

SVERIGES UTSÄDEFÖRENINGENS TIDSKRIFT

Journal of the Swedish Seed Association

2 2020



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 Hägnafelt
Bengt Persson
Roland von Bothmer (adj.)

Omslagsbild: Årets Nobelpris-belönade "gensax" innebär ett nytt kapitel i växtförädlingsens historia.

Illustration: ©Johan Jarnestad/Kungliga Vetenskapsakademien

Årgång (Volume) 134

2020

Nr (No.) 2

SVERIGES UTSÄDESFÖRENINGENS TIDSKRIFT

Journal of the Swedish Seed Association

Organ för svensk växtförädling
Publication of Swedish Plant Breeding

ISSN 0039-6990

Innehållsförteckning

(Contents)

Jens Weibull: Från Redaktör'n (From the editor)	4
Cecilia Hammenhag, Per Sandin, Li-Hua Zhu, Sten Stymne och Muluat Geleta: Fältkrassing - en framtida oljegröda för Norrland (Field Cress – A New Oil Crop for Northern Sweden)	6
Anders Nilsson och Kimmo Rumpunen: Långsiktig och uthållig växtförädling av äpple vid SLU (Long-term and sustainable plant breeding in apple at SLU)	16
Jens Weibull: Äntligen en EU-strategi för genetiska resurser? (An EU strategy for genetic resources, at last?)	24
Mariette Andersson: Modern plant breeding – use of precision tools to meet the need of sustainable and healthier crops (Modern plant breeding – use of precision tools to meet the need of sustainable and healthier crops)	28
Kimmo Rumpunen: Challenges (and possibilities) for rapid breeding of fruit cultivars for future sustainable production (Utmaningar (och möjligheter) för snabb förädling av fruktsorter för framtida hållbar produktion)	30
Zeratsion Abera Desta: Genomic tools and molecular breeding approaches for the domestication of field cress (<i>Lepidium campestre</i> L.) (Genomiska verktyg och molekylära förädlingsmetoder för domesticering av fältkrassing (<i>Lepidium campestre</i> L.))	32
Simon Jeppson: Växtenzyms specificiteter och deras effekter på fröoljekvaliteten (The specificities of plant enzymes and their effects on the seed oil quality)	33
Chrysa Morfi: Organisation and Governance of Agri-Food Systems (Organisation och styrning av livsmedelssystem 1)	34

Från Redaktör'n

From the editor

Jens Weibull

”- Kungliga Vetenskapsakademien har beslutat utdela Nobelpriset i kemi 2020 till Emmanuelle Charpentier, Max Planck Unit for the Science of Pathogens, Berlin, Tyskland och Jennifer A. Doudna, University of California, Berkeley, USA, för utveckling av en metod för genomeditering”.

Så kom då beskedet som det stora flertalet inom den biologiska forskarvärlden hade väntat på. Det kändes fullständigt naturligt. Det var trots allt bara en tidsfråga innan ”gensaxen”, som den populärt har kommit att kallas, skulle få sitt stora pris. Det är faktiskt bara nio år sedan Charpentier publicerade sin sedermera belönade artikel, men redan har resultaten kommit till praktisk tillämpning. I jämförelse med fysikpristagaren Penrose, som redan för 55 år sedan visade att Einsteins förutsägelser om svarta hål stämde, kan man gott säga att gensaxen har ”klippt in raketfart”.

Den nya tekniken öppnar verkligen dörren för oanade möjligheter. Plötsligt har växtförädlingen fått ett redskap i sin hand som verkligen erbjuder genvägar till modifiering av arvsanlag. Ta den enastående s.k. mlo-resistensen i korn mot mjöldagg som ett exempel. Ursprungligen en naturlig mutation som hittades i ett etiopiskt korn kan den med hjälp av den nya tekniken nu fås att uttryckas i en lång rad olika grödor, och inte bara sädeslag. Kanske är mjöldaggens saga därmed all?

Men, som väntat, finns det många skilda uppfattningar om den nya teknikernas existensberättigande. Som bekant är EU:s biotekniklagstiftning strikt teknikfokuserad vilket gör att också gensaxen riskerar att falla under regelverket. Det skulle snabbt kunna sätta krokben för fortsatta framgångar. Men här verkar starka krafter också i motsatt riktning.

EU-kommissionens eget vetenskapliga råd Group of Chief Scientific Advisors ansåg till exempel redan 2018, mot bakgrund av de nya vetenskapliga rönen, att unionen borde göra en ordentlig översyn av hela lagstiftningen. Och under det finska ordförandeskapet 2019 lyckades man få till ett rådsbeslut som innebär att frågan om de nya teknikerna ska utredas. Det kan nog med fog sägas att många väntar med stor spänning på rapporten som är utlovad till mars/april nästa år.

Redan för 30 år sedan började Arnulf Merker – dåvarande professor i växtförädling vid SLU – ett arbete för att domesticera fältkrassing (*Lepidium campestre*). Idag kan vi genom Per Sandin och kollegors spännande artikel få oss till del hur hela arbetet utvecklades, och var man står idag.

God läsning!

“- The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Nobel Prize in Chemistry 2020 to Emmanuelle Charpentier, Max Planck Unit for the Science of Pathogens, Berlin, Germany and Jennifer A. Doudna, University of California, Berkeley, USA, for developing a method for genome editing.”

Thus came the message that the vast majority of the world of biological research had been waiting for. It felt completely natural. After all, it was only a matter of time before the “genetic scissors”, as it has popularly come to be called, would receive its great prize. It is only nine years since Charpentier published her later award-winning article, but the results have already come into practical application. In comparison with the winner of the physics prize, Professor Roger Penrose, who already 55 years ago showed that Einstein’s predictions about black holes were true, we can honestly say that the genetic scissors have “cut at rocket speed”.

The new technology really opens the door to unimaginable possibilities. Suddenly, plant breeding has got a tool in its hand that hold promising shortcuts to modifying heredity. As an illustrative example, take the unique so-called mlo resistance in barley to powdery mildew. Originally a natural mutation found in an Ethiopian barley, it can now be expressed with the help of the new technology in a wide range of different crops, and not just cereals. Could the mildew’s saga be all over with that?

But, as expected, there are many differing views on the *raison d’être* of the new technologies. As is well known, EU biotechnology legislation is strictly technology-focused, which means that genetic scissors also risk falling under the regulations. This fact could quickly impede continued success. On the other hand, strong forces also work in the opposite direction. For example, as early as 2018 in the light of the new scientific findings, the European Commission’s own Group of Chief Scientific Advisors concluded that the Union

should carry out a proper review of the entire legislation. And during the Finnish Presidency in 2019, they succeeded in reaching a Council decision stating that the question of the new technologies will be investigated. It can probably rightly be said that many are waiting with excitement for the report that is promised for March/April next year.

Already 30 years ago, Arnulf Merker - then professor of plant breeding at SLU - began domesticating field cress (*Lepidium camp-estire*). Today, through Per Sandin’s and colleagues’ exciting article, we can get a glimpse of how the entire work developed, and where we stand today.

Good reading!



Jens Weibull
jens.weibull@gmail.com

Fältkrassing - en framtida oljegröda för Norrland

Field Cress – A New Oil Crop for Northern Sweden

Cecilia Hammenhag^a, Per Sandin^b, Li-Hua Zhu^a, Sten Stymne^a och Mulatu Geleta^a

^a *Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för växtförädling, Alnarp*

^b *Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för växtproduktionsökologi, Ultuna*
kontakt: cecilia.hammenhag@slu.se

Heter framtidens norrländska oljegröda fältkrassing?

De grödor vi odlar har utvecklats från vilda växter som domesticerats. De är färre än man kanske tror. Man uppskattar att ungefär 250 arter kan betraktas som domesticerade, och ungefär tio gånger så många har genomgått en domesticeringsprocess även om de inte är fullständigt domesticerade [1]. Idag står endast 15 grödor för mer än 70 % av det globala kaloriintaget. De grödor vi odlar på våra åkrar idag har nästan alla sitt ursprung från Mellanöstern eller regioner kring ekvatorn. Domesticering och förädling av växter är mycket långdragna processer och flertalet av dagens grödor har en mångtusenårig historia: Korn och emmervete domesticerades för ungefär 10 000 år sedan i Mellanöstern, majs något senare (9000-7000 år sedan) i Centralamerika, och ris för ca 8000 år sedan i Ostasien [2].

Växtförädling i dagens bemärkelse är något vi endast bedrivit under de senaste hundra åren eller så. Idag är växtförädlarens verktygslåda betydligt större än för tiotusen år sedan [3]. För att förbättra grödor använder man sig idag vanligtvis av korsningar för att ackumulera goda egenskaper i nästa generation. För att öka den genetiska variationen i en gröda kan man använda slumpmässig mutagenes i vilket man förändrar gener (DNA) med bestrålning eller kemikalier. Genom mutagenes kan man få fram individer med unika egenskaper som

sedermera kan korsas med tillgängliga högproduktiva elitlinjer. Med hjälp av moderna förädlingsmetoder kan man också få genetisk förändring genom att modifiera gener som kontrollerar en specifik egenskap. En av de senare och mycket lovande genmodifieringsteknikerna (GM-teknik) för detta syfte kallas CRISPR-Cas9, eller gensaxen, och med den kan man med hög precision förändra specifika gener. Flera av de moderna växtförädlingsmetoderna syftar dock inte till att skapa nya genetiska förändringar utan använder sig av den redan existerande genetiska variationen som finns i tillgängliga marknadssorter, äldre lantsorter och vilda exemplar. Genomik innebär studier av arvsmassan och metoder såsom markör-baserad selektion och genomisk selektion har sin grund i detta. Med genomik kan man koppla hur en viss del av arvsmassan ser ut till en specifik egenskap, och på detta vis välja rätt planta med bäst förutsättningar på ett mycket tidigt stadium i utvecklingen. Detta leder till att färre antal växtindivider behövs i ett förädlingsprogram och möjlighet att utföra delar av förädlingsprogrammet i växthus, istället för på fält.

Vete, potatis och majs har under tusentals år anpassats för att kunna odlas i ett kyligare klimat, men de kommer från början från varmare områden. Detta är skälet till att de sorter som utvecklas för södra och centrala delarna av Europa vanligen inte är så produktiva i de

nordligare länderna som Sverige och i vissa delar av landet inte kan odlas alls. Höstraps, som utan konkurrens är den mest odlade olje-grödan i Sverige, odlas till exempel inte i större utsträckning norr om Mälardalen på grund av dess dåliga vinterhårdighet.

Förutsättningarna för att bedriva jordbruk i norra delarna av Sverige har blivit allt sämre. Den norrländska jordbrukssektorn utmanas av glesbygdens avbefolkning och ett kraftigt minskat antal aktiva lantbrukare. Uppskattningsvis står 23 % av jordbruksmarken oanvänd i Norrbottens län och Jordbruksverket uppskattar att ungefär 3-400 000 hektar av jordbruksmark i Norrland ligger i träda eller har överlåtits till andra ändamål än odling [4]. Resultatet är igenslyade fält vilket, förutom minskad livsmedelsproduktion även negativt påverkar den biologiska mångfalden. En tredjedel av de fridlysta och rödlistade arterna i Sverige återfinns nämligen i jordbrukslandskapet, och många av dem i de norra delarna av landet [5]. Samtidigt importerar foderfabriken i Västerbotten 80 000 ton spannmål varje år och den svenska regeringen deklarerade genom sin nationella Livsmedelsstrategi 2017 att Sverige behöver odla mer mat i hela landet för att öka självförsörjningsgraden [6]. Det senare har visat sig mer angeläget och viktigare än på mycket länge i och med covid-19 pandemin.

De norrländska lantbrukarna kämpar med låg lönsamhet och alternativen för vilka grödor som kan odlas är få. Odlingen domineras helt av vall och vårkorn vilket ger mycket litet utrymme för en bra växtföljd. Bortsett från vall finns inga grödor som kan sås på hösten, täcka fälten under vintern för att skördas följande sommar. Bristen på höstgrödor gör att fält ligger nakna under vintern vilket i sin tur ökar näringsläckage vilket förorenar vattendrag och är kostsamt för lantbrukaren. Dessutom ger vanligen höstgrödor en högre avkastning än vårsådda grödor, något som lantbrukaren i norr alltså inte kan dra nytta av. Nya grödor skulle kunna lösa en del av dessa problem.

Nya grödor skapar nya förutsättningar

Åtminstone sedan 1950-talet har man letat efter nya oljeväxter. Det har inte minst handlat om att hitta råvara till oljor för industriellt bruk, men tanken på produktion av livsmedel har också funnits där. Ett spår i den forskningen har varit domesticering av vilda växter. Svenska forskare spelade tidigt en roll i detta: I en artikel från 1966 berättas om hur Lars-Åke Appelqvist och Bengt Lööf vid Svenska utsädesföreningen i Svalöf även undersöker om en del vilda växter kan ha potential som oljeväxter, bland annat sommargyllen (*Barbarea vulgaris*) [7]. Detta projekt finansierades intressant nog delvis av amerikanska jordbruksdepartementet. Sedan dess har ett antal projekt som syftar till att domesticera vilda växter genomförts, inte bara oljeväxter. Ett inhemskt exempel är salix, som ursprungligen tänkt att bidra till produktion av träråvara för massaindustrin, men som efter 1970-talets oljekris styrdes om mot bioenergi ("energiskog") [8]. Ett internationellt exempel är det pågående projektet att domesticera penningört (*Thlaspi arvense*) [9]. Penningört domesticeras som en kombinerad täck- och oljegröda för att effektivisera användandet av jordbruksmark samt bidra med råvara för biodrivmedel och djurfoder. Målet med detta projekt är att hitta en lämplig gröda som kan sås på hösten efter skörd och skördas påföljande år innan soja planteras.

Initiativet att domesticera just fältkrassing (*Lepidium campestre*) kom från framtidens professor i växtförädling vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Arnulf Merker, runt 1990. Han såg bristen på odlingsbara grödor i norra Sverige som ett problem som skulle kunna lösas. Inledningsvis undersökte han ett flertal kandidatväxter (ungefär 200 accessioner) och fann fältkrassingens lämpad för projektet [10, 11]. Egenskaper som vägde in vid detta val var till exempel vinterhårdighet, skördepotential och oljesammansättning.

Redan tidigt diskuteras ytterligare en

intressant möjlighet: undersådd i vårgöröror. Fältkrassing är tvåårig och behöver en köldperiod (vernalisering) för att övergå från vegetativ fas till blomning. I flera försök har fältkrassingens samsått med vårkornet get gott resultat. De båda grödorna sås tillsammans på våren och det snabbväxande kornet skjuter raskt i höjden medan fältkrassing har en blygsam bladrossett som täcker marken och förhindrar ogrästillväxt. När kornet skördats på sensommaren etablerar sig fältkrassing vidare under hösten för att täcka fältet under vintern. Efter köldperioden blommar fältkrassing framåt våren och kan skördas följande sommar [12].



Fältkrassing efter skörd av vårkorn (t.vä) och tidig blomning av fältkrassing (t. hö). (foto Muluat Geleta och Nils-Ove Bertholdsson)

Den vilda fältkrassing har många egenskaper som ger den stor agronomisk potential. Bland annat är den naturligt högavkastande, har en intressant oljesammansättning, bra proteinhalt och en önskvärd aminosyrakomposition. Dessutom har den ett upprätt växtsätt och frön som går att särskilja från andra odlade grödor. Men det är fältkrassingens förmåga att övervintra på nordliga breddgrader som gör den särskilt intressant. Fältkrassing kan nämligen, liksom ingen annan oljegröda på marknaden, överleva de norrländska vintrarna med snö, is och kyla. En annan egenskap som spelar stor roll för förädlingsarbetet är att dess arvs massa är diploid, vilket innebär att varje kromosom finns i två kopior. Flera av våra andra vanliga grödor är polyploider

(fler än två av varje kromosom) såsom raps och vete till exempel. En diploid växt gör att egenskaper man försöker förädla lättare kan slå igenom i nästa generation. Diploida växter har också stora fördelar när man använder moderna växtförädlingsmetoder såsom markör-baserad selektion, och CRISPR-Cas9, för att man snabbare kan få fram rena linjer.

De första mer omfattande systematiska studierna av fältkrassing som jordbruksväxt genomfördes vid SLU runt millennieskiftet. [13]. Bland annat skrev Desirée Börjesdotter en doktorsavhandling om försök med tre kandidatväxter – utöver fältkrassing undersöktes sommargyllen (*Barbarea vulgaris*) och vårgyllen (*Barbarea verna*) [14]. Forskningen finansierades bland annat av Stiftelsen lantbruksforskning, Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och SLU. Efter Börjesdotter tog Dennis Eriksson vid, och initierade det molekylära arbetet med fältkrassing som resulterade i en avhandling 2009 [15]. Eriksson med flera påbörjade klonal förökning genom vävnadsodling för att uppföröka intressant genetiskt material samt gjorde biokemiska analyser av gener som styr oljesammansättning och drösfasthet. 2010 initierade professor Sten Stymne ett projekt som finansierades av dåvarande rektor vid SLU Lisa Sennerby Forsse, vilket betydde att arbetet som Eriksson påbörjat, resulterade i ett värdefullt transformeringsprotokoll som innebär att man kunde tillämpa genmodifieringsmetoder för fältkrassing.

Med finansiering från Mistra, Stiftelsen miljöstrategisk forskning, startade forskningsprogrammet Mistra Biotech 2012. Det är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram om bioteknik i växtförädling och djuravel för hållbar och konkurrenskraftig lantbruks- och livsmedelsproduktion i Sverige. Forskare från flera lärosäten såsom SLU, Lunds Universitet och Kungliga Tekniska Högskolan har deltagit. I detta program, använder man både traditionella och moderna förädlingsmetoder för att domesticera fältkrassing. Ett större

insamlingsarbete av fältkrassingfrön genomfördes av Mulatu Geleta under sommaren 2012. Med stöd av information från medlemmar i Svenska botaniska föreningen samlade man in ett femtiotal prover från olika platser i landet, och nästan lika många från genbanker i Sverige och i utlandet. Arbetet komplicerades av att man inledningsvis inte hade helt klart för sig i vilka miljöer man kunde förvänta sig att hitta fältkrassing – växten är geografiskt vida spridd men relativt ovanlig.

Inom Mistra Biotech har fältkrassing haft en framträdande roll och finansieringen innebar ett relativt långsiktigt stöd för domesticeringsprojektet. 2015 tillkom även stöd från Stiftelsen för strategisk forskning (SSF) i form av forskningsprogrammet Oil Crops for the Future (OCF) där ett av delmålen är att utveckla en perenn (flerårig) fältkrassing.

Från vild växt till domesticerad gröda

I och med det långsiktiga stödet från Mistra biotech och SSF kunde man vid SLU starta ett för-förädlingsprogram för fältkrassing. Fokus låg på de egenskaper som skiljer en domesticerad gröda från en vild växt, dvs. grobarhet, drösfasthet (plantans förmåga att hålla kvar fröna fram till skörd) och fröavkastning. Drösning kan leda till stora skördeför-luster och är ett stort problem hos den vilda fältkrassing som har en tendens att tappa alla frön. Redan 2007 gjordes de första korsningarna mellan fältkrassing och den närbesläktade vallkrassing (*Lepidium heterophyllum*) i syfte att förbättra drösfastheten. På detta vis, genom korsningar mellan fältkrassing och närbesläktade arter, har man försökt förbättra vissa egenskaper i fältkrassing. De närbesläktade arterna vallkrassing och ytterligare en icke-namnigen krassing (*Lepidium hirtum*), har fått bidra med önskvärda egenskaper i förädlingsprogrammet. Vallkrassing är en kort-livad perenn som har korsats med fältkrassing i syfte att generera perenna hybrider som kan skördas flera år i rad med

acceptabel avkastning. I vissa fall fick dessa hybrider mer extrema egenskaper än sina korsningsföräldrar både vad det gällde perennialitet och drösfasthet [16]. För närvarande analyseras egenskaper såsom perennialitet, drösfasthet och avkastning i flera forskningslinjer som har sitt ursprung i alla tre krassingarterna (*L. campestre*, *L. heterophyllum* och *L. hirtum*).



Korsningsarbete av Mulatu Geleta på SLU Alnarp
(foto Cecilia Gustafsson)

Det tänkta odlingsystemet med två olika grödor i ett tvåårigt system är än så länge mycket ovanligt i Sverige men det har många fördelar för lantbrukare såväl som ekosystem. Eftersom åkern är bevuxen även under vintern innebär detta system minskat näringsläckage ut i vattendrag, hindrar jorderosion och binder mer kol i marken [17]. Dessutom kan det leda till mindre besprutning ogräsbekämpningsmedel. Fältförsöken under den extremt torra sommaren 2018 genererade imponerande resultat, de bästa linjerna avkastade under försöksförhållanden motsvarande upp till 6 ton/ha i Skåne och 3,3 ton/ha i Umeå. Detta kan jämföras med höstrapsen som samma år i Skåne i genomsnitt avkastade 2,5 ton/ha [18]. I Umeå kan man jämföra med vårrybsen (den enda oljegröda som går att odla i norra Sverige) som detta år i genomsnitt avkastade 1 ton/ha [18]. Anledningen till att fältkras-

singen klarade torkan bättre kan härledas till att den har ett mer utvecklat rotsystem eftersom den såddes redan våren 2017. Sommaren 2019 har genererat skördar på motsvarande 5 ton/ha i Skåne och kring 3 ton/ha i Umeå.



Fältförsök i Lönnstorp 2019 (t. vä) och Alnarp 2018 (t. hö) (foto Johanna Osterman och Cecilia Gustafsson)

Oljan i fältkrassingfröna består av till största del av linolensyra och erukasyra [11]. Linolensyra är en av de essentiella fettsyrorna och därmed önskvärd inom livsmedelsindustrin men höga halter av denna fettsyra påverkar lagringsbarheten negativt. Erukasyra har flera industriella användningsområden såsom produktion av smörjmedel, nylon och plast men anses olämplig som livsmedel. En viss del av oljan består också av oljesyra, en så kallad omega-9-fettsyra. HVO diesel (hydrerad vegetabilisk oljediesel) är ett biodrivmedel som idag framställs med tallolja (restprodukt från massaindustrin), palmolja och slaktavfall. Palmoljan är omstridd eftersom dess planter resulterar i stor avverkning av tropiska regnskogsområden och är därmed inte längre en önskvärd råvara för många miljömedvetna företag. Det råder stor brist på råvaror för den inhemska biodrivmedelproduktionen som förväntas öka i och med införandet av reduktionsplikten och Sveriges ambitioner att bli ett av de första fossilfria länderna i världen [19, 20]. SunPine AB i Piteå är ensam producent i Sverige av den komponent som omvandlas till biodrivmedlet HVO diesel av Preem Petroleum. SunPine är sedan 2018 en samarbetspartner för fältkrassingprojektet

som har potentialen att bidra med en betydande volym råolja till företaget när kommersiell odling blir aktuellt [21].

När oljan pressats ur frön återstår frökakan som antingen kan användas som bioenergi,

gödning eller alternativt ges som djurfoder. Aminosyrasammansättningen i fältkrassingfrökakan är god och proteinhalten är ca 20 % vilket tyder på att fältkrassingfrökakan skulle kunna användas som högvärdigt foder, något som de norrländska bönderna inte kan producera själva idag [11, 22]. Vi behöver inhemsk produktion av proteinrikt foder för att minska vår import och beroende av soja. En avgörande faktor till rapsens lönsamhet är, bortsett från att generera en kvalitativ utmärkt olja, att frökakan kan användas som ett högvärdigt djurfoder. Detta blev möjligt först när glukosinolatnivåerna i raps kraftigt reducerades genom traditionellt förädlingsarbete på 60-talet [23, 24]. Glukosinolater förekommer naturligt i många korsblommiga växter såsom fältkrassing, och är en del av växtens försvar mot patogener men kan vara skadligt för djur att äta i för höga doser. Precis som de äldre sorterna av raps innehåller också fältkrassing glukosinolater. Den lilla studie som gjorts visar på halter kring 180-300 $\mu\text{mol/g}$ i fältkrassing men det kan finnas en naturlig variation och därmed låg-haltiga individer som kan nyttjas för att sänka nivåerna i framtida fältkrassinglinjer [25]. Det krävs att glukosinolathalten ligger under 30 $\mu\text{mol/g}$ för

att den skall motsvara rapskåkans nivåer och därmed kunna tjäna som högvärdigt foder.

Alla kommersiella förädlingsprogram idag använder sig i princip av någon form av DNA-understödd förädling. Innan denna typ av metoder fanns tillgängliga tog det ungefär 20 år från första korsning till en ny sort fanns på marknaden. Implementering av DNA-baserade metoder kan korta ner denna tid till hälften, ibland till en tredjedel.

Två olika typer av DNA-baserade metoder används. I den ”passiva” varianterna studerar man hur DNA:t ser ut och försöker koppla det till vissa egenskaper i växten. Många gener som reglerar domesticeringsrelaterade karaktärsdrag och andra viktiga egenskaper har nyligen identifierats i fältkrassingens [26]. I dagsläget pågår arbetet med att hitta variationer i dessa gener mellan olika individer som kan kopplas till en växts utseende eller prestation på fält. Om man kan koppla dessa variationer till en önskvärd egenskap blir detta en genetisk markör som är användbar i förädlingsarbetet av fältkrassingens.

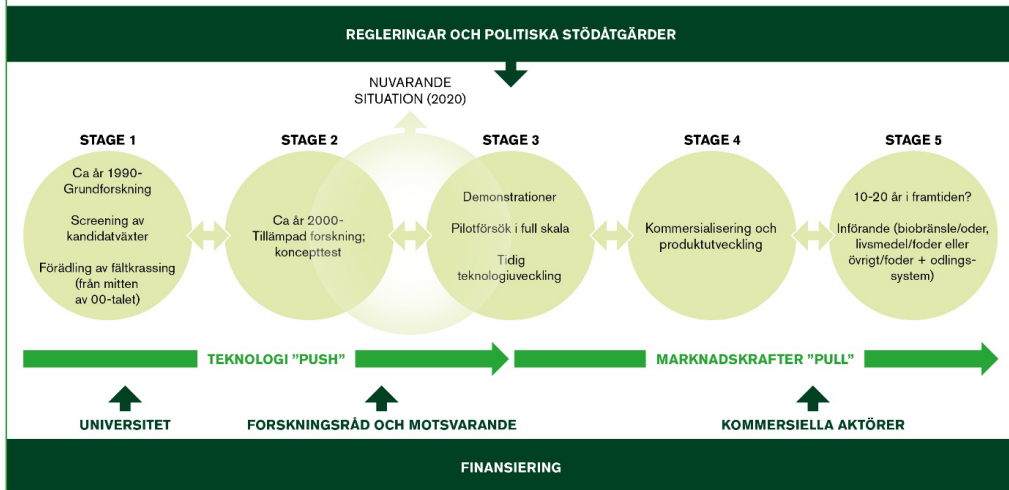
Parallellt med den traditionella förädlingen med korsningar pågår också arbete att förbättra vissa egenskaper hos fältkrassingens med GM-tekniker inklusive gensaxen CRISPR/Cas9. Dessa tekniker är de ”aktiva” DNA-baserade metoderna eftersom de innebär att man ändrar i gener. Det är problematiskt att arbeta med dessa tekniker i Europa idag på grund av EUs lagstiftning om genmodifiering, vilket i praktiken gör det omöjligt att kommersialisera en växt framtagen med denna teknik. GM-teknikerna är dock till stor hjälp ur forskningssynpunkt eftersom man kan åskådliggöra vilka gener som styr vilka egenskaper. Dessa tekniker bygger på vävnadsodling vilket kräver ett välfungerande transformeringsprotokoll, som gör att man kan föra in främmande DNA eller genediteringsverktyget i växten. Med ett sådant protokoll kunde den tidigare doktoranden Emelie Ivarson generera transgena linjer (växter med genmodifierat DNA) med förbättrad oljesammansättning där den för livsmedel lämpliga oljesyran ökade

från 11 % till 80 % samt linjer med en ökad oljehalt [27-29]. Oljesammansättningen från dessa transgena plantor skulle kunna ge fältkrassingens potentialen att användas som en livsmedelsgröda. Med GM-teknik har även plantor med minskad frödröning tagits fram och helt nya egenskaper har introducerats i växten såsom förhöjda halter av vaxestrar i fröna [30, 31]. Just nu pågår arbetet med att fastställa ett protokoll för CRISPR/Cas9 geneditering för slå ut två gener för att minska glukosinolathalten i fältkrassingfröna. Detta är ett mycket viktigt arbete eftersom, som redan nämnts, nivån av glukosinolater idag är för höga för att frökakan skall kunna användas som djurfoder.

Fältkrassingens framtid

Hur ser då fältkrassingens framtid ut?

Processen när en ny teknik ska introduceras på en marknad går stegvis. Först kommer (1) grundforskning som följs av (2) tillämpad forskning och koncepttest – att man ser att det man hittat på faktiskt fungerar. Steg (3) innebär pilotstudier och försök i större skala. Steg (4) omfattar produktutveckling och kommersialisering, och i steg (5) är produkten etablerad. I regel finansieras de tidigare stegen av offentliga medel, till exempel via forskningsråd. I de senare stegen kliver kommersiella investerare och andra aktörer in. Staten kan också påverka teknikutvecklingen på annat sätt än genom rent finansiella bidrag till forskning och utveckling. Exempelvis påverkas teknikutvecklingen av regleringar, skatter och subventioner. (Det gällande inte minst det strikta regelverket för genmodifiering, som i praktiken omöjliggör användning av dessa tekniker i jordbruksväxter.). Det mest närliggande problemet är dock det som kallas ”dödens dal” – skarven mellan de steg där man kan förvänta sig offentlig finansiering och privat. Detta kan vara särskilt problematiskt i en verksamhet som växtförädling, där utvecklingstiden är längre än i många andra branscher.



Innovationskedja fältkrassing (Grafik: Viktor Wränge)

Ska vi klara målet med att bli fossilfritt och öka vår självförsörjningsgrad måste vi ha odling i hela landet och då krävs det att vi utvecklar grödor och sorter som kan växa i norra Sverige. Vi kan inte förlita oss på att de stora förädlingsföretagen i Europa och övriga världen förser oss med sorter som går att odla i Sverige, det har de senaste trettio årens avveckling av det svenska och i synnerhet det norrländska jordbruket tydligt visat.

På mindre än 20 år har fältkrassingens utvecklats till en vinterhärdig oljegröda med potential att göra nytta i det norrländska lantbruket, bidra till att öka Sveriges självförsörjningsgrad och konkurrenskraft genom svensk biodrivmedelproduktion och ökad inhemsk fodertillverkning. Forskarna har kommit en lång bit på vägen men mycket arbete återstår innan fältkrassingens kan vara i kommersiellt bruk. Förutom förädlingsrelaterad problematik såsom att öka oljehalt och sänka nivåerna av glukosinolater behöver agronomer kring fältkrassingens förbättras. Egenskaper som grobarhet, möjlighet att konkurrera med ogräs och avkastning har visat sig vara mycket beroende av hur fältkrassingens hanteras i fält.

Vid sidan om står utmaningen att ta klivet från forskningsprojekt till en industriell odlad gröda, det vill säga, att överbrygga "dödens dal". Eftersom projektet är unikt i sitt slag finns inga givna mallar att följa, även om mycket finns att lära av historien och världens omkring oss.



En vild fältkrassingplanta (t. vä) jämfört med en domesticerad fältkrassingplanta (t. hö) 2018 (foto Wikipedia och Cecilia Gustafsson)

Summary in english

Crop varieties developed for south and central Europe are usually not as productive in northern countries like Sweden, and in some parts of these countries may not even grow. For instance, the major oilseed crop in Sweden is winter rapeseed, but because of its poor winter-hardiness it cannot be cultivated in the northern parts of the country. North of Mälardalen the productivity is too low and the overall survivability of the plants is extremely poor. Hence, there is a need to develop new oil crops that are adaptable to northern climate, something that also has been identified recently as an important area of research by the Swedish government

The agricultural industry in northern Sweden is facing many challenges due to depopulation and a rapidly decreasing number of practicing farmers in these areas. This results in unused arable land and fields overtaken with brushwood, which in turn severely affects biodiversity. Farmers are struggling with low profitability due to a limited alternative of crops that can be grown in these parts of the temperate region. Ley and spring barley are the predominant crops grown, leaving few options for variability in the crop rotation system.

Twenty years ago, the late Professor Arnulf Merker at the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), started to search for Swedish native candidate plant species to domesticate as a novel oil crop fit for cultivation in the Northern parts of the temperate region. After screening a number of accessions, field cress (*Lepidium campestre*) was finally chosen as it holds high agronomic promise as a biennial/perennial oilseed crop as it has many good characteristics of a high-yielding winter-hardy crop. Unlike any other current oilseed crop, field cress can be highly productive in the northern parts of temperate regions. In addition, field cress provides important ecosystem services as it functions as a cover crop during winter and can be undersown a spring

cereal. At the moment researchers at SLU are using modern breeding techniques to improve some of the traits that are important for a domesticated oil crop plant such as germination, oil content, pod shattering resistance and reducing anti-nutritional factors.

The oil of field cress is mainly composed of erucic acid, which is not suitable for human consumption, and linolenic acid, which is healthy to eat, but causes short shelf life of the oil. HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) diesel is produced through a hydrating reaction of plant- and animal fats and can be used as a replacement to fossil diesel. The leftover of field cress seeds after the oil extraction could potentially be utilized as high-value animal feed giving additional value to the farmers.

The domestication of field cress is a unique project that has progressed rapidly during the last decade and the possibility for commercialization is approaching. The challenge ahead, besides the work by researchers and plant breeders, is to transfer a research project into an industrially grown crop.

Referenser

1. Meyer R and Purugganan M, Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification. *Nature Review Genetics*, 2013. 14(12): p. 840-52.
2. Doebley J, Gaut B, and Smith B, The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 2006. 127(7): p. 1309-21.
3. Hickey, L.T., et al., Breeding crops to feed 10 billion. *National Biotechnology*, 2019. 37(7): p. 744-754.
4. Jordbruksverket, Skörd av spannmål, trindsäd och oljväxter 2017
5. Jacobson, A., Hur kan situationen för odlingslandskapet förbättras? *ArtDatabanken* 2017, SLU.
6. Wirsén, H. Fältkrassing -adresserar det Norrländska jordbrukets utmaningar? *Framtidens gröna energi kan odlas i Norrland- från vild växt till högavkastande oljegröda*. 2018. Kungliga Skogs- och Lant-

- bruksakademien (KSLA), Stockholm.
7. U.S.Department of Agriculture, Swedish scientists develop oilseed crops for Industry in U.S. — food in Sweden. Agricultural research 1966. 15(4): p. 8-9.
 8. Sirén, G., Överlevelse och produktion hos snabbväxande Salix- och Populus-kloner för skogsindustri och energiproduktion. 1976.
 9. Chopra R, Johnson E, Emenecker R, Cahoon E, Lyons J, Kliebenstein D, Daniels E, Dorn K, Esfahanian M, Folstad N, Frels K, McGinn M, Ott M, Gallaher C, Altendorf K, Berroyer A, Ismail B, Anderson J, Wyse D, Ulmasov T, Sedbrook J and David Marks, Identification and stacking of crucial traits required for the domestication of pennycress. *Nature Food*, 2020. 1(1): p. 84-91.
 10. Nilsson, P. Johansson SÅ, and Merker A, Variation in seed oil composition of species from the genera *Barbarea* and *Lepidium*. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, 1998. 48(3): p. 159-164.
 11. Andersson A, Merker A, Nilsson P, Sörensen H, Åman P, Chemical composition of the potential new oilseed crops *Barbarea vulgaris*, *Barbarea verna* and *Lepidium campestre*. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 1999. 79: p. 179-186.
 12. Merker A, Eriksson D, and Bertholdsson N-O, Barley yield increases with *undersown Lepidium campestre*. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 2010. 60(3).
 13. Merker A and Nilsson P, Some oil crop properties in wild *Barbarea* and *Lepidium* species. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 1995.
 14. Börjesdotter D, Potential Oil Crops: Cultivation of *Barbarea verna*, *Barbarea vulgaris* and *Lepidium campestre*. 1999, PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.
 15. Eriksson, D., Towards the Domestication of *Lepidium campestre* as an Undersown Oilseed Crop. 2009, PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.
 16. Ortiz R, Geleta M, Gustafsson C, Lager I, Hofvander P, Löfstedt C, Cahoon E, Minina E, Bozhkov P, Stymne S, Oil crops for the future. *Current Opinion of Plant Biology*, 2020.
 17. Cox, T.S., et al., Prospects for developing perennial-grain crops. *Bioscience*, 2006. 56(8): p. 649-659.
 18. Jordbruksverket, *Jordbruksverket statistik 2018*
 19. Energidepartementet, *Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen*, Regeringskansliet 2017.
 20. *Marknaderna för biodrivmedel 2016*, Energimyndigheten Sverige
 21. Edin M. Fältkrassing-oljan ett möjligt tillskott för det svenska bränslebytet. in *Framtidens gröna energi kan odlas i Norrland— från vild växt till högvakastande oljegröda*. 2019. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien (KSLA), Stockholm.
 22. Arefaine H., *Lepidium cake as a feed stuff to pigs*, MSc thesis, Department of Animal Nutrition and Management. 2016, Swedish University of Agricultural Sciences.
 23. Eskin N and Przybylski R. Rape seed oil/canola, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. 2003, Academic Press. p. 4911-4916.
 24. Rapeseed association of Canada. *New Variety Licenced. Rapeseed digest*, 1974. 8(3).
 25. Isoz, M., *Glucosinolates in Lepidium campestre— Method development and analysis*, MSc thesis, Department of Molecular Sciences. 2018, Swedish University of Agricultural Sciences.
 26. Gustafsson C, Willfors J, Lopes-Pinto F, Ortiz R and Geleta M. Identification of genes regulating traits targeted for domestication of field cress (*Lepidium campestre*) as a biennial and perennial oilseed crop. *BMC*

Genetics, 2018. 19(1): p. 36.

27. Ivarson E, Ahlman A, Li X and Zhu LH, Development of an efficient regeneration and transformation method for the new potential oilseed crop *Lepidium campestre*. BMC Plant Biology, 2013. 13: p. 115.
28. Ivarson E, Leiva-Eriksson N, Ahlman A, Kanagarajan S, Bulow L and Zhu LH. Significant increase of oleic acid level in the wild species *Lepidium campestre* through direct gene silencing. Plant Cell Reports, 2016. 35(10): p. 2055-63.
29. Ivarson, E., et al., Effects of Overexpression of WRI1 and Hemoglobin Genes on the Seed Oil Content of *Lepidium campestre*. Frontiers in Plant Science, 2016. 7: p. 2032.
30. Ivarson E, Iven T, Sturtevant D, Ahlman A, Cai Y, Chapman K, Feussner I, Zhu LH. Production of wax esters in the wild oil species *Lepidium campestre*. Industrial Crops and Products, 2017. 108: p. 535-542.
31. Ivarson, E., Development of *Lepidium campestre* into a new oil and catch crop. 2016, PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.



Cecilia Hammenhag är forskare vid SLU, Inst. för växtförädling
cecilia.hammenhag@slu.se



Per Sandin är universitetslektor vid SLU, Inst. för växtproduktionsekologi
per.sandin@slu.se



Li-Hua Zhu är professor vid SLU, Inst. för växtförädling
li-hua.zhu@slu.se



Sten Stymne är professor emeritus vid SLU, Inst. för växtförädling
sten.stymne@slu.se



Mulatu Geleta är forskare vid SLU, Inst. för växtförädling
mulatu.geleta@slu.se

Långsiktig och uthållig växtförädling av äpple vid SLU

Long-term and sustainable plant breeding in apple at SLU

Anders Nilsson och Kimmo Rumpunen

SLU Grogrund gav hösten 2018 i uppdrag till SLU Holding att genomföra en utredning av möjligheterna att bredda finansieringen av den äppleförädling som genomförs vid SLU i Balsgård och förutsättningarna för ett ändrat huvudmannaskap. Det betonades att den sortframställning som bedrivs framöver skulle vara långsiktig och uthållig.

Uppdraget har successivt avrapporterats till ledningen för SLU Grogrund. Denna artikel bygger på en del av det arbetsmaterial som tagits fram inom ramen för detta uppdrag. Slutsatserna från utredningen har resulterat i att fakultetsledningen har beslutat att äppleförädlingen ska flyttas till Alnarp och fortsatt bedrivas av SLU. Planeringen för att genomföra denna förändring har påbörjats i vilken undertecknade medverkar. Jämfört med det framtagna materialet har därför formuleringar i denna artikel nyanserats. Pågående arbete inkluderar även en flytt av representativa delar av samlingarna av andra arter i Balsgård, vilket Roland von Bothmer ansvarar för.

Kort historik

Fruktodlare i Kristianstad-trakten bildade i juli 1941 "Föreningen för växtförädling av fruktträd". Föreningen fick bidrag från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse vid flera tillfällen för att bedriva växtförädling av fruktträd, vilket gjorde det möjligt att förvärva en fastighet, Balsgård, och uppföra de byggnader som behövdes för växtförädlingen. Under de första tio åren skedde en stark tillväxt av verksamheten. 1960 kom ett branschforskningsinstitut till stånd i form av en stiftelse som övertog

föreningens verksamhet.

1970 blev Balsgård förstatligt som en del av dåvarande Lantbrukshögskolan på motsvarande sätt som nästan all institutverksamhet inom lantbruk och trädgård. När SLU bildades 1977 kom Balsgård att tillhöra Institutionen för trädgårdsvetenskap i Alnarp, men har från 1990-talets början haft varierande organisatorisk hemvist och under en period utgjort Institutionen för hortikulturell växtförädling. Verksamheten i Balsgård är sedan ett antal år en arbetsenhet inom Institutionen för växtförädling i Alnarp.

Med början under den senare delen av 1980-talet skedde en ny expansion av verksamheten. Förädling av nya frukt- och bärgrödor tillkom, liksom av rosor och andra perenner. Forskning om vidareförädling av de grödor och växtslag som bearbetades blev en ny aktivitet. Nya lokaler byggdes och utrustades, bl.a. en pilothall med tillhörande laboratorium, och ytterligare mark kunde köpas. Men vid mitten av 90-talet minskade de statliga medlen till tillämpad forskning och försöksverksamhet drastiskt. Samtidigt upphörde de externa anslagen till fytokei mm. En genomgång av verksamheten i Balsgård blev nödvändig under åren 2000-2005 med en fokusering på växtförädling i främst äpple, vilket underlättades av framgångsrik finansiering av forskarutbildning inom växtförädlingsområdet i Balsgård. 2007 tog rektor för SLU och Jordbruksverket emellertid beslut om att den nationella genbanken för Programmet för odlad mångfald, POM, skulle placeras i sin helhet i Alnarp, också för

frukt och bär. Detta innebar att de resurser som fram till dess tilldelats Balsgård för att sköta de genetiska samlingarna flyttades till Alnarp, vilket också fick konsekvenser för växtförädlingen. Denna fick på nytt bättre förutsättningar när SLU fick ett uppdrag att bedriva växtförädling fr.o.m. 2009 med finansiering från Formas, Jordbruksverket, SLF och SLU. Med det nordiska samarbetet PPP Pre-breeding kunde från 2012 ett projekt för resistensförädling i äpple startas i samarbete med kollegor i Finland och Norge. 2011 hade emellertid fakultetsledningen tagit beslut om att flytta forskarutbildning och forskning till Alnarp och institutionsbyggnaden lämnades något år senare.

De 30 första årens instituttslika verksamhet var koncentrerad på växtförädling av främst äpple även om andra frukt- och bärgrödor också förädlades. Under de följande 30 åren, sedan Balsgård blivit en del av först Lantbrukshögskolan och därefter SLU, var växtförädlingen av äpple inte på samma sätt navet i verksamheten. Under de senaste 15 åren har verksamheten på nytt kommit att kretsa kring denna växtförädling samt i viss mån svarta vinbär. Det hindrar inte att det fortfarande finns betydande genetiska samlingar i Balsgård i en rad andra växtslag som kan utgöra underlag för forskning vid LTV-fakulteten eller andra delar av SLU.

Intresset för verksamheten i Balsgård har varit stort från olika håll genom åren. Till nätverket hör yrkesodlarnas organisationer, livsmedelsföretag som utnyttjar frukt och bär, Elitplantstationen, plantskolor, Fritidsodlarnas Riksförbund, strukturer för samverkan mellan akademi och näringsliv som Krinova, Partnerskap

Alnarp, Tillväxt Trädgård och Ideon Agro Food samt forskargrupper inom SLU, Lunds universitet, Kristianstad Högskola med flera lärosäten.

Av de äpplesorter som tagits fram är 'Aroma' den sort som fått störst genomslag hos yrkesodlarna. Numera odlas också den röda mutanten 'Amorosa' i stor omfattning och svarar för upp emot hälften av planteringen av 'Aroma'. Sorten har trots en begränsad hållbarhet en uppskattad ätkvalitet under flera månader. Den omfattande odlingen av dessa två sorter och intresset från handel och konsumenter för äpplen som säljs under beteckningen 'Aroma' visar på betydelsen av ett starkt varumärke. De tidigmognande 'Alice' och 'Katja' har haft stor betydelse men har nu gått tillbaka. Under senare år har 'Frida' fått stort genomslag och når i kraft av sin lagringsduglighet fruktdiskarna relativt långt fram på säsongen. 'Henric Åkesson' har tagits upp av Kiviks Musteri. Övriga sorter återfinns främst i hemträdgårdar.



Frida' är den sort som förväntas inbringa mest royaltyintäkter över tid genom den ensamrätt som Äppelriktet har till denna sort. (Foto Kimmo Rumpunen)

Sort	Härstamning	Korsning	Selektion	Marknads- förd
'Alice'	'Ingrid Marie', fri pollinering	1943		1963
'Katja'	'James Grieve' x 'Worcesterparmän'	1947		1966
'Aroma'	'Ingrid Marie' x 'Filippa'	1947	1957	1973
'Sylvia'	'Gyllenkroks astrakan' x 'Worcesterparmän'	1945	1956	1973
'Kim'	'Cortland' x 'Ingrid Marie'	1946	1958	1976
'Amorosa'	röd form av 'Aroma'		1982	2000
'Birgit Bonnier'	'Cortland' x 'Lord Lambourne'		1965	1992
'Eva-Lotta'	'Cortland' x 'James Grieve'			1992
'Rödluvan'	'Lobo' x 'Barhatnoe'	1970	1980?	1994
'Fredrik'	'Aroma' x PRI 1858/102	1988	1997	2009
'Frida'	'Aroma' x PRI 1858/102	1988	1998	2007
'Folke'	'Aroma' x PRI 1858/102	1988	1997	2014
'Gratia'	'Aroma' x PRI 1858/102	1988	1993	2018
'Agnes'	'Discovery', fri pollinering	c. 1985	1995	2014
'Lovisa'	'Katja' x 'Priscilla'	1988	1997	2015
'Trulsa'	'Eva-Lotta' x B4:1547	c. 1985	1996	2014
'Henric Åkesson'	Co-op 19, fri pollinering	1998	2005	2019

Nuläge

Balsgårds totala markareal uppgår till ca 55 ha. Mindre än 50 ha kan utnyttjas för växtförädlingen men på delar av fälten finns dessutom genetiska samlingar av växtmaterial från tidigare epoker av verksamheten i Balsgård. En stor del av arealen kan bevattnas.

Växtförädlingen utnyttjar institutionsbyggnadens källarvåning som inrymmer arbetslokaler för kvalitetsbestämning av frukt, kylager för förvaring av frukt, personalutrymmen och arbetslokal i anslutning till enklare växthus för uppdragning av fröplanter. En mindre maskinhall och en arbetshall används också av växtförädlingen. Dessutom hyrs kontorsrum för förädlaren från Balsgård Foodtech AB i Pilothon. Detta företag har övertagit den verksamhet som tidigare byggts upp och drivits inom projektet Centrum för innovativa drycker (CID). Institutionsbyggnaden i övrigt med två våningsplan och ett

av två bostadshus som anpassats för laboratorieverksamhet är numera oanvända. Det andra bostadshuset har nyligen renoverats inför uthyrning.

Fram till sin pensionering 2017 var prof. Hilde Nybom ansvarig för växtförädlingen i äpple vid sidan av den forskning och forskarutbildning som hon svarade för. Ansvaret för växtförädlingen i Balsgård togs då över av Kimmo Rumpunen. Samtidigt koncentrerades förädlingen till äpple även om vinbär fortsatt bearbetas. Däremot har förädlingen av havtorn begränsats till utvärdering av befintligt material. Här finns också en omfattande genpool av äpplesorter och *Ribes*-sorter för förädlingens behov och genetiska samlingar i övrigt av ett antal växtslag som vidmakthålls för framtida forskning vid institutionen och fakulteten i övrigt. Den genetiska samlingen av 550 äpplesorter, 350 internationella och

200 lokala, är en värdefull bas för växtförädlingen i äpple och den forskning som är knuten till denna. Under de sista åren har den kompletterats med ett antal sorter för ciderproduktion. The Global Crop Diversity Trust har nyligen i sin strategi för bevarande och nyttjande av genetiska resurser av äpple pekat på betydelsen av tillgång till sådana samlingar för att kunna möta de utmaningar som man står inför i växtförädlingen av äpple. Dessutom pågår forsknings- och pre-breedingprojekt som leds av forskare vid institutionens Alnarpsdel där personal i Balsgård medverkar. Kimmo Rumpunen är också engagerad i flera mer utvecklingsinriktade projekt. Sedan CID övertagits av Balsgård Foodtech bestod SLUs personal i Balsgård under 2020 av:

Kimmo Rumpunen växtförädlare och forskare
Tove Grankvist försökstekniker (visstidsanställd)

Barbro Johnsson trädgårdsförman
Stefan Olsson driftsledare

Kriterier för utvärdering och selektion är bl.a.

- fruktens yttre kvalitet som utseende, storlek, form, färg, korkrost, sprickbildning
- fruktens inre kvalitet, främst smak, syra, socker, krispighet, hårdhet, skaltjocklek, mösk, kärnhusröta
- fruktens mognad, lagringsduglighet och stötkänslighet
- resistens mot viktiga sjukdomar som äppleskorv, mjöldagg, fruktträdkräfta och lagringsjukdomar
- växtsätt inkl. känslighet för vårfroster, blomning, fruktfall och avkastning.

Sammantaget handlar det om ett 40-tal karaktärer som ska utvärderas innan en ny sortkandidat kan lämnas över till yrkesodlare och plantskolor. Det gör det nödvändigt att genomföra selektionen i steg, normalt räknar man med tre steg där träden måste börja bära frukt i varje steg, dvs. övergå från juvenilt till adult stadium.

Resurserna för sortutveckling av äpplesorter har varit tämligen begränsade under senare år trots den finansiering som tillkom med SLUs uppdrag att bedriva växtförädling fr.o.m. 2009. Under något år har också årsmånen inneburit stora problem för korsningsarbetet. Detta har inneburit att antalet fröplantor som etablerats inte varit mer än i genomsnitt 500 plantor/år under åren 2010-2017. Förutsättningarna för korsningar var ovanligt goda under 2018, varför ca 4 500 fröplantor nu väntar på utplantering. Frost i blomningen 2019 innebar å andra sidan att det årets korsningar blev mer eller mindre resultatlösa. Problemet med frost i blomningen upprepades 2020 även om konsekvenserna inte blev lika dramatiska. Våren 2019 fanns 30 selektioner som identifierats fram till 2012 och därefter planterats i sortförsök under 2014 eller 2016. Under 2013-2016 har ytterligare 16 selektioner valts ut som planterats i sortförsök våren 2019. 5 nya selektioner har valts ut under 2018 och planterades hösten 2019. Dessutom har 22 selektioner valts ut 2018 för fortsatt observation under 2019 inför beslut om eventuell uppförökning inför plantering kommande år, varav fyra hittills har gått vidare till sortförsök. En korsning 'Goldrush' x 'Katja' år 2012 har gett ett antal intressanta avkommor och en första klon har redan avancerats till 2:a selektion. På grund av frost i blomningen 2019 och 2020 har utvärderingen av utvalda selektioner försenats.

I ansökan till Grogrund våren 2018 angavs en ambition om att kunna etablera 20 x 200 = 4 000 fröplantor/år för en första utvärdering och selektion men denna ansökan beviljades inte. Däremot tilldelades medel för att starta sortutveckling av härdiga must- och ciderräpplsorter. Ambitionen är att dimensionera detta kompletterande program för 10 x 200 = 2 000 fröplantor/år under fem år. Som ett resultat av genomförda korsningar finns ca 2 000 fröplantor som nu väntar på utplantering. Dessutom har befintliga växtförädlingspopulationer selekterats med avseende

på potentiella cider- och must-äppelsorter, varvid ett par intressanta sortkandidater hittats. En av dessa kan nu uppmpas för sortförsök.

I ett under 2012-2017 genomfört nordiskt pre-breedingprojekt kring äpple har fokus legat på att ta fram protokoll för gradering av resistens mot frukträdskräfta och lagringsjukdomar i nordiska och baltiska äpplesorter, vilket har resulterat i identifiering av genkällor som nu kan användas i korsningarna. Ett fortsatt nordiskt pre-breedingprojekt 2018-2020 omfattade ytterligare yterligare karaktärisering av nordiska och baltiska sorter. Protokoll för fenotypning av olika egenskaper har harmoniserats och möjligheten att använda icke-destruktiva och snabbare metoder för fenotypning har också utvärderats. Urval av en gemensam nordisk referens- och diversitetssamling har utförts och samlingarna har genotypats. Validering av olika tillgängliga genmarkörer har påbörjats.

Ett projekt för att skapa förutsättningar för sortutveckling baserad på analys av kompletta genom för planering av korsningar och selektion av fröplantor för snabbare identifiering av potentiellt intressanta sorter har finansiering från Grogrund. I ett första steg kan analys av korsningsföräldrar bli ett värdefullt verktyg, medan den fortsatta implementeringen kräver omfattande analys av den genetiska bakgrunden i kombination med fenotypning för en rad värdefulla egenskaper och validering för att på längre sikt kunna användas.

Beträffande äppleskorv sker en viss utveckling av nya raser hos skadesvampen samtidigt som det finns flera specifika resistensgener, varför det inte räcker att basera urvalet enbart på tester av fröplantor i växthus för fältresistens eller på marköranalyser för ras-specifik resistens. Däremot kan marköranalyser utnyttjas för att kombinera fältresistens med pyramidisering av kända resistensgener hos använda korsningsföräldrar. I nuvarande sortframställning används korsningsföräldrar med såväl specifik resistens som fältresistens.

En långsiktigt uthållig växtförädling av äpple

För odling av äpplen i Norden sätter klimatet sina begränsningar och det är bara sorter som är jämförelsevis tidiga eller medeltidiga ur ett europeiskt perspektiv som lämpar sig för odling. Till detta kommer krav på lagringsduglighet för att frukten ska kunna marknadsföras under så stor del av året som möjligt och ett växtsätt som gör att skadliga vårfroster så långt möjligt undviks. Dessa krav skiljer sig markant från de förädlingsmål som internationellt inriktade förädlingsprogram arbetar med i sin framtagning av sorter som befinner sig i det medelsena-sena segmentet av äpplesorter. Dessutom marknadsförs dessa sorter i första hand som klubbсорter för internationella aktörer och är därför inte tillgängliga för svensk odling.

Ytterligare ett krav på nya äpplesorter för svensk kommersiell odling är god resistens mot de viktigaste sjukdomarna på grund av att svenska odlare successivt får sämre tillgång till nya kemiska bekämpningsmedel. Detta hänger samman med att vår marknad är liten och att kemiföretagen inte bedömer att den kan motivera en registrering i Sverige även om vi ingår i den nordliga zonen inom EU tillsammans med Danmark, Finland och de baltiska länderna för bedömning av preparat. Till detta kommer det ökade intresset för ekologisk odling av frukt. Därvid har resistens mot äppleskorv och lagringsjukdomar högst prioritet eftersom angrepp av dessa sjukdomar måste sorteras bort vid försäljning som dessertfrukt. Frukträdskräfta är också en allvarlig sjukdom i vårt klimat som kan ha stor ekonomisk betydelse genom att den påverkar odlingens uthållighet över tid. Effekten kan vara särskilt allvarlig om nysatta äppelträd har infekterats redan vid uppdragningen i plantskolor, vilket förekommit. Av de allmänt odlade sorterna har 'Ingrid Marie' svag tolerans mot förekommande sjukdomar.

Till dessa krav på anpassning till vårt klimat och på resistens kommer önskemål från

marknad och konsumenter om smak, textur och inre kvalitet i övrigt, tunt skal och allt annat som förknippas med en attraktiv frukt. Lagringsduglighet och olika mognadstid är viktiga egenskaper för odlarna liksom fruktens storlek och hur rik den är.

I ett framtida program för sortutveckling av äpple måste effektiva metoder för screening och selektion utnyttjas och förädlingscykeln så långt möjligt förkortas. I ett första steg kan icke-destruktiv analysutrustning användas för screening av fruktens inre kvalitet, kompletterat med utrustning för bedömning av fruktens textur. Övergången från juvenilt till adult stadium, där fröplantorna bär frukt, kan förkortas med 1-2 år genom att de drivs maximalt i växthus under det första året och ympning på tidigbärande och svagväxande grundstammar.

Ett modifierat schema för sortframställningen i äpple för dessertfrukt kan ha följande utformning, förutsatt att tillräckliga resurser finns att tillgå. Material från cider- och mustprojektet ingår initialt:

Det presenterade schemat innebär en avsevärd förkortning av processen fram till sortkandidat jämfört med nuläget. De angivna intervallen för selektion antyder möjlighet att

identifiera mycket intressanta kloner redan det första året av fruktsättning i respektive steg. Schemat kräver investeringar och personella resurser för upp ympning (kan köpas externt), uppdragning av fröplantor i växthus samt plantering och skötsel i fält. Dedikerad personal för arbete med korsningar, graderingar i fält och analys av kvalitetsegenskaper under lagringen är nödvändig. Utnyttjande av marköranalyser förutsätter att det finns tillgång till validerade markörer av intresse för specifika egenskaper och kan i så fall medverka till önskad neddragning av materialet i fröplantpopulationen och fröplantkvarter inför selektion till sortförsök 1. Den indikerade förkortningen av förädlings-schemat innebär att osäkerheten i selektionerna ökar, även om förädlaren har tillgång till omfattande genetiska analyser. Effektiviteten i selektionsarbetet ökar om korsningskombinationerna baseras på genetisk analys av potentiellt använda korsningsföräldrar.

Identifiering av två sortkandidater/år i huvudprogrammet bedöms vara en tillräcklig, men också nödvändig bas för att en sort för yrkesodling vart 5:e-7:e år ska kunna presenteras efter fortsatt provning och utvärdering av odlare och marknad. Här kan också ingå

År	Aktivitet	Antal/år
0	Korsningar	20 +
1	Fröplantor i växthus, screening för skorv, växtsätt, marköranalys	4 000 +
3	Till fröplantkvarter, efter upp ympning på M9	600
4-8	Observation i fröplantkvarter, ev marköranalys	600
6-8	Selektion till sortförsök 1 och förökning på M9	20
7-13	Sortförsök 1, två lokaler	20
9-13	Selektion som sortkandidat, förökning på M9	2
10-19	Sortförsök 2, tre lokaler, planteras vart 3:e år	
11-20	Ev utvärdering hos yrkesodlare	

någon sort för yrkesodling i Danmark eller Finland. Bland de kandidater som yrkesodlingen inte plockar upp bör ytterligare en sort vart 2:a-3:e år kunna identifieras, i första hand för hemträdgårdar.

Kraven för cider- och mustsorter är inte lika strikta, särskilt som vi saknar mer utpräglade sådana sorter idag. Om en sort för yrkesodlarna identifieras vart 2:a-3:e år, kan behovet snart vara mättat.



Lovande selektion från korsningen 'Goldrush' x 'Katja' 2012, selekterad 2018. Ett aromrikt, krispigt och vackert äpple på ett rikbärande träd. (Foto Kimmo Rumpunen)



Lovande selektion från 'Gratia' fri pollinering 2010, selekterad 2020 för uppmpning till sortförsök. Ett aromrikt, bittersött och friskt äpple på ett rikbärande träd. Mycket högt innehåll av löslig torrsäbstans (17° Brix) och svag benägenhet att oxidera. (Foto Kimmo Rumpunen)

Det sista steget i sortframställningen bör vara en fortsatt provning av 6 sortkandidater selekterade i sortförsök 1 och dessutom ett 10-tal utländska sorter som kan bli tillgängliga för odling i Sverige och/eller användas som korsningsföräldrar. Sortförsök 2 etableras vart 3:e år på tre lokaler varav två i Skåne och ett i Mellansverige. Val av lokaler bör spegla behov av att ligga såväl i anslutning till förädlingsstationen och svensk fruktodling som i Mellansverige med kärvare förhållanden men likväl acceptabla för en expansion av yrkesodlingen. Dessa sortförsök är ett nödvändigt komplement till den utvärdering som Äppelriket genomför för sina medlemmar, om nya lämpliga sorter ska kunna identifieras för yrkesodling norr om Skåne och för hemträdgårdar.

Sammantaget skulle därmed verksamhet knuten till sortframställning i äpple bestå av:

- Sortframställning i äpple med inriktning på dessertfrukt för svensk odling, huvuduppgift
- Sortframställning av must- och cideräpplen, initialt under fem år
- Sortprovning av svenska sortkandidater och nya utländska sorter
- Medverkan i pre-breeding och forskningsprojekt i äpple
- Upprätthålla växtsamlingar för sortframställningens, forskningens och utbildningens behov.

För att säkra att verksamheten fortsatt har sin tyngdpunkt i huvuduppgiften, dvs. sortframställning med inriktning på dessertfrukt för svensk odling, så bör en styrgrupp inrättas med en representant vardera för Äppelriket, LRF Trädgård, Svenska Musterier och SLU.

Summary

The Dean of the LTV-faculty, SLU, has decided that the apple breeding program and activities in Balsgård are to be re-localized to Alnarp. Here, a short history and presentation

of the present status of the apple breeding program is given, followed by a discussion on the set-up of long-term and sustainable apple breeding in Alnarp. The article is based on material from an assignment to look into the prerequisites for continued apple breeding in Balsgård and ongoing preparations for the re-location of the apple breeding to Alnarp.

Referenser

- Nilsson, F. 1971. *Balsgårds verksamhet under perioden 1941 – 1970*. Meddelande n:r 63 från Institutet för Växtförädling av Frukt och Bär, Balsgård, Kristianstad.
- Peil, A., Kellerhals, M., Höfer, M. and Flachowsky, H. 2010. *Apple Breeding – From the Origin to Genetic Engineering*. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 5 (Special Issue 1), 118-138, 2011 Global Science Books.
- Bramel, P.J. and Volk, G. 2019. A global strategy for the conservation and use of apple genetic resources. Global Crop Diversity Trust. Bonn, Germany.
- Pre-breeding for future challenges in Nordic fruit and berries, ansökan till PPP Pre-breeding 2017.
- Framtidens äpple – Program för utveckling av en hållbar och konkurrenskraftig äppelproduktion i Sverige, ansökan till Grogrund 2018.
- Sorter framtagna och marknadsförda av Balsgård 1962-2004, Kimmo Rumpunen, SLU Balsgård. PM mars 2005.



Anders Nilsson är tidigare forskningssekreterare vid SLU, Alnarp.
anders.nilsson@slu.se



Kimmo Rumpunen är docent vid SLU, Inst. för växtförädling.
kimmo.rumpunen@slu.se

Äntligen en EU-strategi för genetiska resurser?

An EU strategy for genetic resources, at last?

Jens Weibull

Den 24 mars 1994 blev Europeiska unionen part till konventionen om biologisk mångfald. Sverige var som land faktiskt en vecka snabbare. Konventionen, ofta förkortad CBD på grund av den engelska benämningen Convention on Biological Diversity – vilar på tre grundpelare:

- den biologiska mångfalden – och därmed också de genetiska resurserna – ska bevaras,
- mångfalden ska användas på ett hållbart sätt,
- och eventuella vinster som uppstår när den används – t.ex. genom växtförädling – ska fördelas rättvist.

Det faktum att konventionen trädde i kraft alldeles innan nyårsafton 1993 satte igång en hel kedjereaktion av processer (Weibull 2014a och b). Vem mer än en handfull forskare hade hört talas *genetiska resurser*, och vad betydde egentligen alla dessa beslut som hade tagits på högsta politiska nivå? För en del kom insatserna senare att framstå som överilade eftersom ingen tycktes ha funderat över de möjliga konsekvenserna. FN:s jordbruks- och livsmedelsorgan FAO fick emellertid snabbt igång ett arbete för att ta fram en översiktsskild av läget för världens växtgenetiska resurser, och redan 1996 kom den första så kallade globala statusrapporten. Den ledde i sin tur till att FAO:s kommission för genetiska resurser 1998 antog världens första handlingsplan för att inom en rad områden stärka det nationella, regionala och internationella insatserna för den odlade mångfalden. Tretton år senare – 2009 – levererade FAO den andra globala

statusrapporten vilken lade grunden för en reviderad handlingsplan som Rådskonferensen antog två år senare. I skrivande stund läggs sista handen vid de nationella rapporterna som utgör grunden för FAO:s tredje globala rapport, med sikte på att antas 2023.

Bland de många rekommendationer som den första handlingsplanen presenterade fanns den centrala som uppmanade samtliga medlemsländer att upprätta nationella program för växtgenetiska resurser. För svensk del fick Jordbruksverket i uppdrag att tillsammans med berörda aktörer ta fram ett förslag till ett nationellt program, och programmet som vi känner som Programmet för odlad mångfald (Pom) firar i år sitt 20-årsjubileum. I januari 2021 inleds den fjärde programperioden som sträcker sig t.o.m. 2025.

Inte bara växter

Men FAO:s insatser slutar inte vid den odlade mångfalden. Liknande globala statusrapporter och handlingsplaner har efter mycken möda tagits fram och satts i verket också för husdjurens och skogens genetiska resurser. Här är man, precis som för växterna, i full fart med att följa upp och revidera tidigare planer enligt en cyklisk procedur. De så kallade akvatiska genetiska resurserna är också i fokus för en global rapport, och i det långsiktiga perspektivet kommer förmodligen liknande arbeten att omfatta de ryggradslösa djur och mikroorganismer som är av betydelse för jordbruk och livsmedel. Den nyligen publicerade rapporten om biologisk mångfald (FAO, 2019) visade nämligen med all

önskvärd tydlighet både i vilket kritiskt läge många av världens produktionssystem befinner sig, men också hur stora kunskapsbristerna är. Rapporten pekar ut en rad drivkrafter bakom den försämrade situationen, men ger ändå en anvisning om vad som bör göras och inte minst ur ett policyperspektiv.

Men EU då?

Som nämnts är det snart 30 år sedan EU blev part till CBD. Men vad har egentligen hänt under den tiden? Här är inte platsen att redovisa alla de ekonomiska satsningar som EU har gjort inom ramen för olika forskningsprogram, riktade utlysningar, tematiska specialprogram för utveckling av värdekedjor för traditionella livsmedel, osv. Men ett är i alla fall säkert och det är att EU under alla dessa år inte har samlat krafterna för att utforma en enhetlig politik för att bevara och hållbart bruka den biologiska mångfalden. En tydlig illustration är det faktum att frågor som rör genetiska resurser hanteras av fem olika generaldirektorat som vart och ett lägger sitt särskilda perspektiv på ämnesområdet. Dels har detta hittills lett till att ge en splittrad bild av vad unionen vill och strävar efter, dels har det försvårat kontakterna med kommissionen eftersom EU:s olika berörda aktörer inte riktigt har vetat hur dialogen ska kunna föras, och inte heller med vem. Men nu tycks flera pusselbitar – slumpmässigt eller inte – kunna falla på plats.

En ny kommission – en ny politik

Det har nog inte undgått de flesta att den nya kommissionen under ordförande Ursula von der Leyen har anträtt en ny väg både när det gäller den gemensamma jordbrukspolitiken och ansträngningarna för att komma till rätta med det allvarliga läget när det gäller unionens biologiska mångfald. Kommissionens så kallade Gröna Giv (Green Deal), som syftar till en ren och cirkulär ekonomi inom EU, och förslaget till en ny biodiversitetsstrategi – *Ge naturen större plats i våra liv* – fram till

2030, som utgör ett konkret inspel till arbetet med nya globala mål, får ses som konkreta steg framåt för Europa. Och för första gången omnämns de genetiska resurserna uttryckligen i politiska måldokument på den allra högsta nivån:

”Försämringen av den genetiska mångfalden måste också vändas, bland annat genom att underlätta användningen av traditionella växtsorter och djurraser. Detta skulle också ge hälsofördelar eftersom det främjar en mer varierad och näringsrik kost. Kommissionen överväger en översyn av saluföringsreglerna för traditionella växtsorter för att bidra till att de bevaras och används på ett hållbart sätt. Kommissionen kommer också att vidta åtgärder för att underlätta registrering av utsädessorter, även för ekologiskt jordbruk, och för att underlätta marknadstillträdet för traditionella och lokalanpassade sorter.”¹

Den nogräknade noterar säkert att texten innehållsmässigt är ganska vidlyftig och kanske inte så specifik, men det är inget att förvånas över. Om 27 länder ska kunna enas om ett politiskt dokument, och kanske inte minst om en vision, så förutsätter det texter som har en inneboende ”töjman”. Men – och detta är viktigt att komma ihåg – bara det faktum att dokumentet nämner *den genetiska mångfalden* gör att frågan i ett slag har lyfts upp till högsta politiska nivå, och i ett politiskt sammanhang som ges generellt stöd.

”Genresursbron”

Inom Europa finns sedan en lång tid tillbaka tre skilda nätverk som vart och ett arbetar för att bevara och hållbart bruka vår världsdels genetiska resurser:

ECPGR – European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources

ERFP – European Regional Focal Point for Animal Genetic Resources

EUFORGEN – European Forest Genetic Resources Programme

¹ CELEX-dokument 52020DC0380

Under 2018 samverkade de tre nätverken i en ansökan till EU:s stora forskningsprogram Horizon2020 med utgångspunkten att stärka genresursarbetet inom Europa. Man ville helt enkelt skynda på samarbetet inom regionen, bredda kapaciteten genom att lära av varandra, utbyta erfarenheter, harmonisera metoder och standarder, och utnyttja varandras förmågor. Siktet var, med andra ord, inställt på att stärka Europas samlade insatser – också när det gäller icke-EU-länder – för att utveckla en gemensam europeisk strategi. Det tyckte uppenbarligen EU-kommissionen var en utmärkt idé. Man sköt till 3 milj. Euro till det treåriga projektet *GenRes Bridge*² som rivstartade i januari 2019. Projektet leds av European Forest Institute som är placerat i Barcelona, Spanien.

Man kan lättast beskriva projektet som ett dialogprojekt med deltagande från ett brett spektrum av aktörer inom varje så kallad genresursdomän, dvs. djur, skog och växt. Genom verkstäder, konferenser, gruppdiskussioner och andra mötesformer knådas texter långsamt fram, dels specifika för de olika nätverken, dels gemensamma för den enhetliga strategin. Trots den pågående viruspandemin, som nog många menar kom med en sällsynt dålig tajmning, har arbetet rullat på genom huvudsakligen virtuella kontakter. Ett flera dagar långt digitalt möte med alla deltagarna hölls nu i slutet av november i syfte att ge konstruktiv kritik på ett första sammanhållet strategiutkast. Projektledningen har nu tagit sig an utmaningen att försöka foga samman delarna till ett andra utkast som kommer att ventileras under tidig vår. Vid halvårsskiftet 2021 ska slutrapporten lämnas in till kommissionen.

Knappast på räls, men ett måste

Man ska nog inte föreställa sig att EU-kommissionen köper den föreslagna strategin ”rakt av”. Därtill finns det många olika nationella viljor inom EU-familjen, och dessutom har ju

projektet en uttalad målsättning att ta fram en gemensam strategi för hela Europa. Om hela regionen ska kunna växa och utvecklas måste samtliga europeiska länder vara med. Det perspektivet har nätverken ECPGR, ERPF och EUFORGEN haft för ögonen under hela sin existens: det är genom att hjälpa andra som vi hjälper oss själva. Men för fortsatt utveckling av europeiskt jord- och skogsbruk mot ökad hållbarhet, konkurrenskraft och långsiktighet måste EU, och Europa, inta ett mycket mer målinriktat arbete på att hushålla med, samt klokt förvalta och bruka de genetiska resurser som står oss till buds.

Vår del av världen är rik på biologisk mångfald och genetiska resurser, mycket mer än många kanske är medvetna om. De utgör vårt framtida försäkringskapital. Men vi förvaltar dem inte på bästa möjliga sätt. Allmän okunskap, överexploatering av växtmiljöer, igenläggning av jordbruksmark, klimatförändringarna med ökade risker för skadegörare samverkar med många andra faktorer till att sätta hög press på de genetiska resurserna. Genom den gemensamma strategin har förhoppningen förts att, en gång för alla, få upp frågan på den högsta politiska dagordningen och äntligen skapa verkstad och inte bara ord. Inom de närmaste åren vet vi om det lyckades.

Referenser

- FAO (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. J. Bélanger & D. Pilling (red.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rom. 572 sid. URL: <https://doi.org/10.4060/CA3129EN>
- Weibull, J. (2014a). Internationella förhandlingar om genetiska resurser: vad betyder det för oss i Sverige? Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 1, 38-44.
- Weibull, J. (2014b). Internationella avtal och deras konsekvenser för den gröna sektorn: anteckningar från en seminariedag på LRF. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 2, 23-26.

² www.genresbridge.eu

GenRes Bridge aims to strengthen conservation and sustainable use of genetic resources by accelerating collaborative efforts and widening capacities in plant, forest and animal domains

EU-projektet GenRes Bridge pågår 2019-2021. Läs gärna mer på www.genresbridge.eu.



Jens Weibull är handläggare
på Jordbruksverket
jens.weibull@jordbruksverket.se

Modern plant breeding – use of precision tools to meet the need of sustainable and healthier crops

Modern plant breeding – use of precision tools to meet the need of sustainable and healthier crops

Mariette Andersson

*Swedish University of Agricultural Sciences/Sveriges lantbruksuniversitet
Department of Plant Breeding/Institutionen för växtförädling*

We are facing a number of global challenges, and plant breeding can contribute to solve some of them by providing crops better adapted to human needs and environmental conditions. Crop innovation can for example lead to a resource use efficient and sustainable agriculture, deliver products with improved or novel end-use qualities and provide healthier foods, addressing important challenges like the climate change, a growing population and finite natural resources. We need to act now and swiftly, but developing new crops takes time. A number of methods that we can use for plant breeding are in our hands, and the implementation of new techniques as well as improving existing ones is running in high speed. Today, we can choose the technology that fits best for the trait we want to develop. I use molecular biology methods in my work for research as well as development of crops with novel traits. These molecular methods can sometimes be quicker compared to conventional methods since one or a few traits can be added directly to an elite genotype. In addition, these techniques might be the sole alternative to achieve a certain trait, when breeding through sexual crossings is not an option. On the other hand, current legislation makes the release of plants developed by some of these methods uncertain. Recent



Växthusinteriör med CRISPR-potatisplantor
(Foto: Ann-Sofie Fält)

discovery and development of a method called CRISPR-Cas9, has had a large impact on research among a wide variety of organisms. My research group have implemented and further developed this method to become an efficient tool for research and breeding of potatoes. We now use the method to mutate and tailor genes to answer research questions and obtain new potato traits.

My research is mainly about improving the quality of the plant storage products starch, oil and protein, where potato and starch has received a lot of my focus. Besides water, starch is the most abundant component of the potato, but unfortunately, it provides a high glycemic index (GI) when eaten. A potato with starch that is digested more slowly or



Potatisar med enbart amylopektin (Foto: Mariette Andersson)

partly resistant to digestion, would be beneficial for our health and would control blood sugar levels and body weight. Starch consists of two molecules, amylose and amylopectin, at a distribution of about one to four. Of the two molecules, amylopectin is solely responsible for the high GI. By mutating two genes in potato involved in the building of amylopectin, we have created a starch that looks and behaves more like an amylose. The starch has thus become a slow and resistant carbohydrate instead of a fast carbohydrate. This high-amylose starch has also been proven to have favourable properties as a raw material producing bioplastics, a renewable product that could replace some plastics produced from fossil oil.

Starch is a bulk product used as pastes in many food and industrial applications. In Sweden and northern Europe, potato is the main crop grown for starch extraction. A paste of native starch has, in most applications, often an insufficient storage stability, and is therefore chemically modified to become more stable and to increase product quality and shelf life. Amylose is the molecule responsible for this low storage stability. By mutating the gene responsible for the synthesis of amylose, we have produced potatoes with pure amylopectin starch. This starch has a natural storage stability and requires no post-harvest chemical modification, which will have large environmental benefits once grown for production.

My driving force in research is to help creating a better world for the generations to come, by using applied research leading to forefront crop innovation. I aim to further develop and use methods for breeding crops with improved characteristics that will make a difference; reducing the environmental impact, optimizing use of cultivated land area by providing crops with additional valuable components, catering for highly nutritional plant proteins to the ongoing protein shift, slowing down the climate change and providing healthier foods.



Mariette Andersson är docent vid SLU, Inst. för växtförädling. mariette.andersson@slu.se

Challenges (and possibilities) for rapid breeding of fruit cultivars for future sustainable production

Utmaningar (och möjligheter) för snabb förädling av fruktsorter för framtida hållbar produktion

Kimmo Rumpunen

*Swedish University of Agricultural Sciences/Sveriges lantbruksuniversitet
Department of Plant Breeding/Institutionen för växtförädling*

Fruits are healthy food and we are all recommended to increase consumption on daily basis to stay healthy. Further, it is desirable that future fruit production takes place in sustainable production systems, such as integrated pest management systems and organic growing, to avoid residues and reduce pollution. However, most cultivars presently being used were not developed for sustainable growing and should not be used in the future. Therefore, new cultivars are urgently needed and methods that could quickening plant breeding aimed at cultivar development should be given priority.

Plant breeding research is rapidly evolving when it comes to genomic research e.g. methods for genomic analyses, strategies for genomic selection and protocols for genetic engineering aimed at speeding up cultivar development, but phenomics is lagging behind. The lack of accurate, rapid and cost-efficient phenotyping methods and equipment limits our possibility to obtain sufficient data for e.g. association studies and thereby hampers the development of molecular markers, for both juvenile and adult traits, which is very much needed in applied breeding. This is especially a concern for woody perennial fruit crops such as apple, that must be grown in the field over several years to express their traits of interest, account for seasons and enable sepa-

ration of genotype and environmental effects.

Phenotyping is often time consuming and methods usually need to be developed for each trait separately. For accurate sampling identifying the stage of maturity can also be difficult, and mistakes could bias data to a large extent. For phenotyping of some traits image analyses have proven useful in achieving a high throughput, whereas for other traits, especially for fruit quality traits, laborious sample preparation in labs are usually necessary. New non-destructive techniques offer interesting possibilities for future use if sufficient specificity can be obtained.

As a researcher I have especially been studying diversity in fruit quality traits, such as content of health promoting compounds like dietary fibres, phenols and vitamins, and effects of genotype and environment on these traits. This has resulted in useful information on diversity and its potential use in applied plant breeding for development of cultivars with increased content of specific compounds such as anthocyanins and ascorbic acid. Cultivars with increased content of healthy compounds could contribute to a sufficient daily intake even if total consumption of fruits and vegetables is not increased which seem to be a challenge for many people. A breeding strategy to increase consumption would instead focus taste quality traits which also is a chal-

lenge since sensory tests are expensive and need trained panels.

As a plant breeder of apples and black currant I find a holistic perspective necessary to be able to develop cultivars that are competitive and can contribute to increased sustainable production, profit for growers, and healthier consumers. Plant adaptation to local climate, tolerance to severe pests and diseases as well as sufficient and stable yield is necessary to target. However, a new cultivar cannot be successfully introduced on the market unless its quality supersedes the quality of available cultivars, and interaction with industry and consumers are therefore necessary. For this purpose, it is also important to realize that unless superior plant material is selected in the same context as the future commercial production systems there is little chance for success. Thus, research on future sustainable management systems for fruit orchards, which could be implemented in the applied breeding programmes, should be undertaken.

The long juvenile period of apple plants (usually 5-9 years in the field from juvenile seedling to flowering tree) has prompted researchers and breeders to adopt different strategies such as growing seedlings in greenhouses with supplemental lightening, application of growth hormones, providing ample nutrients and grafting on dwarfing root stocks. More recently different protocols for genetic engineering has successfully been developed for apple, and the CRISPR-Cas9 system offer especially promising possibilities enabling flowering and fruit set within a couple of months as already proven. When fully developed, and approved, this protocol could be of great support in speeding up the otherwise slow fruit breeding process.



Kimmo Rumpunen är docent vid SLU, Inst. för växtförädling
kimmo.rumpunen@slu.se

Genomic tools and molecular breeding approaches for the domestication of field cress (*Lepidium campestre* L.)

Genomiska verktyg och molekylära förädlingsmetoder för domesticering av fältkrassing (Lepidium campestre L.)

Zeratsion Abera Desta

*Swedish University of Agricultural Sciences/Sveriges lantbruksuniversitet
Department of Plant Breeding/Institutionen för växtförädling*

Abstract

Field cress (*Lepidium campestre* L.) is a biennial self-pollinated plant with a small genome size. The ever-increasing global population alongside climate change prompts urgent actions to save the ecosystem. Domesticating multi-purpose species such as field cress could be considered as part of the solution to mitigate the challenges posed by climate change and population growth. In addition to the oil producing potential, the domestication of field cress in arable lands has multitude effects – such as protecting environmental contamination and contributing as food and feed uses. In clues of these potentials, identifying the genomic variation underlying important traits using genomic tools is pivotal approach in field cress domestication.

The main goal of the research in this thesis was to develop genomic tools for field cress domestication, specifically aiming at constructing the genetic linkage map, identifying the quantitative trait loci (QTL) underpinning domestication traits, and elucidating the common genetic variants associated with the seed yield as well as seed oil, protein, and moisture contents in field cress. An integrated mapping approach were performed to developing the first genetic linkage map for field cress. Relying on the linkage map, the identification of domestication QTL using linka-

ge analysis as well as common variants using genome-wide association study (GWAS) were succeeded. Furthermore, the developed linkage map will be used in guiding to develop the reference genome using whole-genome sequencing (WGS) in field cress. Given further functional genomic efforts, the identified QTL and single variants could facilitate the process of domestication and genomics-assisted breeding in field cress, including the use of evolving approaches such as genome-wide prediction in the field cress.

Växtenzyms specificiteter och deras effekter på fröolja-kvaliteten

The specificities of plant enzymes and their effects on the seed oil quality

Simon Jeppson

*Sveriges lantbruksuniversitet/Swedish University of Agricultural Sciences
Institutionen för växtförädling/Department of plant breeding
simon.jeppson@slu.se*

Sammanfattning

Triglycerider, en glycerid med tre fettsyror, är den kemiska beståndsdelen i fröolja. Fettsyrasammansättningen avgör oljans kemiska och fysikaliska egenskaper. Konventionella vegetabiliska oljor innehåller några få återkommande fettsyror, men växter kan producera flera hundratals olika fettsyror. Många växtolja och deras fettsyror med specifika egenskaper är lämpliga som ersättning till många fossila oljebaserade råvaror. Växtförädlare och forskare modifierar därför fettsyrasammansättningen i oljeväxter för att förbättra deras industriella egenskaper. Erukasyra är en fettsyra, med omfattande användning inom industriella tillämpningar. Fettsyror härstammar från plastiderna i växter, men sammansättningen av triglycerider sker i endoplasmatisk retikulum, där membran-integrerade acyltransferaser katalyserar syntesen av olja.

Modifieringar av fettsyror sker medan de är associerade med specifika lipidmolekyler. Olika typer av fettsyramodifikationer kräver associering med olika molekyler, och flera ovanliga fettsyror kräver flera sekventiella modifieringar. Det komplicerade systemet för syntes, modifiering och montering kräver därför kanalisering av fettsyror och substrat från olika subcellulära organ och samtidigt en överföring av fettsyror från olika lipidmolekyler, ofta vid flera tillfällen. Enzymerna som

styr dessa processer har ofta mycket distinkta substratspecificiteter som vi undersökt här. Förändring av fröoljans fettsyrasammansättning eller introduktion av en exotisk fettsyra är en komplex process där man måste ta hänsyn till växternas endogena enzymer, deras substratspecificitet och de tillgängliga substratpoolerna. Detaljerade biokemiska karakteriseringar av viktiga enzymer är således avgörande för ett framgångsrikt resultat.

Vi har grundligt undersökt ett antal acyltransferaser och andra enzymer involverade i lipidmetabolismen, huvudsakligen inriktad på erukasyra i flera växtarter, inklusive *Arabidopsis*, *Camelina sativa*, *Brassica napus*, *Crambe hispanica* ssp. *abyssinica* och *Tropaeolum majus*. DGAT2 katalyserar den acyl-CoA-be-roende bildningen av triglycerider och är således ett av de viktiga acyltransferaserna involverade i syntesen av olja. Undersökningarna indikerar att flera DGAT2-enzymers substratspecificitet utgör ett hinder för ytterligare ökning av erukasyrahalten i fröolja. Vi har också undersökt aminosyrasekvensmotiv som styr specificiteten gentemot erukasyra i DGAT2.

Organisation and Governance of Agri-Food Systems

Organisation och styrning av livsmedelssystem¹

Chrysa Morfi

*Swedish University of Agricultural Sciences/Sveriges lantbruksuniversitet
Department of Economics/Institutionen för ekonomi
chrysa.morfi@slu.se*

Abstract

This thesis examines the question of organization, governance and choice of seeds in Swedish agriculture. It consists of four papers: Paper I investigates the evolution of plant breeding industry in Sweden. The results suggest that the establishment of intellectual property rights (IPRs) schemes creates power in the seed value chain in Sweden and has therefore been a major driver of mergers and acquisitions, together with changes in domestic agricultural policy as well the country's entrance to EU.

Based on nationwide survey among farmers, papers II and III examine the impact of IPRs and specifically the implications of the enforcement of Plant Breeders Rights on farmers' choice between certified versus farm saved seed (FSS). Paper II uses transaction cost theory and logistics regression to examine empirically the governance structure of farmers choosing certified or FSS. Farmers' assessment of the quality seed in terms of the genetic purity of each channel has no impact on their choice while personal relations with their upstream partners, investments in the farm as well as delivery contracts affect their procurement strategy. In paper III, spatial autoregressive models are used in order to analyze the transfer of "know-how" between farmers, and the spillover effects of social learning in farmers' choice of seed channel.

Farmers are distinguished between neighbors, based on their relative distance; and peers, based on membership in farmers' cooperatives. The results indicate the existence of spatial dependence on Swedish farmers' choice of seed channel. Paper IV evaluates the impact of farmers' social networks on their decision to be involved in the governance of the agricultural cooperative. The findings suggest a relationship between network characteristics and farmers' involvement in the governance that persists over a long period.

¹ Frit översatt av redaktionen

Sveriges Utsädesförenings Tidskrift publicerar på antingen svenska eller engelska artiklar, meddelanden, översiktsartiklar samt föredrag från konferenser och möten. Alla vetenskapliga originaluppsatser genomgår en referegranskning. 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 vällyknande 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

