobba vidare med i ett förädlingsprogram. Det ska bli intressant att se hur mycket variation det finns bland odlade lingonen och de vilda, säger han.

Ett antal kommersiella kultivarer (fyra svenska och två importerade) och olika vilda lingonplantor från trakterna kring Östersund, Uppsala och Linköping ingår i DNA-sekvenseringen. Tanken är att ta fram sorter som



Ramesh Vetukuri forskar om genetik hos vilda och odlade lingon. Foto: Pruthvi Kalyandurg

passar för odling i norra, mellersta och södra Sverige. Till att börja med har forskarna samlat in växtmaterialet och odlat upp det i växthus under kontrollerade förhållanden. Det är viktigt eftersom de, förutom att studera DNA-sekvenserna, vill titta på hur generna i växten uttrycks.

För att gener ska komma till uttryck i en växt (eller i vilken organism som helst) så översätts DNA till RNA som i sin tur utgör en mall i proteinsyntesen.

– Genom att sekvensera RNA tar vi reda på vilka gener som är aktiva i olika delar av lingonplantan, till exempel i blommorna, frukterna, bladen och rötterna, säger Ramesh Vetukuri.

Kartläggning av gener och egenskaper

Uppskattningsvis har lingonet en arvs massa som är ungefär en tredjedel av människans arvs massa i storlek. Metoderna, som Ramesh Vetukuri och kollegorna använder för att sekvensera DNA, ger svar på hur DNA:t är arrangerat och vilka gener och andra sekvenser som ligger nära varandra på kromosomerna. Det är en stor fördel att känna till den strukturen, när man ska göra urval i växtförädlingen.

Bland lingonets gener finns anlag för sjukdomsresistens, torktålighet, hållbarhet i lagring, och biosyntes av nyttiga antioxidanter.

– Vi är speciellt intresserade av antioxidanterna och andra hälsofrämjande egenskaper hos lingonen. Lingonkonsumtion kan till exempel minska risken för att man får för mycket fett lagrat i levern, säger Ramesh Vetukuri.

Han forskar också om sjukdomar som drabbar jordgubbar, och han förklarar att det är stor skillnad på lingon och jordgubbar när det kommer till motståndskraft.

– Lingon är väldigt resilienta när det gäller resistens mot patogener.

När arvsmassan och genuttrycket är kartlagt ska forskarna i projektet även koppla den genetiska variationen till egenskaper.

– Först ska vi publicera våra data från sekvenseringen av lingonets arvs massa så de blir tillgängliga för alla forskare i världen, sedan ska vi fokusera på mer specifika frågor kring variationen i genuttryck och koppla det till exempelvis innehållet av nyttiga ämnen i bärn, säger Ramesh Vetukuri.



Vid SLU i Alnarp studerar forskarna lingonets arvs massa och lägger grunden för växtförädling av nya svenska lingonsorter. Foto: Lisa Beste

Sammanfattning

I projektet *Whole genome sequencing of Lingonberry with the aim to create a genomic resource for improved breeding* lägger Ramesh Vetukuri och Johanna Witzell, båda forskare vid SLU i Alnarp, grunden för ett nytt svenskt lingonförädlingsprogram.

De sekvenserar arvs massan hos kommersiella sorter och insamlade vilda lingon för att kartlägga gener och viktiga egenskaper att förädla på. Målet är att ta fram nya sorter som kan öka lingonproduktionen i odlingar i södra, mellersta och norra Sverige. Anpassning till förändringar i klimatet, ökad skörd, förbättrad motståndskraft mot sjukdomar och ökat innehåll av antioxidanter är några av förädlingsmålen.

Med hjälp av DNA-sekvensering får forskarna fram data som talar om vilka gener och andra sekvenser som finns på kromosomerna. RNA-sekvenseringen visar vilka arvs anlag som uttrycks i blommor, frukter, blad och rötter. Projektet finansieras av SLU Plattform växtförädling.

Summary

In the project *Whole genome sequencing of Lingonberry with the aim of creating a genomic resource for improved breeding*, Ramesh Vetukuri and Johanna Witzell, both researchers at SLU in Alnarp, establish a new Swedish lingonberry breeding program.

They sequence the genomes of commercial varieties and collected wild lingonberries to map genes and important traits to breed for. The goal is to develop new varieties that can increase lingonberry production in southern-, central- and northern Sweden. Adaptation to climate change, increased yields, improved disease resistance and increased antioxidant content are some of the potential breeding goals.

Using DNA sequencing, the researchers obtain data that tells which genes and other sequences are present on the chromosomes. The RNA sequencing shows which genes are expressed in flowers, fruits, leaves and roots. The project is funded by SLU Platform plant breeding.

De utvecklar fleråriga grödor för framtidens jordbruk

They develop perennial crops for a new kind of cultivation

Säkrare skördar, lägre arbetsinsatser och bättre för miljön. Forskarna Ramesh Vetukuri och Anna Westerbergh ser många fördelar med att använda fleråriga jordbruksgrödor på åkrarna i framtiden.

Vilka arvsanlag är avgörande för om en växtart har en ettårig, tvåårig eller flerårig livscykel? Det vill Ramesh Vetukuri, docent på Institutionen för växtförädling vid SLU, och hans kollegor ta reda på i projektet *Decoding Lepidium genome to understand the genetics of perenniality*. De använder oljeväxten fältkrassing, en växt som forskare vid SLU domesticerat under ungefär två decennier, för att ta reda på mekanismerna bakom perennialitet (flerårighet).

– Om vi tittar på just arten fältkrassing, *Lepidium campestre*, så är den tvåårig, men den har nära släktingar som är ettåriga och fleråriga som vi också studerar, säger Ramesh Vetukuri.

Under det senaste året har Ramesh Vetukuri och kollegorna tagit prover från rötter, blad, blommor och frön, från de ettåriga, tvååriga och fleråriga *Lepidium*-växterna, under olika tidpunkter i deras livscyklar.

– Vi ska göra molekylära analyser för att se vilka gener som kommer till uttryck i de olika arterna och försöka förstå vilka av generna vi ska rikta in oss på för att göra en ettårig eller tvåårig växt flerårig i förädlingen av grödor, säger Ramesh Vetukuri.

Han är även involverad i arbetet med att sekvensera hela genomet hos fältkrassing, för att få en överblick över alla generna som finns hos växten. Något som också ska bidra till en framgångsrik och effektiv sortframställning av den nya oljegrödan.



Anna Westerbergh forskar om perenn stråsäd för det svenska jordbruket. Foto: Theresia Lundkvist.

Med i projektet om mekanismerna bakom växternas perennialitet är också forskarna Mulatu Geleta Dida, som forskat om fältkrassing i många år, och Eugene Savenkov, som är expert på att studera genuttryck.

– Våra studier är även intressanta för andra arter än fältkrassing. När det kommer till hållbarhet i jordbruket är det många forskare som fokuserar på perenna grödor, med tanke på de ettåriga grödornas stora miljöpåverkan, säger Ramesh Vetukuri.

I ett tidigare specialnummer av Sveriges utsädesförenings tidskrift (2014), som också handlade om växtförädling vid SLU, gick det att läsa om Anna Westerberghs forskning för att ta fram flerårig stråsäd.

Då handlade det om korsningslinjer med odlade ettåriga sorter och vilda perenna släktingar som förfäder. Idag har forskningen delvis tagit en ny riktning. Enligt en ny strategi utgår Anna Westerbergh, och kollegorna Mohammad Sameri och Per-Olof Lundquist, från en specifik perenn släkting, *Hordeum bulbosum* (knylkorn på svenska), utan inblandning av moderna korsorter.

– Vi *domesticerar* det fleråriga knylnkornet, som växer vilt i Asien och södra Europa. I princip innebär det att vi gör det som man gjorde för 12 000 år sedan när stråsåden utvecklades. Vi gör urval och korsningar för att göra knylnkornet odlingsbart i våra nordliga förhållanden och för att det ska få de agronomiskt viktiga egenskaperna som karaktäriserar en gröda, säger Anna Westerbergh.

Hon fortsätter parallellt att jobba med korsningarna mellan ettåriga och fleråriga växter, men det har visat sig svårt att överföra egenskaper kopplade till flerårighet in i de moderna ettåriga sorterna av korn och vete.

– Det är en utmaning att korsa två arter, som normalt inte hybridiserar med varandra. Och när man väl lyckats göra korningarna så är det inte säkert att man fått med de delarna av den vilda släktingens arvs massa som man är intresserad av, säger Anna Westerbergh.

Hon arbetar också med att domesticera och växtförädla en vild flerårig släkting till vete kallad Kernza för odling i Sverige. För både det fleråriga kornet och vetet handlar forskningen vid SLU till stor del om att välja ut genotyper som har god tillväxt och ger bra skörd i vårt nordliga klimat.

– De perenna grödorna behöver klara av en kall vinter under ett snötäcke och sedan frost på våren och hösten. De behöver förstå när de ska börja sin tillväxt och när de ska sluta att växa, så de inte fortsätter att slösa på resurserna som behövs till nästkommande år.

Vare sig det handlar om stråså eller en ny oljegröda ser Anna Westerbergh och Ramesh Vetukuri flera ekonomiska och miljömässiga fördelar med fleråriga odlingssystem, som faktiskt kan motivera att man väljer att övergå till

ett perennt jordbruk även om det skulle innebära en lägre avkastning.

– Vi når idag inte samma skördenivåer som man gör med de moderna ettåriga vetesorterna, och det är här vårt forsknings- och förädlingsarbete kommer in. Med perenna grödor behöver lantbrukaren dock inte köra lika mycket traktor och det kräver inte samma insatser vad gäller sådd, besprutning och annan skötsel, säger Anna Westerbergh.

Livsmedelssäkerheten är en annan aspekt.

– Det blev tydligt 2018, då vårvetet i odlingarna utmed våra försök delvis torkade bort och gav dålig skörd medan våra fleråriga plantor hade en god tillväxt just för att de med sina djupa rotsystem är toleranta mot torkstress.

Sammanfattning

I projektet *Decoding Lepidium genome to understand the genetics of perenniality* vid SLU använder forskarna Mulatu Geleta Dida, Ramesh Vetukuri och Eugene Savenkov oljeväxten fältkrassing, *Lepidium campestre*, och dess vilda släktingar för att ta reda på vilka arvsanlag som gör en växt ettårig, tvåårig eller flerårig.

Mulatu Geleta Dida och Ramesh Vetukuri har även varit involverad i att sekvensera fältkrassingens genom.

Anna Westerbergh och hennes kollegor jobbar också med perennialitet hos grödor. De domesticerar det fleråriga knylnkornet, *Hordeum bulbosum*, som är en vild släkting till det odlade kornet, och växtförädlar en flerårig släkting till vete, Kernza. Urval av plantor görs i olika populationer av dessa arter. Selektionen går ut på att hitta plantor med agronomiskt viktiga egenskaper som växer bra i vårt nordliga klimat och kan användas för fortsatt växtförädling.

Det finns stora fördelar med fleråriga grödor. Exempelvis kräver de inte lika mycket skötsel, och de är mindre känsliga för torka och andra typer av stressfaktorer som kan orsaka lägre skördar. Odling av fleråriga grödor har också många fördelar för miljön och klimatet.

Summary

In the project *Decoding Lepidium genome to understand the genetics of perenniality* at SLU, researchers Mulatu Geleta Dida, Ramesh Vetukuri and Eugene Savenkov use the oil-rich plant species field cress, *Lepidium campestre*, and its wild relatives to find out which genes are responsible for making a plant annual, biennial or perennial.

Mulatu Geleta Dida and Ramesh Vetukuri has also been involved in sequencing the whole genome of the field cress.

Anna Westerbergh and her colleagues also work with perenniality in crops. They domesticate the perennial wild plant *Hordeum bulbosum*, which is a wild relative of cultivated barley, and carry out breeding of a perennial relative of wheat, Kernza. Selections of plants are made in different populations of these perennial species. The selection is based on finding plants with agronomically important traits adapted to our northern climate for further selection and breeding.

There are several benefits with growing perennial crops. For example, they do not require as much work as annual crops do, and they are less sensitive to drought and other types of stress factors that can cause lower harvests. Moreover, cultivation of perennial crops has several advantages on the environment and the climate.

Metoder för snabbare och bättre växtförädling av skogsträd

Methods for quicker and better breeding of forest trees

Genomisk selektion, kortare generationscykler och hantering av inavel är tre strategier som forskare vid SLU arbetar med för att göra skogsträdsförädlingen mer effektiv och precis. Forskarna tror att det finns stora möjligheter att ta fram bättre träd för det svenska skogsbruket, med hjälp av nya metoder.

Växtförädling av träd är en långsam process om man jämför med förädling av jordbruksgrödor. Det tar många år för skogsträd att sätta blommor och fröa av sig, och det pågår en hel del forskning om hur man kan snabba på det hela. SLU Plattform växtförädling har finansierat fyra projekt som handlar om att utforska metoderna inom skogsträdsförädlingen och hitta rätt egenskaper.

Snabbare urval med genomisk selektion

Forskaren Henrik Hallingbäck undersöker hur man kan använda metoden *genomisk selektion* för att välja rätt träd i växtförädlingen. Tillsammans med kollegorna i projektet *Managing co-ancestry and inbreeding in genomic selection using genomic relationship matrix* har han studerat hur man på bästa sätt sätter samman en population av träd för att kunna optimera metoden.

Genomisk selektion innebär att man förutser vilka individer som är bäst att använda som föräldrar i växtförädlingen genom att undersöka sekvenserna på tusentals ställen i hela arvsmassan. Till att börja med behöver man ”träna” den statistiska modellen i metoden för att den ska gå att tillämpa för en viss trädart.

– Man behöver data om trädens egenskaper från fältexperiment, och analyser av trädens

DNA-sekvenser, förklarar Henrik Hallingbäck.

Forskarna har sett att vissa populationssammansättningar fungerar bättre än andra. Men förutsättningarna för att genomisk selektion ska fungera i förädlingen skiljer sig åt mellan olika arter, och för vissa arter kanske metoden inte passar alls.

– Det beror på hur trädets genom är konstruerat. Är det en utkorsande eller självbefruktande art? Hur lätt är det att få trädet att sätta blommor och bilda frön? Hur lång är generationstiden? Hur stort är genomet och hur ofta sker rekombination? Vi som forskat tillsammans i projektet har lär oss från varandra att det finns olika sätt att strukturera en förädlingspopulation på.

Man kan säga att Henrik Hallingbäck's forskning handlar om att hitta rätt nivå av släktskap bland individerna som ingår i trädpopulationen.

– Vi behöver väldegnade fältförsök där det ska finnas en blandning av både obesläktat och besläktat material och flera kontrollerade korsningar i olika kombinationer.

Han konstaterar också att det är en stor fördel att ha data från flera generationer när man ”tränar” metoden.

– Med tanke på hur lång tid det tar för ett träd att växa upp och bli blomningsfärdiga så är det lite besvärligt.

Henrik Hallingbäck har även varit postdoktor under två år, när SLU Plattform växtförädling nyligen hade startat. I projektet *Optimizing plant breeding strategies using genome-wide dense marker data* utvecklade han strategier för att hantera inavelsdepression bland trädpopulationer inom växtförädlingen. Idag är han skogsträdsförädlare på Skog-

Forsk och ägnar ungefärligen halva sin tjänst åt forskning om genomisk selektion.

– Projektet inom SLU Plattform växtförädling utmynnade i att jag sökte och fick stöd från forskningsrådet Formas för att fortsätta med den här inriktningen, säger han.

En gran som sätter kottar redan under tredje tillväxtsången

Har du sett en liten gran med kottar i skogen? Efterlysningen kommer från Jens Sundström som forskar om hur man kan använda en speciell naturligt förekommande mutant av gran, med en defekt i arvsanlaget som vanligtvis bromsar bildningen av kottar, i växtförädlingen.

– Mutanten kallas *acrocona*. I och med att den sätter kottar redan efter tre år har den en kort generationscykel och kan fungera som en ”plattform” för att studera granens genetik och egenskaper, förklarar han.

SLU Plattform växtförädling finansierade en postdoktorstjänst med fokus på mutanten. I projektet *Reproductive development and early cone-setting in Norway spruce* förökade Veronika Nordal upp kloner av granar via embryon med ursprung från somatiska celler (växtens vanliga diploida celler). Jens Sundström var en av hennes mentorer.

– Tanken med kloningen är att vi ska kunna göra större försök med många plantor som är genetiskt identiska från början, och lättare kunna se effekterna av olika modifieringar, säger han.

Jens Sundström och kollegorna är ganska säkra på att de hittat mutationen i anlaget som orsakar den tidiga kottesättningen hos *acrocona*-granen.

– Men för att vara *helt* säkra på att det är just den genen som reglerar när kottarna ska bildas behöver vi antingen ta fram genetiskt modifierade granar eller hitta en ny liknande granmutant, med en mutation på en annan plats i samma gen.

Det har varit känt sedan länge att det finns mutanter av granar som sätter kottar tidigt. En rapport från 1945 innehåller noggranna



Acrocona betyder ”toppkotte” och *acrocona*-mutanten av gran anlägger kottestrukturer i toppskotten. Foto: Jens Sundström

angivelser om var de observerats, och Jens Sundström har själv varit på olika ställen runt om i Sverige och letat.

– Vi hittade elva *acroconer* intill en gård i Söderköping, men de visade sig ha samma mutation som granarna vi har i labbet.

Om du har sett en liten gran med kottar ute i naturen, kontakta Jens Sundström, jens.sundstrom@slu.se.

Forskarna vid SLU undersöker också om det går att använda *acrocona*-mutanten som grundstam.

– Vi vill se om mutanten kan fungera som en kottinducerande grundstam. Det är inte säkert att det går. Det beror på var i växten proteinerna som styr utvecklingen av kottar bildas och hur de transporteras, men vi gör ett sådant försök med cirka tusen träd, i samverkan med SkogForsk.

Inavel på gott och ont

Inavel sker hela tiden bland träd och andra organismer i naturen. Det innebär att vissa varianter (alleler) av gener blir kvar i en population medan andra försvinner. Rosario García Gil, forskare vid SLU i Umeå, leder projektet *Genetic basis of inbreeding depression and heterosis*. Tillsammans med kollegorna i projektet studerar hon hur inavel kan implementeras i växtförädlingen av skogsträd.

– Vi vill reda på om det går att passera punkten för inavelsdepression och komma ut på andra sidan, utan de dåliga genvarianterna,

i ett trädförädlingsprogram, säger hon.

Träd kan abortera frön som blir dåliga på grund av inavel. Det finns genvarianter som kallas recessiva som bara visar sig vara negativa om de förekommer i två kopior (en från mamma och en från pappa) hos en individ. Dessa genvarianter finns ofta i låg frekvens i en naturlig population.

– Inavel är ett problem för växtförädlare som vill jobba med små populationer. Man gör upprepade korsningar och bygger upp ett närmare och närmare släktskap i populationen. Inom skogsträdsförädlingen kan det leda till att man börjar få sämre träd istället för bättre. Förutom att träden sätter färre frön, kan de få konstig form och bli svaga, säger Rosario García Gil.

I forskningsprojektet, som finansieras av SLU Plattform växtförädling, korsar hon tallplantor som är nära släkt och avlägset släkt och analyserar DNA-prover från avkomman för att se om det finns mer av vissa alleler och färre av andra. De vill se om det går att fortsätta förädlingen av en population med mycket nära släktskap, efter att de oönskade allelerna städats bort.

Rosario García Gil samarbetar med professor Harry Wu vid SLU i Umeå och professor Rodomiro Ortiz vid SLU i Alnarp i projektet som också handlar om inavel i potatis.

– I potatis finns det väldigt mycket inavelsdepression. Det har varit lockande att ta den bästa plantan och korsa den med en annan jättebra planta och hoppas på att få en avkomma som är ännu bättre. Men det finns stor risk att de bra plantorna liknar varandra i genetiken och därför har de här problemen med inavel uppstått, säger hon.

Skogsträdens reaktion på skugga

Rosario García Gil studerar också hur olika ljusförhållanden påverkar ligninet, fysiologin och toleransen mot svampar och virus hos tall och gran. Respons på olika ljusförhållanden är en viktig egenskap att hålla koll på i skogsträdsförädlingen om man vill anpassa träden till ett klimat med stigande temperaturer.

– Om man till exempel vill flytta träd söderifrån till norra Sverige måste man beakta skillnaderna i ljuskvalitet i söder och norr. Även om temperaturen ändras så ändras inte ljuset.



Rosario García Gil forskar om vilka gener som påverkar och påverkas av inavel hos skogsträd, vid SLU i Umeå. Foto: Juha Niemi

I sina studier har hon och kollegorna sett att skugga gör att gener som styr ligninproduktionen och motståndskraften mot biotiska attacker ökar i uttryck i tall och gran.

– Vi har sett att det faktiskt finns mer lignin i små plantor i skugga jämfört med plantor i ljusare förhållanden. Effekten är större i tall än i gran och det stämmer ju överens med att tall är känsligare för skugga än vad gran är, säger Rosario García Gil.

Sammanfattning

SLU Plattform växtförädling har finansierat fyra projekt om växtförädling av träd. I postdoktorsprojektet *Optimizing plant breeding strategies using genome-wide dense marker data* och pilotprojektet *Managing co-ancestry and inbreeding in genomic selection using genomic relationship matrix* har Henrik Hallingbäck och hans kollegor studerat hur man kan hantera inavelsdepression och utvecklat metoder för genomisk selektion inom skogsträdsförädlingen.

I postdoktorsprojektet *Reproductive development and early cone-setting in Norway spruce* förökade Veronika Nordal upp kloner av granar via embryon med ursprung från somatiska celler. Jens Sundström var en av hennes mentorer och han studerar hur man kan använda kloner av granmutanten *acrocona* i växtförädlingen. *Acroconan* sätter kottar så tidigt som tredje året efter sådd och det kan göra forskningen om granes genetik och egenskaper snabbare.

I projektet *Genetic basis of inbreeding depression and heterosis* studerar Rosario García Gil, Rodomiro Ortiz och Harry Wu dynamiken i inavel hos tall och potatis. De vill veta om inavel kan implementeras i växtförädlingen i och med att växterna sorterar bort dåliga genvarianter. Rosario García Gil korsar tallplantor med olika grad av släktskap och analyserar DNA-prover från avkomman för att se om det finns mer av vissa alleler och färre av andra.

Summary

SLU Platform Plant Breeding has funded four projects on plant breeding of trees. In the postdoctoral project *Optimizing plant breeding strategies using genome-wide dense marker data* and the pilot project *Managing co-ancestry and inbreeding in genomic selection using genomic relationship matrix*, Henrik Hallingbäck and his colleagues have studied how to manage inbreeding depression and developed methods for genomic selection in forest tree breeding.

In the postdoctoral project *Reproductive development and early cone-setting in Norway spruce*, Veronika Nordal propagated clones of Norway spruce via embryos originating from somatic cells. Jens Sundström was one of her mentors and he investigates how to use clones of the Norway spruce mutant *acrocona* in plant breeding. The *acrocona* is an early cone-setting mutant that can enhance the research and breeding of conifers.

In the project *Genetic basis of inbreeding depression and heterosis*, Rosario García Gil, Rodomiro Ortiz and Harry Wu study the dynamics of inbreeding in pine and potato. They want to know if inbreeding can be implemented in plant breeding as the plants sort out bad gene variants. Rosario García Gil crosses pine plants with varying degrees of genetic relationship and analyzes DNA samples from the offspring to see if there are more of some alleles and fewer of others.

Han guidar forskare genom avtalsdjungeln

He guides researchers through the contract jungle

”Snart kan vi nog förvänta oss att Naturvårdsverket knackar på dörren och frågar vad vi har för rutiner.” Dennis Eriksson reder ut vilka avtal som behöver vara på plats, för att forskare ska kunna använda växtgenetiska resurser från andra länder.

Sverige skrev under ett internationellt avtal om genetiska resurser och tillhörande traditionella kunskaper, 2016. Det kallas Nagoyaprotokollet och ingår i Konventionen om biologisk mångfald. Något år innan dess hade SLU skickat ett yttrande till Regeringskansliet med synpunkter på genomförandet av innehållet i protokollet. SLU efterfrågade tydliga direktiv och tillräckliga resurser för att minimera protokollets skadeverkningar på svensk forskning.

– Precis efter det hände det inte så mycket, men 2017 började det röra på sig igen, säger Dennis Eriksson, forskare vid SLU i Alnarp, som engagerat sig i universitetets rutiner för att följa lagstiftningen kring hur man får hämta växtgenetiska resurser över nationsgränser.

SLU inrättade en ”Nagoyagrupp” med jurister och representanter från universitetets alla fyra fakulteter. Dennis Eriksson blev LTV-fakultetens (Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap) representant. Gruppen reder ut vilka rutiner som behövs, och vem som har ansvar för vad, i lärosätets anpassning till protokollet.

– Nagoyaprotokollet gäller inte bara växter utan alla organismer, med vissa undantag. Så gott som alla stora grödor i världen täcks av ett annat avtal, berättar Dennis Eriksson.

För livsmedelssäkerheten i världen är det



Forskaren Dennis Eriksson tar fram rutiner kring SLU:s användning av växtgenetiska resurser. Foto: Mårten Svensson

viktigt med en enkel och smidig tillgång till genetiska resurser för förädling av våra grödor. Därför finns en speciell överenskommelse för dessa - det internationella fördraget för växtgenetiska resurser för livsmedel och jordbruk (ITPGRFA från engelskans *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*).

– I och med att det finns olika avtal att hålla koll på när man forskar om växter, påbörjade jag ett arbete inom SLU om att organisera rutinerna för att följa reglerna kring just *växtgenetiska* resurser, säger Dennis Eriksson.

SLU Plattform växtförädling har finansierat hans arbete med det under perioden juli 2018 till juni 2020.

För både det internationella fördraget och Nagoyaprotokollet pågår ständiga politiska förhandlingar om vilka resurser och kunskaper som ska täckas av överenskommelsen. Ska till exempel tillgången till information om DNA-sekvenser, som idag finns i öppna databaser, regleras?

– Vissa länder som skrivit under Nagoyaprotokollet vill att DNA-sekvenser ska omfattas, andra vill inte det. I grova drag tycker så kallade *provider countries*, alltså länder med hög biodiversitet, att DNA-sekvenser ska ingå, medan länder med mindre biodiversitet, *user countries*, som ofta har en större kapacitet för forskning och utveckling, tycker att sekvens-data inte ska ingå, säger Dennis Eriksson.

Å ena sidan är det bra om länder som har mycket biodiversitet behandlas rättvist. Å andra sidan är det dåligt om internationella avtal bromsar den fria forskningen och utvecklingen.

– Jag tycker att det vore bra om man kunde ha olika regler beroende på vem som ska nyttja de genetiska resurserna. Det är en sak om resurserna ska användas i publikt finansierade forskningsprojekt, och en annan sak om de ska ingå i vinstdrivna kommersiella aktiviteter. Idag gäller samma regler för båda typerna av användare, säger Dennis Eriksson.

Han tycker att det finns en felaktig uppfattning bland myndigheter i vissa biodiversitetsrika länder; att alla som använder genetiska resurser är stora multinationella företag som utövar någon form av rovdrift på resurser i länder i tredje världen.

Dennis Eriksson har som uppdrag att utveckla universitetets rutiner för registrering och arkivering av de tillstånd och avtal som forskare behöver för att få använda växter från andra länder i sina projekt.

– Det handlar också om att väcka forskarnas medvetenhet om reglerna och verka för att alla som ska använda växtgenetiska resurser faktiskt upprättar de avtal som de måste ha. Om det är Nagoyaprotokollet som gäller behöver forskaren ta fram dokument i samver-

kan med en myndighet i det land man hämtar resursen, *och* tillsammans med en samarbetspartner i det aktuella landet. Om ITPGRFA gäller för växtarten är det lättare, då ska man skriva ett enkelt standardiserat avtal, förklarar han.

Nagoyaprotokollet ger enskilda länder stort utrymme att själva bestämma vilka regler som ska gälla. Det kan krävas omfattande förhandlingar med myndigheter och samarbetspartners. Avtalen kan innebära att man behöver betala pengar, men i forskningssammanhang är det mycket vanligare med icke monetära avtal, där man exempelvis förbinder sig att ha ytterligare samarbeten med forskare i landet där den genetiska resursen finns.

USA har skrivit under ITPGRFA men inte Nagoyaprotokollet. Kina har däremot skrivit under Nagoyaprotokollet, men inte ITPGRFA.

– Om vi vill hämta en potatissort från USA, då ska vi alltså följa det enklare internationella fördraget som omfattar grödor, men om vi vill hämta en potatis från Kina, då gäller det något mer komplicerade Nagoyaprotokollet, förklarar Dennis Eriksson.

I Sverige och flera andra europeiska länder har vi valt att utforma villkoren inom Nagoyaprotokollet på så sätt att vi inte kräver några specifika tillstånd från forskare från andra länder som vill använda våra genetiska resurser.

– Årligt talat så har vi ju inte så mycket resurser i Sverige, som är intressanta för forskare utifrån. Men det generösa förhållningssättet handlar nog även om ett solidariskt ställningstagande, säger Dennis Eriksson.

Vad kan hända om man inte följer avtalen på rätt sätt?

– Det beror på vilket land det gäller. Här i Sverige kan det för närvarande handla om böter. I vissa länder har man implementerat fängelsestraff och då har två års fängelse angetts som riktlinje. För oss forskare här i Sverige kan det även innebära att man inte får tillgång till beviljade forskningsmedel, att man inte kan publicera, eller att en doktorand får

problem med att slutföra sina studier.

I Sverige är Naturvårdsverket den tillsynsmyndighet som ska kontrollera att användare av genetiska resurser följer lagstiftningen.

– Det tar tid att få rutiner på plats och att få upp en generell medvetenhet bland forskare om detta. Jag tycker att det finns en bra förståelse för det från myndighetshåll, men vi kan nog vänta oss att Naturvårdsverket förr eller senare kommer och knackar på dörren och frågar om alla avtal finns på plats.

Forskningsfinansierare har börjat följa upp att forskare har ordning på sina avtal om genetiska resurser. För den forskare som planerar att samla in material från många olika länder kan det bli ett stressigt jobb att hinna upprätta alla tillstånd, för att kunna få tillgång till det beviljade forskningsstödet.

Det kan även bli problem i samband med att forskningsresultat ska publiceras i vetenskapliga tidskrifter.

– Om en forskare inser att det saknas ett tillstånd för att få använda en genetisk resurs, när studierna redan är genomförda, då kan det sluta med att man inte får något tillstånd och inte kan publicera sina resultat. Det är därför mycket viktigt att man är ute i rätt tid och har tillstånden på plats när man börjar sin forskning.

Sommaren 2019 gjorde Dennis Eriksson en enkätundersökning för att kartlägga vilka institutioner på SLU som jobbar med växtgenetiska resurser, och för att ta reda på hur medvetna forskarna är om vilka avtal de behöver. Svaren visar att många forskare jobbar med växtgenetiska resurser som täcks av ITPGRFA. Men det finns också de som behöver upprätta avtal enligt Nagoyaprotokollet.

– För att öka medvetenheten och kunskapen om de olika regelverken tar vi in de här frågorna i grundutbildningarna på SLU. Jag har även fått medel från LTV-fakulteten för att sätta upp en doktorandkurs som inbegriper reglerna kring genetiska resurser, säger Dennis Eriksson. Den kommer att hållas i Alnarp i januari 2021.

Sammanfattning

För den som vill använda växtgenetiska resurser från andra länder finns två viktiga internationella överenskommelser att hålla reda på.

Det ena är det internationella fördraget för växtgenetiska resurser för livsmedel och jordbruk (ITPGRFA) inom ramen för FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation, som trädde i kraft 2004.

Det andra är Nagoyaprotokollet, det internationella avtalet om genetiska resurser och tillhörande traditionella kunskaper under Förenta nationernas konvention om biologisk mångfald. Det trädde i kraft 2014 och gäller för olika organismer, inte bara växter. Sverige anslöt sig till Nagoyaprotokollet 2016.

Med stöd från SLU Plattform växtförädling tar forskaren Dennis Eriksson fram rutiner för hur SLU ska registrera och dokumentera de tillstånd och avtal som behövs för att följa de olika överenskommelserna. Han jobbar också med att göra forskarna medvetna om vilka regler som gäller kring användande av växtgenetiska resurser från andra länder.

En enkätundersökning bland SLU:s forskare visar att många använder växtgenetiska resurser som faller under ITPGRFA, men det finns också växtforskningsprojekt som kräver tillstånd enligt Nagoyaprotokollet.

Summary

For those who want to use plant genetic resources from other countries, there are two important international agreements to keep track of.

One is the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (ITPGRFA) within the Food and Agriculture Organization of the United Nations, which entered into force in 2004.

The second is the Nagoya Protocol, the international agreement on genetic resources and associated traditional knowledge under the United Nations' Convention on Biological Diversity. It came into force in 2014 and applies to various organisms, not just plants.

Sweden ratified the Nagoya Protocol 2016.

With support from SLU Platform Plant Breeding, researcher Dennis Eriksson develops routines for how SLU should register and document the permits and agreements needed to comply with the different agreements. He also works to make researchers aware of the rules that apply to the use of plant genetic resources from other countries.

A survey among SLU's researchers shows that many of them use plant genetic resources that fall under ITPGREFA, but there are also plant research projects that require a permit according to the Nagoya Protocol.

Sveriges Utsädesförenings Tidskrift publicerar på antingen svenska eller engelska artiklar, meddelanden, översiktsartiklar samt föredrag från konferenser och möten. Alla vetenskapliga originaluppsatser genomgår en refereegranskning. Bidrag i form av vetenskapliga artiklar av intresse för växtförädling och närbesläktade områden mottas.

En sammanfattning på engelska eller svenska på högst 160 ord skall ingå samt 6 nyckelord som publiceras i samband med sammanfattningen.

Ett manuskript, som inskickas elektroniskt, bör inte överstiga 16 A4-sidor med dubbelt radavstånd inkluderande figurer och tabeller. Manuskript som överstiger detta sidantal ska först diskuteras med redaktören. Illustrationer skall inlämnas separat som EPS, TIFF eller JPEG format. Artikelförfattaren (-na) ombeds även att skicka in ett välliknande foto i TIFF eller JPEG-format.

Referenser skall nämnas i den löpande texten med författarens efternamn och årtal. Listan med referenser skall ges i alfabetisk ordning enligt följande:

Green, A. G. 1986. A mutant genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. *Can. J. Plant Sci.* 66, 499-503.

Manuskriptet tillsammans med illustrationer samt författarens namn, adress och institutionstillhörighet skall skickas till:

Jens Weibull (huvudredaktör) jens.weibull@gmail.com

The Journal of the Swedish Seed Association publishes, in Swedish or English, articles, notes, commentaries, reviews as well as proceedings of meetings and seminars. All scientific original papers are subject to a referee procedure. The submission of original articles in the field of plant breeding and related areas is encouraged.

An abstract in English or Swedish not exceeding 160 words is required together with 4 to 6 keywords.

Contributions should preferably exceed 16 A4-pages with double spacing including figures and tables. Manuscripts exceeding this recommended number of pages must obtain a preapproval from the Editor. Illustrations shall be submitted separately in either EPS, TIFF or JPEG formats. Authors are requested to submit a recent photograph (TIFF or JPEG format) in addition to the manuscript.

References should be indicated in the text by the surname of the author(s) followed by the year of publication. The full list of references should be typed in alphabetical order as shown below:

Green, A. G. 1986. A mutant genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. *Can. J. Plant Sci.* 66, 499-503.

The manuscript together with illustrations and with the author's name, address and institutional affiliation should be submitted to:

Jens Weibull (Main Editor): jens.weibull@gmail.com

