



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**SLU Grogrund**  
Larisa Gustavsson

**SAMMANFATTNING AV  
AVSLUTAT PROJEKT** SLU ID: SLU.Itv.2018.1.1.1-767

2023-03-06

## Accelererad och kostnadseffektiv äpplesortutveckling genom genombaserad växtförädling

Projektledare: Larisa Gustavsson, institutionen för växtförädling, SLU Alnarp

Deltagare: Pär Ingvarsson, institutionen för växtbiologi, SLU Uppsala  
Kimmo Rumpunen, institutionen för växtförädling, SLU Alnarp  
Jonas Skytte af Sättra, doktorand, institutionen för växtförädling, SLU Alnarp  
Firuz Odilbekov, Lantmännen  
Äppelriket Österlen Ek För

### Sammanfattning

Vi har utvecklat infrastruktur och kompetens för att effektivisera och öka snabbheten i förädling av äpple för hela Sverige. Ökad effektivitet och snabbhet i växtförädlingsprocessen är av högsta vikt för att kunna hålla jämna steg med omvärldsförändringar. Detta är speciellt viktigt vid växtförädling av träd som t ex äpple, där cykeln för att utveckla en ny sort är runt 30 år. Utnyttjande av nya tekniker som kan korta och effektivisera växtförädlingsprocessen är extremt viktiga här. Ett Breeding by Design™ concept för äppelförädling har därför utvecklats, där genomik används för att på ett effektivt sätt identifiera och utnyttja den tillgänglig genetiska potentialen.

Vi använde gamla och nya äpplesorter i Centrala samlingen av kulturarvssorter (POM), sorter och avancerade selektioner från växtförädlingsprogrammets genbank (Balsgård), specialdesignade korsningsfamiljer för genetiska studier (SLU). SNP array markördata, konventionell fenotypning, statistiska analyser som utnyttjar kunskap om stamtavlor för att generera kopplingsfasad markördata och identifiera associationer mellan genotyp och fenotyp var de metoder som vi framför allt använde.

- En detaljerad kunskapsbank har skapats gällande genetisk och genomisk struktur av befintligt äpplematerial.
- En integrerad genetisk och sekvensbaserad karta har utarbetats som ett bidrag till den tekniska verktygslådan för växtförädling och forskning på äpple.
- Flera viktiga områden i äpplets arvs massa har identifierats. De bidrar till i) ökad motståndskraft mot fruktträdkräfta, vilket har potential att bidra till resistent äpplesorter; och ii) datum för blomning och skördemognad av frukt, under

nordiska förhållanden, vilket är viktigt för att bl.a. undvika frostsador vid blomning.

- Genetisk variation för höstsenescens av bladverket har identifierats som en viktig pusselbit för anpassning till mellersta och norra Sverige.
- Kompetensuppbyggnad har skett genom produktion av en doktor Jonas Skytte af Sättra som försvarade doktorsavhandlingen, “*Apple genomics for the Swedish breeding programme*”.

## Slutsatser

Projektet har skapat en viktig och användbar verktygslåda som möjliggör effektivare och tidsbesparande urval av vilka äpplesorter och linjer som ska användas i framtida korsningar för vidare sortutveckling och forskning. Projektet har också skapat förutsättningar för urval baserat på genomisk information och markörer genom generationer av de bästa linjerna, vilket möjliggör en övergång från fenotyp- till genombaserad växtförädling av äpple. Vi har möjliggjort en introduktion av genombaserade metoder och tekniker i alla led av sortframställning av äpple.

Utfall, exempelvis publikationer inklusive studentarbeten, patent, sorter, beviljade medel

### Publikationer

1. **Skytte af Sättra J**, Troggio M, **Odilbekov F**, Sehic J, Mattisson H, Hjalmarsson I, **Ingvarsson PK**, **Garkava-Gustavsson L**. (2020) Genetic Status of the Swedish Central collection of heirloom apple cultivars. *Sci. Hortic.* 272. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109599>
2. **Skytte af Sättra J**, **Odilbekov F**, **Ingvarsson PK**, van de Weg E, **Garkava-Gustavsson L**. (2023) Parametric mapping of QTL for resistance to European canker in apple in ‘Aroma’ x ‘Discovery’. *Tree Genetics and Genomes* 19, 12. <https://doi.org/10.1007/s11295-023-01587-w>
3. **Garkava-Gustavsson L**, **Skytte af Sättra J**, **Odilbekov F**, Abreu I, Johansson AI, van de Weg E, Zhebentyayeva T. Resistance to *Neonectria ditissima* in apple: insights from metabolomics and lipidomics analyses. *Acta Horticulturae* (under tryckning)
4. **Skytte af Sättra J.**, Hjalmarsson I., **Ingvarsson P.K.**, **Garkava-Gustavsson L.** Characterization of autumn senescence in the Swedish Central collection of heritage apple cultivars. *Acta Horticulturae* (under review)
5. Nordlander J., **Skytte af Sättra J.**, Mattisson H., Udovychenko K., Lushpigan O., Lose L., Naess H., Leino M., Hjalmarsson I., **Garkava-Gustavsson L.** (2022) Genetic diversity in gooseberry (*Ribes uva-crispa*), as estimated with SSR markers, *Scientia Horticulturae*, 306, 111438. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111438>

6. Véléz H., **Skytte af Sätra J.**, **Odilbekov F.**, Bourras S., **Garkava-Gustavsson L.**, Dalman K. (2022) Transformation and gene-disruption in the apple-pathogen, *Neonectria ditissima*. *Hereditas* 159, 31.  
<https://doi.org/10.1186/s41065-022-00244-x>
7. **Rumpunen K.**, Eriksson U., **Gustavsson L.** (2018) Framtidens äpple – Program för utveckling av en hållbar och konkurrenskraftig äppleproduktion i Sverige. Sveriges utsädesföreningens tidskrift 2: 17-23.
8. **Skytte af Sätra J.**, Hjalmarsson I., **Garkava-Gustavsson L.** (2020) Släktforskning bland svenska äppelsorter – ny teknik avslöjar gamla släktband. LTV fakultetens faktablad 2020: 12.
9. **Garkava-Gustavsson L.**, **Skytte af Sätra J.**, Hjalmarsson I. (2021) 'Antonovka' i Sverige: DNA-analyser löser en pomologisk gåta. *Pomologen* 1: 12-14.
10. Nordlander J., **Skytte af Sätra J.**, Hjalmarsson I., **Gustavsson L.** (2022) Sveriges pomologiska arv av krusbär. *Pomologen* 1: 9-11.
11. **Gustavsson L.**, Östberg J., **Skytte af Sätra J.** (2022) Frukträdskräfta – hotet mot äpplet. *Natur & Trädgård*, 4: 28-39.
12. Nybom H. & **Skytte af Sätra J.** Hur blev våra svenska äpplesorter klimatanpassade? *Pomologen*, 2021:2

#### *Doktorsavhandlingar*

1. **Skytte af Sätra J.** (2023) Apple genomics for the Swedish breeding programme. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* (2023:18)  
<https://doi.org/10.54612/a.4usn6qgb71>

#### *Manuskript (in prep.)*

2. Larsen B, **Skytte af Sätra J.**, **Garkava-Gustavsson L.**, Howard NP, van de Weg E. (2023). Integrating Linkage and Sequence-Based Maps in Apple: A Systematic Evaluation Resulting in Polynomials to Generate Standardized Virtual Linkage Maps. In: "Apple genomics for the Swedish breeding programme". PhD thesis, *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*.
3. **Skytte af Sätra J.**, Røen D, Haikonen T, **Rumpunen K.**, Hjeltnes S-H, **Garkava-Gustavsson L.** (2023) Validation of Genomic Regions Associated with Phenological Traits in Apple (*Malus domestica*) Under Nordic Conditions. In: "Apple genomics for the Swedish breeding programme". PhD thesis, *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*.

#### *Studentarbeten*

1. Lundmark J. 2019. 'Genotyping ethylene production genes *Md-ACS1* and *Md-ACO1* for marker-assisted selection in apple'. Kandidat-uppsats, SLU.
2. Monell J. 2021. Växtförädlingsmål för framtida äppelförädling ur förädlares och odlares perspektiv. Kandidat-uppsats, SLU.

3. Nordlander J. 2021. Genetic diversity within Swedish national heritage cultivars of gooseberry, *Ribes uva-crispa*. MSc-uppsats, SLU.

*Beviljade medel*

1. 'Minska skador av fruktträdskräfta i äppelodlingar med rätt sort-grundstam kombination och gödsling med calcium', SLF, 2022-2024 (**L. Gustavsson**, projektledare)
2. Innovativ hållbar Nordisk-Baltisk hortikultur (InNoBaHort), NordForsk, 2023-2026 (**L. Gustavsson**, WP ledare)
3. 'Effektiviserad äppelförädling för norra och mellersta Sverige med hjälp av helgenomsekvensering', KSLA (HORT2021), 2022-2022 (**J. Skytte af Sätra**, huvudsökande)

Projektledare och -deltagare markerade med fetstil.