



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för växtproduktionsekologi
Jannie Hagman

Slutredovisning av SLF projektet: Ny metod för att undersöka rotutvecklingen hos olika potatissorter och därmed öka förståelsen för deras upptagning av växtnäring och vatten.

Enligt överenskommelse med Lena Strålsjö den 26 oktober 2013, ska denna slutrapport inte läggas ut på nätet förrän innehållet skickats till en vetenskaplig tidskrift. Detta ska göras före årsskiftet.

Vänlig hälsning

Jannie Hagman

Rotutvecklingen har stor betydelse för växters upptag av växtnäring och vatten. Potatis är en gröda vars rotutveckling lätt störs av dålig markstruktur och därmed kan förutsättningarna att komma åt den växtnäring som finns i markprofilen begränsas. Det är också känt att olika potatissorter har olika växtnäringens behov, särskilt skillnader i kvävebehov är dokumenterad.

Syftet med detta projekt var att undersöka sambanden mellan avkastning, växtnäringens upptag och rotutveckling. Rotutvecklingen studerades dels i växthus och i fält. Målsättningen var att undersöka om det går att utvärdera rotutveckling i växthus och om resultaten är relevanta för fältförhållanden.

Sammanfattade resultat

- Det gick att påvisa skillnad i rotutveckling mellan olika sorter både med växthusmetoder och fältprovtagning och resultaten överensstämde för flera sorter, dock inte alla.
- Rotutveckling och koncentration av kväve och fosfor visade positiv korrelation
- Det fanns en negativ korrelation mellan rotutveckling och knölskörd vid det första provtagningstillfället i fält.

Material och metoder

Rotutveckling hos olika potatissorter undersöktes i växthus med två olika metoder och för att kontrollera att resultaten i växthus överensstämde med förhållandena i fält så undersöktes också rotutvecklingen i fältförsök. I projektet testades 17 potatissorter i växthus och i fält testades 5 sorter under åren 2011 och 2012. Sorterna som ingick i undersökningen var både nya och äldre matpotatissorter som odlas i Sverige (tabell 1). Sorter som har ingått i flera experiment har kommit från olika utsädespartier.

Tabell 1. Potatissorter som ingått i de olika experimenten

Sort	År		Sort	År		Sort	År	
	2011	2012		2011	2012		2011	2012
Arrow	X	X	Hanna	X		Ovatio	X	
Artemist	X		Leoni	X		Perlo	X	X
Ballerina	X	X	Marianne	X		Sava	X	X
Bionica	X	X	Melody	X		Solist	X	X
Erika	X	X	Minerva	X	X	Toluca	X	
Felicia	X		Opera	X	X			

Rotutveckling i kärlförsök:

De två metoderna i växthus var dels en okulär metod (Imawa, 1998) och dels en metod som mätte rotvikten. Potatisknölarna planterades i 0,5 l plastkrukor. För okulär analys planterades knölarna i en mullrik planteringsjord som gav bra kontrast till rötterna och för analys av rotvikt planterades knölarna i sand för att underlätta framtvättningen av rötter. Vid plantering var knölarna väckta och det syntes aktivitet i ögonen.

I den okulära metoden utvärderades rotutvecklingen genom gradering av synliga rötter på ytan av ”jordkakan”. Detta gick till så att rotklumpen försiktigt lyftes upp ur krukans (Bild 1) och inspekterades enligt en graderad skala, som utvecklats i projektet. Krukorna inspekterades 4-5 gånger i varje experiment. I det första experimentet började graderingen av rötterna efter 6 dagar men i övriga experiment startade graderingen 3 dagar efter plantering. I rotvikts-metoden gjordes en destruktiv analys efter 30 dagar. Potatisplantan skördades, rötterna tvättades fram, torkades i 70° C i 24 timmar och rottorrvikten bestämdes. Båda metoderna upprepades i fem experiment med 7-14 replikat per sort under 2011 och 2012.



Bild 1. Bild som visar den okulära bedömningen av rotutvecklingen i krukor.

Rotutveckling i fält

För att undersöka om de resultat som erhållits i växthus överensstämde med hur sorterna reagerar under fältförhållande gjordes analys av rotutveckling i fält. Detta gjordes 2011 i ett existerande fältförsök. I ett sortförsök togs rotprover i fem sorter, vid två tidpunkter och i två block. Under 2012 genomfördes inte detta sortförsök och i stället lades, inom projektets ram, ett mindre fältförsök ut med fyra sorter och fyra block. De sorter som provtogs i fält ingick också i undersökningarna i växthus, och utsädet kom från samma utsädespartier. Fältförsöken sköttes enligt gällande praxis och gödslades med (kg): 75 N, 47 P 178 K (2011) och 85 N, 42 P 160 K (2012).

Tabell 2. Odlingsförutsättningarna på de två försöksplatserna. Generalprov vår

Försöksår	Försöksplats	Jordart	K-Al	P-Al	N-min vår 0-30 cm, kg/ha	N-min vår 30-60 cm, kg/ha	Nederbörd, mm	Skörd, antal dagar efter sättning,DAP
2011	Båstad	nmh I Sa	III	IVB	13	12	153	66 och 79
2012	Skepparslöv	mmh I Sa	II	IVB	32	25	88	75

Analys av rotbiomassa i fält gjordes genom rutvis cylinderprovtagning (diameter 7 cm och längd 10 cm) i nivåerna 0-30 cm, i 10 cm intervaller (Bild 2). Proverna tvättades och rotlängd och rotvikt bestämdes. Under 2011 togs proverna i två positioner i rutan (A och B), i nivåerna 0-30 cm och varje prov (nivå*position) togs i tre replikat. Under 2012 togs prover i position A, i nivåerna 0-40 cm och två replikat per prov. Vid skörd togs växtprover för analys av kväve och fosfor innehåll i blast och knölar. Knöl- och blastskörd bestämdes också.

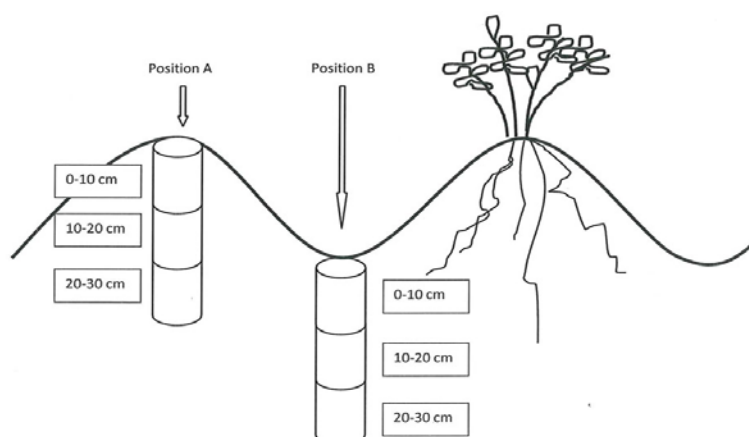


Bild 2. Schematisk bild av rotprovtagningen i fält.

Under 2011 togs prover i två positioner (A och B) och i tre nivåer 0-10, 10-20 och 20-30 cm. Under 2012 togs prover endast i position A och i nivåerna 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm och 30-40 cm.

Resultat

Resultat från växthusundersökningarna

Det ingick olika sorter i experimenten och därför presenteras resultaten för varje experiment. Tydliga skillnader i rotutveckling kunde observeras redan vid skörd av potatisplantorna i båda metoderna. Metoden där rötterna tvättades fram för att torkas och vägas var arbetsam och tidskrävande trots att odlingsmediet var tvättad sand. Den okulära metoden fungerade relativt smidigt. Vid de första graderingstillfällena måste krukorna vändas försiktigt så att jordklumpen inte föll sönder.

Rotvikt. Efter torkning kunde skillnader i rotvikt mellan flera sorter visas. Resultaten mellan de olika experimenten var ganska konsistenta och det gick att urskilja grupper med olika rotvikter. I de fall en sort ingått i flera experiment hamnade de ofta i samma grupp. Sorter som vid flera tillfällen hade hög rotvikt var Solist, Perlo, Bionica och Minerva medan sorter med låg rotvikt var Erika, Arrow och Ballerina (Tabell 2).

Tabell 2. Rotvikt, TS, i 5 experiment och 17 sorter. Antalet replikationer var sju 2011 per sort och tio per sort 2012

	Experiment 1		Experiment 2		Experiment 3	
	Potatissort	Rotvikt, g	Potatissort	Rotvikt, g	Potatissort	Rotvikt, g
2011	Arrow	0,42 c	Arrow	0,49 a	Bionica	0,93 b
	Artemis	0,54 bc	Perlo	0,44 a	Melody	0,51 a
	Erika	0,26 d	Sava	0,43 a	Opera	0,43 a
	Leoni	0,61 b	Solist	0,57 a	Ovatio	0,54 a
	Marianne	0,56 b			Sava	0,48 a
	Minerva	0,69 a			Toluca	0,47 a
	Solist	0,68 a				
2012	Arrow	0,33 c	Arrow	0,29 c		
	Ballerina	0,32 c	Ballerina	0,27 c		
	Bionica	0,64 a	Bionica	0,50 a		
	Erika	0,25 c	Opera	0,47 b		
	Minerva	0,52 b	Perlo	0,55 a		
	Opera	0,56 ab	Sava	0,40 b		
	Perlo	0,62 a	Solist	0,51 a		
	Sava	0,57 ab				
	Solist	0,48 b				

Okulär gradering. För att genomföra gradering av potatisrötter i krukor utvecklades en skala där 0= inga rötter och 9= kompakt med rötter (Bild 3). Resultaten från graderingarna visade att rotutvecklingen startade snabbt och redan efter tre dagar fanns synliga rötter hos de snabbaste sorterna och även med denna metod var skillnaderna mellan sorterna tydliga. Utvärderingen av metoden visade att de största skillnaderna i rotutveckling kunde observeras vid graderingstillfällena 7-10 dagar efter plantering. Utfallet av graderingarna i de olika experimenten var också med denna metod ganska stabil och det gick att urskilja grupper med stark respektive svag rotutveckling. Till gruppen med stark rotutveckling hörde Solist, Minerva och Perlo medan sorterna Opera och Erika hade svag rotutveckling (Tabell

3). Eftersom metoden bygger på graderingar är det lämpligt att ha en referenssort när man bedömer rotutveckling enligt denna metod. I våra undersökningar fungerade sorten Solist bra som referens.

En jämförelse mellan de två metoderna visade viss korrelation, bättre 2011 än 2012 (Tabell 4). Metoderna mäter olika saker och det var helt tydligt att en del sorter hade en snabb och kraftig rotutveckling, men att rötterna var ”lätta” med låg rotvikt.

Att resultaten varierade mellan de olika experimenten beror troligtvis på att metoderna inte enbart visar den genetiska variationen mellan olika sorter utan de visar också det enskilda utädespartiets status.

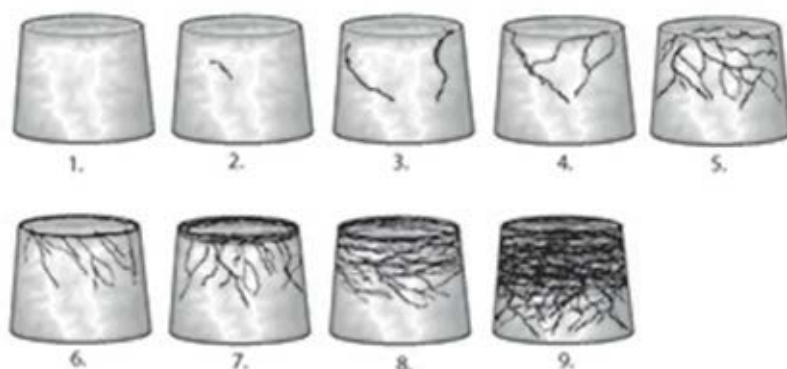


Bild 3.
Rotutvecklingsskala för okulär gradering av rotutveckling hos potatis.

Tabell 3. Okulär bedömning av rotutveckling i 5 experiment och 17 sorter under två försöksår. Bedömningen gjord 10 dagar efter plantering

Försöks- år	Experiment 1		Experiment 2		Experiment 3	
	Potatissort	Okulär gradering	Potatissort	Okulär gradering	Potatissort	Okulär gradering
2011	Arrow	7,4 a	Ballerina	7,6 b	Bionica	7,1 a
	Artemis	7,8 a	Hanna	7,8 b	Melody	6,6 ab
	Erika	6,4 b	Lady Felica	4,3 c	Opera	4,8 c
	Leoni	8,0 a	Opera	8,2 b	Ovatio	6,8 ab
	Marianne	7,4 a	Ovatio	7,3 b	Sava	6,5 ab
	Minerva	7,4 a	Perlo	8,7 a	Toluca	5,7 c
	Solist	7,6 a	Sava	7,7 b		
		Solist	8,9 a			
		Toluca	9,0 a			
2012	Arrow	6,2 b	Arrow	6,5 b		
	Ballerina	5,6 c	Ballerina	6,1 b		
	Bionica	6,4 bc	Bionica	6,1 b		
	Erika	6,3 bc	Opera	5,1 c		
	Minerva	7,7 ab	Perlo	8,9 a		
	Opera	5,5 c	Sava	6,6 b		
	Perlo	8,6 a	Solist	7,3 b		
	Sava	6,4 bc				
	Solist	7,3 ab				

Tabell 4. Korrelation mellan de två växthusmetoderna, rotvikt vs gradering. Jämförelse av sorter och utsädespartier som ingått i båda växthusexperimenten

2011			2012		
Experiment	Korrelations koeff.	Antal sorter	Experiment	Korrelations koeff.	Antal sorter
1	0,558	10	1	0,1845	9
2	0,472	3	2	0,1687	7
3	0,401	6			

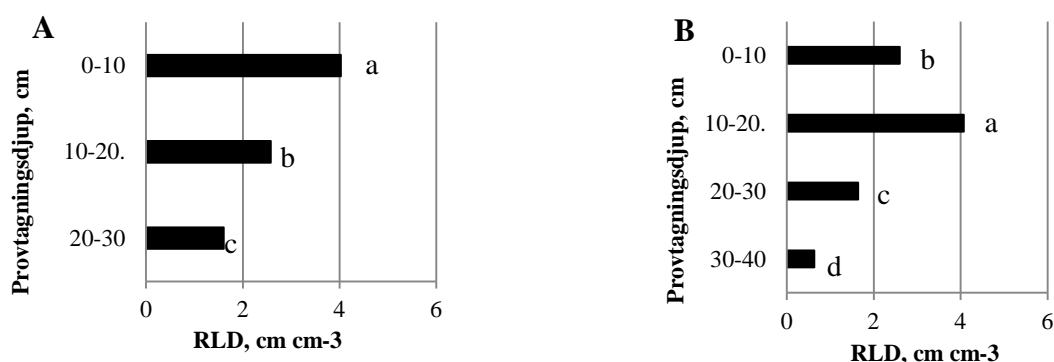
Resultat från fältförsök

Resultaten från de två fältförsöken visar på skillnader i knölskörd och blastutveckling (endast 2011). De olika odlingsförutsättningarna på de två försöksplatserna påverkade också resultaten och den högre mullhalten och bättre tillgång på mineralkväve gynnade blastutvecklingen i försöket i Skepparslöv 2012 och gav väsentligt högre blastmassa och inga tydliga skillnader mellan sorterna (Tabell 5). Däremot var skillnaden i knölskörd inte så stor mellan försöksplatserna.

Tabell 5. Skörd, friskvikt knölar, torrsvikt blast samt torrsvikt blast+knölar, i två fältförsök genomförda under åren 2011 och 2012

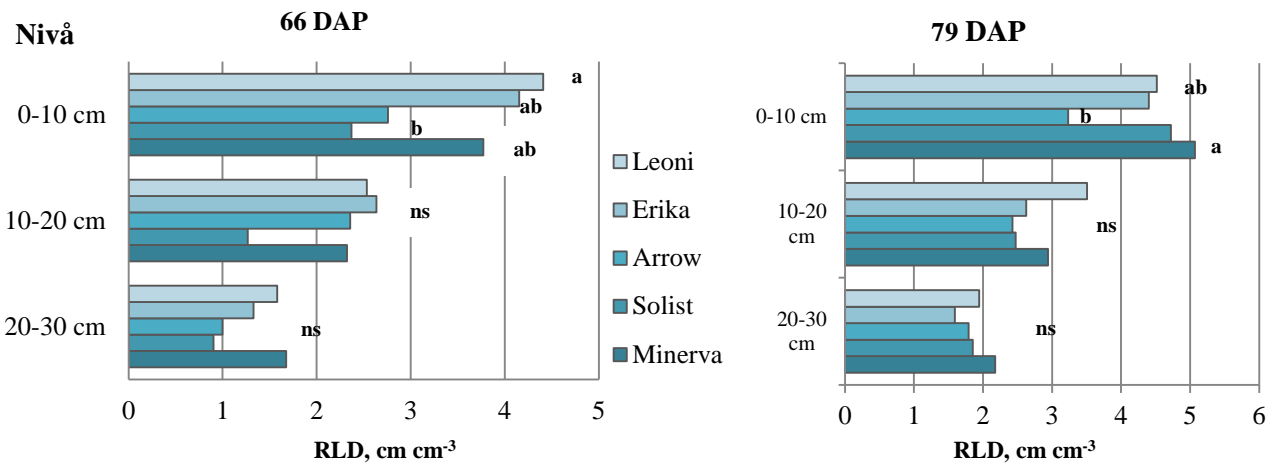
Potatis-sort	2011			2012		
	Friskvikt knölar kg m ⁻²	Torrsvikt blast g m ⁻²	Torrsvikt knölar+blast g m ⁻²	Friskvikt knölar, kg m ⁻²	Torrsvikt blast g m ⁻²	Torrsvikt knölar+blast g m ⁻²
Arrow	2,504 a	46,3 b	427,4 ab	2,323 b	196,1 a	555,1 b
Erika	1,257 c	46,0 b	236,1 c	1,517 c	188,1 a	436,7 c
Minerva	1,985 b	64,6 ab	408,0 b	3,305 a	184,9 a	756,8 a
Solist	2,489 a	58,6 ab	448,1 a	2,852 ab	145,2 a	627,5 b
Leoni	1,985 b	74,8 a	401,1 b			

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader (P<0,05) enligt ett Tukey-Kramer test

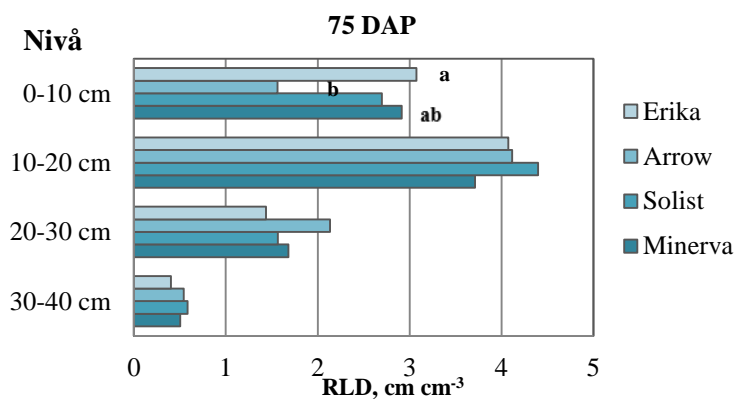


Figur 1. Rotutveckling, uttryckt som rotlängd per cm³ (RLD), i två fältförsök A 2011 och B 2012 i 10 centimetrsskikt, genomsnitt över fem potatissorter och provtagningstidpunkter 2011 och fyra potatissorter 2012. Proverna uttagna 66 och 79 (2011) och 75 (2012) dagar efter plantering (DAP). Olika bokstäver visar signifikanta skillnader (P<0,05) enligt ett Tukey-Kramer test.

2011



2012



Figur 2. Rotutveckling, uttryckt som rotlängd per cm^3 (RLD), hos fem (2011) och fyra (2012) potatissorter i två fältförsök. Proverna uttagna 66 och 79 (2011) och 75 (2012) dagar efter plantering (DAP). Olika bokstäver visar signifikanta skillnader ($P < 0,05$) enligt ett Tukey-Kramer test.

Tydliga skillnader i mängden rötter på de olika nivåerna i markprofilen kunde påvisas. Det var också tydlig skillnad mellan de två försöksplatserna/försöksåren. I det mer nederbördsrika försöket i västra Skåne med en nederbörd på 153 mm var rotutvecklingen kraftigast i det översta skiktet, medan rotutvecklingen var kraftigast i skiktet 10-20 mm i försöket i de torrare områdena i östra Skåne som hade en nederbörd på 88 mm under växtsäsongen. I försöket med större nederbörd fanns inget behov för rötterna att tränga djupare ner i profilen eftersom tillräcklig mängd vatten och näring(?) fanns i det översta lagret (Figur 1).

Rotanalyserna visar på också tydliga skillnader i rotutveckling hos de olika potatissorterna (Figur 2) särskilt i nivån 0-10 cm där skillnaderna var signifikanta.

Vid den första provtagningstidpunkten 2011 så hade Leoni signifikant större rotlängd per kubikcentimeter jämfört med sorten Solist. Vid nästa provtagningstillfälle fjorton dagar senare hade detta förändras och Solist hade samma rotdensitet som Leoni medan sorten Arrow fortfarande hade samma svaga rotutveckling. Sorten Erika hade bra rotutveckling vid båda provtagningstillfällena. Minerva utmärkte genom att ha mer rötter på de djupare nivåerna. Resultaten 2012 överensstämde med väl med resultaten från den senare provtagningen 2011. Erika hade, i nivån 0-10 cm, den största rotdensiteten och Arrow den lägsta rotdensiteten. Under 2011 togs prover mellan kuporna (bild 2) och mängden rötter var väsentligt lägre i denna position och mängden rötter mellan kuporna var i genomsnitt 30 % jämfört med mängden rötter i kupan. Vid provtagning mellan kuporna hade Leoni den största mängden rötter.

Växtnäring

Upptaget av kväve och fosfor visade på tydliga skillnader mellan potatissorterna (tabell 6). För kväve fanns tydliga skillnader mellan sorterna i blasten men inte i knölna (2012). Kväveinnehållet var i genomsnitt 1,54 % av TS i knölna. För fosfor fanns skillnader i både blast och knölar.

Koncentrationen av kväve och fosfor var hög i sorten Erika under båda försöksåren. Under 2012 hade också sorten Arrow hög koncentration av kväve och fosfor blast. Knölna analyserades endast under 2012 och det fanns inga skillnader mellan sorterna, i medeltal var halten kväve 1,5 % av TS.

Tabell 6. Mängden kväve (% av TS) och fosfor (‰) av TS i blast och knölar (2012) vid skörd

Potatissort	2011				2012					
	Blast		Blast		Blast		Knölar			
	N	P	N	P	N	P	P			
Arrow	3,66	b	0,332	b	4,30	a	0,234	a	0,201	a
Erika	4,45	a	0,420	a	4,14	a	0,248	a	0,188	a
Minerva	3,70	b	0,370	b	3,14	b	0,169	b	0,145	b
Solist	3,45	b	0,335	b	3,38	b	0,200	ab	0,153	b
Leoni	3,61	b	0,350	b						

Olika bokstäver visar signifikanta skillnader ($P < 0,05$) enligt ett Tukey-Kramer test

Sammanfattning

När man jämför de olika resultaten kan man se att det finns ganska god överensstämmelse när rotutveckling studerades i de två växthusmetoderna. När rotutveckling i växthus jämförs med rotutveckling i fält är det främst ett resultat som sticker ut och det är sorten Erika, som valdes till fältförsöken för att den visat dålig rotutveckling i växthus, men i fält hade sorten en kraftig rotutveckling särskilt i det översta lagret. För sorterna Leoni, Arrow, Minerva och Solist var överensstämmelsen mellan växthus och fältundersökningarna av ganska bra.

Rotutveckling och koncentration av kväve och fosfor i blasten var positivt korrelerad och en hög rotdensitet gav också en högre koncentration av näringsämnen i blasten. Däremot fanns det en kraftigt negativ korrelation mellan skörd och rotutveckling vid den tidiga skördetidpunkten, vid den sena skördetidpunkten fanns inte detta samspel. I tidigt utvecklingsstadium finns en konkurrens om resurserna mellan plantans olika delar och allokering till rötterna sker på bekostnad av allokering till knölar.

När det gäller den okulära metoden gav den en bra uppskattning av potatissortens/utsädespartiets förmåga att bilda rötter, med undantag för sorten Erika. Metoden kan dock förbättras, främst genom att göra om den till en 1-6 skala. Krukorna 4, 7 och 9 i bild 3 kan uteslutas för att underlätta graderingen. Fältförsöken visar att det finns en tidsaspekt i rotutveckling, vilket sorten Solist visade, med låg rotdensitet vid första provtagningen och hög vid det andra provtagningstillfället. I växthus undersökningen hamnade sorten i gruppen med stark rotutveckling.

När det gäller de analyserade koncentrationerna av växtnäring i blast och knölar verkar de ha ett samband med den totala torrsviktsskörden och låg skörd gav hög koncentration av kväve och fosfor.

Resultat förmedling

Seminarium på SLU i Uppsala, 24 maj 2012

Poster på Elmia, 8 oktober 2012

Föredrag på EAPRs (European Association of Potato Research) konferens i Prag 17 september 2013.

Titel: Root development and nutrient uptake in early potato cultivars.

Manuscript till tidskriften Potato Research ska lämnas in under november månad.

Referenser

Iwamana, K., Uemura, T. and Umemura, Y. 1998. A simple method for Selection of potato lines with a higher root/total ratio at an early stage in the seedling generation. Plant Production Science; 1, 4, 286-287.