

Slutrapport

## Högre skördar och mer protein från norrländska åkrar – nya förädlingstekniker för rödklöver

## Higher yield and more protein from Northern grasslands – new breeding techniques in red clover

### Sammanfattning

Projektet har utgjort en viktig utökning av forskningsprojektet 'Breeding forage and grain legumes to increase EU's and China's protein self-sufficiency' (EUCLEG, <http://www.eucleg.eu/>) med avsikt att

1. inkludera sorter och förädlingsmaterial av rödklöver som är anpassade för odling i Sverige och då särskilt typer anpassade för odling i Norrland
2. Utvärdera dessa rödklöversorter i fältförsök i Sverige, varav fyra försökslokaler i Norrland.

Alla tillgängliga fenotypdata från de svenska fältförsöken har tillgängliggjorts forskargrupper inom EUCLEG. Därtill har information om odlingsegenskaper använts direkt i förädlingsprocessen och möjliggjort selektion för vidare intern provning, officiell sortprovning och som urvalsverktyg för nya korsningar. Materialet som utvärderats inom ramen av detta projekt har genotypats via EUCLEG, information om genotyp för samtliga svenska populationer är tillgängliga för Lantmännen.

Genotypinformationen kommer ingå vid utvecklingen av så kallade prediktionsmodeller och en ny effektiv förädlingsmetod, genomisk selektion, i Lantmännens förädlingsprogram av vallväxter.

### Målsättning och syfte med projektet

**Syftet** med projektet var att **generera högkvalitativa fenotypdata av sen och medelsen rödklöver av diploid typ anpassade för odling i Sverige.**

Vår **långsiktiga målsättning** är att **utveckla nya effektivare metoder i förädlingen av rödklöver** för norra Sverige. De nya verktygen sker genom prediktionsmodeller och selektion på gen-nivå. De nya selektionsmetoderna förväntas effektivisera urvalet och korta både förädlingsprogrammets längd och den så kallade förädlingscykeln, det vill säga den tid det tar från korsning till urval av nya

föräldrar. Det leder i sin tur till att nya förbättrade sorter snabbare blir tillgängliga för norrländsk växtodling.

#### Genomförd verksamhet i projektet

Fältförsök etablerades på totalt sju lokaler relevanta för svenskt lantbruk (se figur 1), från Skåne i söder till Norrbotten i norr.

1. Öjebyn, Norrbotten (65°21'N, 21°21'E)
2. Ås, Jämtland (62°55'N, 13°56'E)
3. Röbbäcksdalen, Västerbotten (63°48'N, 20°14'E)
4. Lännäs, Ångermanland, (63°9'N, 17°39'E)
5. Kölbäck, Östergötland (58°26'N, 15°15'E)
6. Bjertorp, Västergötland (58°15'N, 13°7'E)
7. Svalöv, Skåne (55°54'N, 13°6'E)



*Figur 1. Försökslokalerna från norr till söder: Öjebyn (Norrbotten), Röbbäcksdalen (Västerbotten), Lännäs (Ångermanland), Ås (Jämtland), Kölbäck (Östergötland), Bjertorp (Västergötland) samt Svalöv (Skåne). I det nordliga området provades i huvudsak sen klöver, i det sydliga området i huvudsak medelsen klöver (inringat).*

Provat material var diploid rödklöver, både medelsena och sena populationer ingick inklusive mätare, totalt 36 populationer av sen typ och 49 populationer av medelsen rödklöver. Allt material etablerades i renbestånd, parcellstorlekar och odlingsstrategier anpassades efter praxis på respektive försöksplats. Förädlingsmaterialet anpassades till odlingsområden: sena sorter etablerades i fältförsök i Norrland, medelsena i Svealand och Götaland, dock med överlappande mätare av sen, medelsen och tidig typ, för hela provningsområdet. Mellan två och tre upprepningar per genotyp och lokal. Avkastning (kg ts/ha) utvärderades under två vallår, 2–3 skördar per säsong. Graderingar av vår- och höstbestånd utfördes parcellvis.

Foderkvalitet analyserades på parcellvist uttagna, torkade och malda prover. Provtagning utfördes under skörd 1 och 2 under det första vallåret, totalt 1262 prov. Laboratoriet i Svalöv utförde homogenisering, provneddelning och malning. Vidare har spektrum för proven upptagits med NIR-teknik (NIRS 6500 i våglängdsområdet 400–2500 nm). Tabell 1 redovisar analyserade parametrar.

Tabell 1. Analyserade foderkvalitetsparametrar.

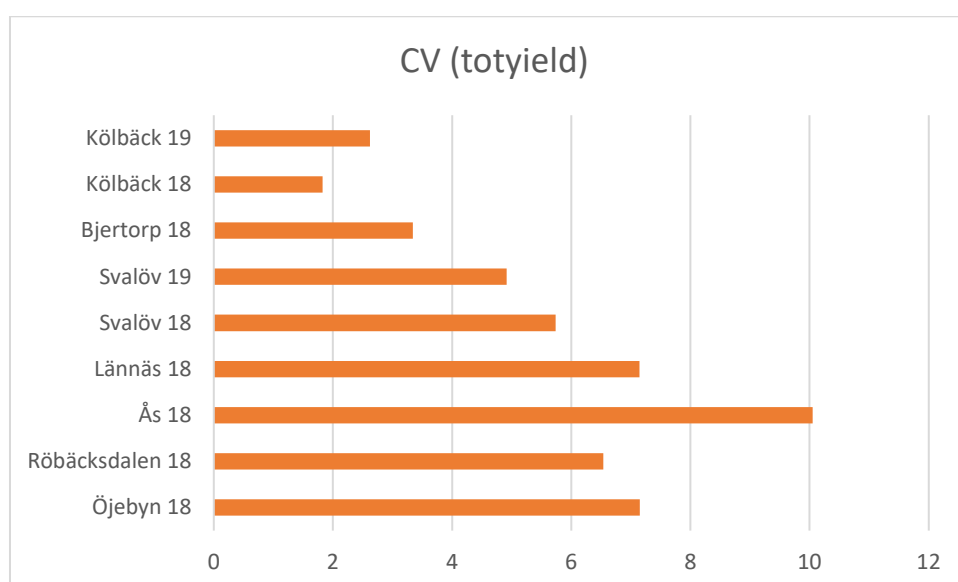
Modell	Förkortning	Enhet	Beskrivning	Förklaring
VDLUFA	TM	%	Dry matter	
	XA	% TM	Råaska	
	XP	% TM	Crude protein	
	XF	% TM	Crude fiber	
	XL	% TM	Crude fat	
	XZ	% TM	Sugar	
	NDF	% TM	NDF	NDF (neutral detergent fibre = hemicellulosa, cellulosa och lignin) i % av ts
	ADF	% TM	ADF	ADF = acid detergent fiber (cellulosa och lignin) i % av ts
	aNDFom	% TM	Organic neutral detergent fiber amylase pretreatment	aNDFom: NDF (neutral detergent fibre = hemicellulosa, cellulosa och lignin) i % av ts när aska (om = organic matter = ts-aska) har räknats bort och amylas har tillsatts ND-lösningen för att ta bort stärkelsen i fodret (a).
	ADFom	% TM	Organic acid detergent fiber	ADFom: acid detergent fiber (cellulosa och lignin) i % av ts på askfri basis.
	Gb	ml	Gas production	Smältbarhetsmått
	Eulos	% TM	Cellulase	
	Fru	% TM		
	ME	MJ kg TM-1		
	NEL	MJ kg TM-1	Net energy lactation	
Lantmännen	NDF	g kg TM-1		
	OE	MJ kg TM-1		
	Råprotein	g kg TM-1		

### Avvikelser från projektplanen

Under 2018 skickades frö till samtliga planerade försökslokaler och försök etablerades på sex av de sju försökslokalerna, alla utom försökslokal Öjebyn. Försöken i Svalöv, Kölbäck samt Bjertorp, det vill säga samtliga sydliga försökslokaler, har försöken skördats som planerat. Fältförsöken i Lännäs, Ås, Röbbäcksdalen och Öjebyn har däremot varit återkommande svaga, dåligt etablerade och/eller kraftigt påverkade av vinterskador.

Under 2019 upprepades etablering av fältförsöken på följande försöksplatser: Svalöv, Kölbäck, Lännäs samt Öjebyn. Orsaken till de nya försöken i Svalöv, Kölbäck samt Lännäs var en svag etablering orsakade av extrema väderförhållanden under år 2018.

I figur 2 beskrivs variationskoefficient (CV) för total avkastning under försöksåren på respektive försöksplats. CV är ett av flera statistiska mått för utvärdering av försökens kvalitet. Ett högt CV indikerar stor variation i avkastning, vilket gör resultaten osäkra. Det höga CV på framför allt nordliga försöksplatser gjorde att dessa försök slopades. Det innebär att de 36 populationer som provades i norra Sverige inte har utvärderats för odlingsegenskaper i projektet som planerat. De har i stället provats i nya fältförsök i Ås samt Lännäs, vilket skett utanför detta projekt. Samtliga nordliga populationer har ingått i EUCLEG:s utvärdering, vilket innebär att de utvärderats för bland annat odlingsegenskaper, motståndskraft mot abiotisk och biotisk stress. Därtill är samtliga populationer genotypade inom ramen för EUCLEG, det har skett på populationsnivå genom så kallad GBS, (Genotyping by Sequencing).



Figur 2. Variationskoefficient (CV) för total avkastning för respektive försöksplats.

## Resultat och diskussion

Projektets målsättning var att generera högkvalitativa fenotypdata av sen och medelsen rödklöver av diploid typ anpassade för odling i Sverige. Från försöken i Svalöv, Kölbäck samt Bjertorp har totalt ca 22 000 datapunkter levererats till EUCLEG. Dessa motsvarar egenskaper i form av avkastning av grönmassa, TS-halt, planttäthet och uthållighet, utvecklingsstadium vid skörd samt foderkvalitetsparametrar redovisade i tabell 1.

De populationer som ingick i provningen, allt från tidiga sorter till mycket sena sorter, visade stor variation i flera provade egenskaper. Skillnaden i avkastning, kg ts/ha i medeltal under de två provade vallåren, för de sorter som uppvisade lägst, respektive högst avkastningsnivå var som lägst i ett försök etablerat i Kölbäck med drygt 8 ton kg ts/ha, till maximalt 13 ton i försöket etablerat 2018 i Svalöv. Sena sorter har varit signifikant lägre avkastning över hela provningsområdet. Försöksstatistik från försöken i Svalöv, Kölbäck samt Bjertorp redovisas i tabell 2. De tydliga skillnaderna i provat material är av särskilt värde i en träningspopulation och vid utvecklingen av prediktionsmodeller och genomisk selektion.

Tabell 2. Försöksstatistik för försöken i Svalöv, Kölbäck samt Bjertorp.

Försökslokal Etableringsår name	Svalöv 2019			Svalöv 2018			Bjertorp 2018			Kölbäck 2018			Kölbäck 2019		
	Vallår 1	Vallår 2	Totalt	Vallår 1	Vallår 2	Totalt	Vallår 1	Vallår 2	Totalt	Vallår 1	Vallår 2	Totalt	Vallår 1	Vallår 2	Totalt
2*ERROR	1499	1568	2346	1575	1917	2580	1372	830	1709	750	664	1071	639	1115	1280
Alpha level	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHECK MEAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV	5	9	5	10	7	6	5	4	3	3	2	2	2	5	3
Date	11/9/2021	11/9/2021	11/9/2021	11/11/2020	11/11/2020	11/11/2020	10/26/2021	10/26/2021	10/26/2021	11/11/2021	11/11/2021	11/11/2021	11/3/2021	11/3/2021	11/9/2021
Error d.f.	95	95	95	95	95	95	47	47	47	47	47	47	47	47	47
GRAND MEAN	18153	11066	29219	9649	17882	27531	14039	11543	25582	12887	16458	29345	13998	10433	24431
Heritability	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LSD	1774	1855	2775	1864	2268	3053	1653	999	2058	903	799	1289	769	1342	1541
Max, Mean	20472	13255	33067	11324	20914	30941	15959	13021	27710	15085	18020	32258	16361	12684	28922
Max, Plot	24908	14641	38408	12877	25426	35068	17132	13703	29603	15516	18141	32940	16771	13049	29820
Method	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA	NNA
Min, Mean	12060	5625	20491	5527	11216	17752	10364	8504	18867	10171	13714	24141	11119	8397	20616
Min, Plot	9899	1540	18361	4200	8268	12681	9346	6481	15827	9304	13310	22614	11336	7945	19636
Model															
No. of Reps	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Prob. Entry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R-Square	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Range	8411	7630	12576	5797	9698	13189	5596	4517	8843	4914	4307	8117	5242	4287	8306
RE-RCBD	332	112	196	122	361	220	184	390	253	323	113	226	142	169	196
Rep-Msq	56360	120665	354317	1191548	172333	191214	363999	410766	88014	339433	2365	200701	1077368	92850	1123158
Residual	843104	921618	2063334	930492	1378235	2496253	470828	172146	730052	140570	110090	286657	102035	310711	409593
SED	750	784	1173	788	959	1290	686	415	854	375	332	535	319	557	640
Tail	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total Reps															

Sorternas odlingsegenskaper i försöken i Svalöv, Kölbäck samt Bjertorp ingår i den gemensamma utvärdering av den europeiska genpoolen av rödklöver som utförs inom EUCLEG. Informationen från försöken inom "Högre skördar och mer protein från norrländska åkrar" kommer även ingå som en del av Lantmännens träningspopulation, där prediktionsmodeller för genomisk selektion kommer utvecklas. Det sker i samverkan med flera aktörer/projekt, se avsnitt nedan.

### Sammanfattning av resultat från EUCLEG, utvärdering av rödklöver

Inom EUCLEG har insamlat material från en stor andel av europeiska förädlare, liksom material från genbanker utvärderats i fältförsök men även tester i kontrollerad miljö. I jämförelsen har man bland annat analyserat motståndskraft mot abiotisk och biotisk stress.

- Motståndskraft mot *Sclerotinia trifoliorum*, klöverröta:

Totalt 394 accessioner ingick i utvärderingen av motståndskraft mot klöverröta (orsakad av svamparten *Sclerotinia trifoliorum*). Bland de 15 populationer som bedömdes ha allra bäst motståndskraft i ett test i kontrollerad miljö, var tio förädlade av Lantmännen. Av dessa tio toppresterande populationer, är nio av så kallad sen typ, förädlade i norra Sverige.

- Motståndskraft mot *Colletotrichum trifolii*, Southern Antracnose

Av totalt 329 utvärderade genotyper (populationer, sorter och genbanksmaterial) från förädlare runt om i Europa visade genotyper från nordliga områden, däribland Sverige, medel till låg motståndskraft mot sjukdomen Southern Antracnose. Sjukdomen är idag inte allmänt förekommande i Sverige vad vi känner till och ingen riktad förädling sker i dagsläget i Sverige för ökad resistens mot sjukdomen. Då *Colletotrichum trifolii* utvecklas bäst i varma och fuktiga miljöer, kan ett förändrat klimat öka förekomsten även i Sverige.

- Tolerans mot frysning

Tolerans mot frysning jämfördes i totalt 390 populationer. I testet utvärderades LT50, det vill säga den uppskattade temperatur vid vilken 50 % av plantorna dör i en kontrollerad miljö. Av de 15 populationer som uppvisade bäst resultat har tre populationer sitt ursprung i Sverige, bland annat Oden, en diploid sort förädlad i Svalöv.

Alla data från EUCLEG, både fenotyp- och genotypdata, har tillgängliggjorts för de partnerföretag/institutioner som deltagit i EUCLEG, däribland Lantmännen. Resultat och data används nu för selektion av lämpligt material för vidare förädling. Resultaten från EUCLEG har också visat på styrkor respektive svagheter i vårt nordliga förädlingsmaterial, såsom relativt bättre motståndskraft mot klöverröta (*Sclerotinia trifoliorum*), men sämre motståndskraft mot *Colletotrichum trifolii*.

### Relevans för lantbruksnäringen

Målsättningen med projektet på sikt är att öka effektiviteten i förädlingen av rödklöver för norra Sverige genom utvecklingen av nya förädlingsmetoder. Det innebär att resultaten förväntas bli omsättbara i det praktiska lantbruket i form av nya vinterhärdiga, uthålliga och högavkastande sorter med god foderkvalitet och hög proteinskörd. Resultat från EUCLEG, har bland annat visat att SWÅ RK09093, en population förädlad i Lännäs, uppvisat hög motståndskraft mot klöverröta i kontrollerad miljö i jämförelse med andra europeiska sorter av rödklöver. Denna sort förväntas inom kort tas upp på den svenska sortlistan och kan då bli tillgänglig för lantbruket i norra Sverige. En annan population med intressant profil är Oden, godkänd på den svenska sortlistan och med ovanligt god tolerans mot frysning, vilket kan vara extra viktigt vid barfrost.

### Resultatförmedling och kompetensuppbyggnad

Projektet har i hög grad bidragit till uppbyggnaden av en nationell kompetens inom modern växtförädlingsteknologi i vallväxter, där norra Sverige är en prioriterad region. En viktig del av kompetenshöjningen sker i samverkan mellan industri och akademi. En del av Lantmännens projektportfölj i vall-relaterad forskning redovisas i figur 3, där utvalda projekt illustreras som en cirkel och där respektive forskningsfinansierare framgår, liksom en kort beskrivning av projekten.



Figur 3. Delar av Lantmännens forskningsportfölj med inriktning växtförädling av vall. Varje projekt illustreras i en cirkel med respektive forskningsfinansierare och en kort beskrivning.

Förkortningar av forskningsfinansierare: LaFo: Lantmännens Forskningsstiftelse; RJN: Regional Jordbruksforskning för norra Sverige; SLF: Stiftelsen Lantbruksforskning; PA: Partnerskap Alnarp.

Genom att maximalt nyttja projektens alla resurser, såsom fältförsök, genererade data-set och forskningsresultat, uppnår vi tydliga synergieffekter mellan projekten. Ett tydligt exempel är att vi nyttjar fältförsök och resultat i flera projekt och för flera ändamål. Förutom den samverkan som redan beskrivits mellan "EUCLEG" och "Högre skördar och mer protein från norrländska åkrar", finns flera liknande exempel på kompetensuppbyggnad och synergieffekter mellan projekt där vi nyttjar exempelvis data för flera användningsområden:

- I projekt 1, 3 och 5 (se figur 2), finansierade via SLU Grogrund, fenotypas och genotypas en stor mängd populationer av rödklöver respektive timotej. Dessa två projekt kommer gemensamt leda fram till så kallade genetiska prediktionsmodeller som ska möjliggöra introduktionen av genomisk selektion i Lantmännens förädlingsprogram av rödklöver och timotej för hela landet.
- Genom projekt 6 ("Utveckling av en ny växtförädlingsmetod för att förbättra sjukdomsresistens och avkastning hos rödklöver med bibehållet eller förbättrat fodervärde", RJN 10/2022) finansierar RJN analysen av foderkvalitet på samtliga prov från de norrländska fältförsöken (Lännäs, Ångermanland samt Ås, Jämtland) inom projekt 3. Projektet kan därmed bidra med underlag för prediktionsmodeller och genomisk selektion för bättre foderkvalitet i rödklöver.
- I projekt 4, (SLF-finansierat projekt med titeln "Förbättra rödklöver som proteinkälla för idisslare genom att optimera polyfenoloxidas initierad proteinkomplexbildning och smältbarhet av aminosyror", har fältförsöken inom projekt 3 nyttjats för uttag av prov för analys av polyfenoloxidas, ett enzym som kan påverka proteinutnyttjandet, i utvalda genotyper av rödklöver. Visar resultatet att det finns skillnader i PPO-aktivitet, kan egenskapen vara aktuell för riktad växtförädling.
- I projekt 8, finansierat via Lantmännens Forskningsstiftelse, med målsättningen att utveckla modeller som möjliggör nyttjandet av drönare och bildanalys i växtförädlingen av vallväxter, har vi nyttjat fältförsök och alla tillgängliga fenotypdata från projekt 9, "Högre skördar och mer protein från norrländska åkrar".
- Genom projekt 2, GenoForage, finansierat genom Lantmännens Forskningsstiftelse, kommer vi med hjälp av data-set insamlade från bland annat projekt 1, 3, 5, 6, 9 och 10 utveckla en strategi för hur genomisk selektion bäst implementeras i korspollinerade arter såsom timotej och rödklöver, med hänsyn taget till påverkan av bland annat inavelsdepression samt heterosis-, dominans- samt additiva effekter.



Utvärderingen av förädlingsmaterialet genom EUCLEG har publicerats genom vetenskapliga publikationer, websidor, utbildningar och konferenser:

<http://www.eucleg.eu/>

[Giving momentum to legume breeding | EUCLEG Project | Results in brief | H2020 | CORDIS | European Commission \(europa.eu\)](#)