



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,
trädgårds- och jordbruksvetenskap

Optimerad kvävegödsling i stärkelsepotatis

– Analys av riktvärden vid mätning av nitrathalt i bladskäft

Optimized nitrogen fertilization of starch potatoes

– Analysis of guidelines when measuring petiole nitrate concentration

Carl-Åke Danielsson

Martin Gillheimer



Självständigt arbete • 10 hp • Grundnivå, G1E
Lantmästare - kandidatprogram
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp 2013

Optimerad kvävegödsling i stärkelsepotatis - Analys av riktvärden vid mätning av nitrathalt i bladskäft

Optimized nitrogen fertilization of starch potatoes - Analysis of guidelines when measuring petiole nitrate concentration

Carl-Åke Danielsson
Martin Gillheimer

Handledare: Joakim Ekelöf, institutionen för biosystem och teknologi, SLU
Alnarp

Examinator: Allan Andersson, institutionen för biosystem och teknologi, SLU
Alnarp

Omfattning: 10 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G1E

Kurstitel: Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap

Kurskod: EX0619

Program/utbildning: Lantmästare – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2013

Omslagsbild: Joakim Ekelöf

Serietitel: nr: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: potatis, kväve, nitrat, stärkelsepotatis, bladskäftsanalys, kväveoptimering, kvävemätning, gödslingsstrategier, nitrathalt, starch potatoes, petiole sap, optimized nitrogen fertilization, *Solanum tuberosum*



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,
trädgårds- och jordbruksvetenskap

FÖRORD

Inom lantmästare - kandidatprogrammet är det möjligt att ta ut två olika examina, en lantmästarexamen (120 hp) och en kandidatexamen (180 hp). En av utbildningens obligatoriska delar är att skriva ett examensarbete som ska redovisas som en skriftlig rapport och en muntlig presentation vid ett seminarium. Detta arbete har genomförts under andra året, för lantmästarexamen, och motsvarar cirka 270 timmar per person heltidsstudier (10 hp).

Våra föräldrars gårdar i Blekinge respektive Östergötland odlar i dagsläget potatis och därifrån kommer vårt genuina intresse för potatisodling. Tack vare detta gemensamma intresse så såg vi chansen att skriva ett examensarbete om potatisodling som en möjlighet att lära oss mer om detta. Därför åkte vi till Elmia Odlar 2012 för att hitta ett intressant examensarbete att hugga våra tänder i. Vi frågade runt och fick flera intressanta förslag, men fastnade för ett från Joakim Ekelöf på Lyckeby Starch. Det gällde ett odlingsförsök som genomförts under 2012 och handlar om kvävegödsling och kväveupptag som kontrolleras genom mätning av nitrathalten i bladskaften. Vi tyckte att det verkade som ett intressant och inom potatisodling viktigt ämne att skriva vårt examensarbete om.

Ett varmt tack till vår handledare, Joakim Ekelöf, som har varit till mycket stor hjälp. Han har varit ett jättebra bollplank med idéer, synpunkter och motivation under arbetets gång.

Tack också till Lyckeby Starch som givit oss denna möjlighet till examensarbete och Henrik Knutsson på Lyckeby som hjälpt oss med bild och sortbeskrivningar.

Ett tack riktas även till Hushållningssällskapet i Kristianstad, Andreas Nilsson med flera, som tog emot oss på ett mycket trevligt sätt.

Tack till Allan Andersson som har varit examinator.

Alnarp, maj 2013

Carl-Åke Danielsson
Martin Gillheimer
(Lantmästarstudenter)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	1
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	5
INLEDNING	7
BAKGRUND	7
SYFTE	7
MÅL	7
AVGRÄNSNING	8
LITTERATURSTUDIE	9
KVÄVEGÖDSLING I POTATIS	9
OPTIMAL KVÄVEGIVA	10
GÖDSLINGSSTRATEGIER	11
<i>Delad kvävegiva</i>	11
<i>Stallgödsel</i>	12
<i>Radmyllning</i>	12
KVÄVENIVÅMÄTNING I PLANTAN UNDER TILLVÄXT	12
NITRATKVÄVEMÄTNING	13
<i>Olika omständigheter som kan påverka mätvärdet</i>	14
OLIKA MÄTMETODER	15
<i>Nitratkoncentrationsmätning i bladskaft</i>	15
RIKTVÄRDEN FÖR BLADSKAFTSANALYS	16
MATERIAL OCH METOD	18
FÖRSÖKSUPPLÄGG	18
SORTBESKRIVNINGAR	19
PROVTAGNING OCH ANALYSER	19
STATISTISK ANALYS	20
KÄNSLIGHETSANALYS	21
LITTERATURSTUDIE	21
RESULTAT	22
SKÖRDENS PÅVERKAN AV KVÄVEGIVAN	22
<i>Knölskörd och stärkelseskörd</i>	22
<i>Stärkelsehalt</i>	22
<i>Storleksfördelning skörd</i>	22
<i>Ekonomiskt optimal kvävegiva</i>	23
OPTIMAL NITRATHALT I BLADSKAFT	24
SLUTSATSER	25
DISKUSSION	26
SLUTSATSER:	28
REFERENSER	30
SKRIFTLIGA	30
BILDKÄLLOR	32

SAMMANFATTNING

Denna studie bygger på en litteraturstudie och ett fältförsök. Vi har undersökt vilken som är den ekonomiskt optimala kvävegödslingen i stärkelsepotatis. Eftersom potatisens kväveupptag varierar mellan sorter, odlingsplatser och år så har vi också undersökt möjligheter att mäta upptaget för att anpassa gödslingen. Syftet med studien var att hitta lämpliga riktvärden för nitrathalten i bladskaft hos stärkelsepotatis vid olika tidpunkter under odlingssäsongen. Dessa riktvärden kan sedan användas som referens vid snabbmätning av potatisens kvävestatus, både för att se kompletteringsgödslingsbehov och för att korrigera gödslingsstrategin över tid. Målet var att finna mätbara och tillämpbara riktvärden så att precisionen i gödslingen kan ökas, kväveläckaget minskas och odlingsekonomin förbättras.

Vi har analyserat data från ett kvävegödslingsförsök i Skåne från år 2012 med sex kvävenivåer (50, 100, 150, 200, 250 och 300 kg N/ha) och tre stärkelsepotatissorter (Kuras, Novano och Stayer). Nitrathalten i bladskäften har mätts fyra gånger under säsongen och dessa värden har analyserats för att finna optimala nivåer.

I potatisplantan är kvävet viktigt för cellernas funktion, näringstransport och tillväxt. För potatisen brist på kväve någon gång under säsongen så tar den inte igen det och den potentiella skörden sjunker kraftigt. Kvävet tas upp som joner genom rötternas vattenupptag och nitratjoner står för huvudupptaget. Potatisens kväveupptagningsförmåga är relativt låg i jämförelse med andra vanliga jordbruksgrödor och nitratjoner är lätttrörliga i marken. Detta tillsammans med lätta jordar och bevattning leder till att potatisodling riskerar att orsaka kväveläckage.

Både för litet och för stort kväveupptag påverkar skörden och dess kvalitet negativt och därmed också odlarens förtjänst. Helst ska tillgången ligga precis i nivå med behovet under hela växtsäsongen. Ett sätt att uppnå detta är att dela givan och styra andragivan efter plantans kvävestatus.

Potatisblastens kvävekoncentration är högst tidigt och avtar sedan under hela växtsäsongen för att plana ut på slutet. I bladskaftens växtsaft förändras nitrathalten snabbast och tydligast. Bladskaftens nitrathalt är den bästa indikatorn på plantans kväveupptag och därmed mest lämpad att analysera. Det finns dessutom lättanvänd utrustning för att göra detta i fält som gör detta till en tillämpbar metod i större skala.

Den ekonomiskt optimala kvävegivan är när det sista kilot kväve betalas av den merskörd det ger. Man måste därför ta hänsyn till aktuella priser. Vi fann att den ekonomiskt optimala kvävegivan ligger runt 150 kg N/ha (Kuras 153 kg N/ha och Stayer 148 kg N/ha i försöket) där 75 % ges vid sättnings. Det finns tydliga skillnader mellan sorter, sorten Novano reagerade till exempel helt olikt de andra sorterna i försöket. Den optimala nitrathalten i bladskäften förändras under säsongen och följde i detta försök en kurva som redovisas i resultatet.

Ur studiens resultat kan också utläsas att man inte behöver ta hänsyn till kväveprisets nivå eftersom den är så låg i förhållande till skördeintäkter och andra kostnader i

odlingen. Vi kom också fram till att stärkelsehalten inte i detta försök påverkades negativt av ökad kvävetillgång.

Vi tror att man med hjälp av snabbanalys av bladskaftens nitrathalt kan optimera sin kvävegödsling vid olika förhållanden och att detta är både lönsamt och ligger rätt i tiden.

SUMMARY

This study is based on a literature review and a field experiment. We have examined the economic optimum nitrogen fertilization rate for starch potatoes. Because of the differences in nitrogen uptake between different potato cultivars, locations and years, we have also studied the opportunities to measure the nitrogen uptake to optimize fertilization. The purpose of the study was to find petiole sap nitrate concentration guidelines for starch potatoes at different times during the growing season. These guidelines can be used as a reference for quick tests; to determinate the potato crops nitrogen status, to find out if complementary nitrogen is needed, to improve the fertilization strategy and management, to improve the nitrogen use efficiency, to decrease nitrogen losses to the environment and to increase the profit for the grower.

We have analysed data from one nitrogen fertilization experiment in southern Sweden during 2012. In the experiment, six nitrate fertilization rates (50, 100, 150, 200, 250 and 300 kg N/ha) and three starch potato cultivars (Kuras, Novano and Stayer) were tried in a two-factor split-plot design. Petioles were analyzed for nitrate nitrogen concentration at four times (about 28, 40, 54 and 76 days after emergence) during the growing season. These petiole sap nitrate concentrations have been analyzed to find how the optimal levels vary with the crops maturity.

Nitrogen is vital in the potato plant for the function of the cells, the nutrient transportation and the growth. If the potato plant suffers from a nitrogen deficiency at any time during the growing season, it will not fully recover and the potential yield will not be reached. Lack of nitrogen is worse the earlier it appears and especially bad during tuber initiation. Since the nitrogen is taken up as ions together with water through the roots, water supply is also important for nitrogen uptake. Nitrate nitrogen is for potatoes the most important source of nitrogen and nitrate ions moves easily with soil water. Because of its relatively small root volume, the potato plant also has a relatively low ability to take up nitrogen compared to other common crops. These things, together with sandy soils and irrigation, increase the risk of potato cultivation causing nitrogen leaking.

Neither too big nor too small nitrogen uptake is good for the yield or its quality, and will cause less benefit for the grower. When it is optimal conditions the nitrogen supply just meets the plant nitrogen need throughout the whole growing season. One way to get closer to this is to split the nitrogen fertilization into two occasions and control supplemental fertilization rate after the plant nitrogen status.

Potato plant nitrogen concentration is high early to decline throughout the growing season and even out on a constant low level after growing. The petiole sap nitrogen concentration changes both the most and most rapidly in the plant, making it the best indicator for plant nitrogen uptake. Petiole sap nitrogen concentration is fairly easy to analyze and it can be done with an in-field tester for quick results. This makes it applicable for big scale use.

The economic optimum nitrogen fertilization rate is when the last unit of additional nitrogen is worth equal with the increase of yield it causes, which means that the

economic optimum rate depends on the prices of nitrogen and potatoes. We found the economic optimum nitrogen fertilizer rate to be around 150 kg N/ha (Kuras 153 kg N/ha and Stayer 148 kg N/ha in this experiment) with 75 % applied at planting. There are obvious differences between cultivars; Novano for example reacted very different on more nitrogen than the others. The optimum petiole sap nitrate concentration changed with advanced maturity during the growing season, in this experiment as shown in our result.

Our results also show that the price of nitrogen does not affect the total growing result very much, which means that one do not have to take it into account. It is too small compared to other costs and the harvested potato price. The result also shows that the starch content was not significantly affected by increased nitrogen fertilization in this experiment, unlike what others have found.

We believe in quick tests for analyzing petioles for nitrate concentration as a useful tool to optimize ones nitrogen management in potato cultivation. It will give a good picture of the plants nitrogen status under different conditions, compared to standardized fertilization rates. It has the opportunity to be profitable, both for the growers and their surrounding environment.

INLEDNING

Bakgrund

I dagsläget med högre krav på kvävehushållning, är det viktigt att bara gödsla så mycket kväve som växten tar upp. Dagens stärkelsepotatisodling bevattnas oftast mycket och odlas till stor del på lätta jordar nära vattendrag. Därmed är risken för kväveläckage större än i odling på tyngre jordar. Det ställs allt högre krav från samhället och allmänheten på bättre kväveutnyttjande i växterna och minskade utsläpp av näringsämnen till våra vattendrag.

Med hjälp av nitralthalmsmätning i bladskafte, som hjälpmedel vid gödning, kan odlaren komma närmare det optimala kväveupptaget i potatisplantan vilket förhoppningsvis också ger en bättre skörd. En kvävebrist kan upptäckas innan det blir synliga bristsymptom och korrigeras innan den har fått stor inverkan på skördepotentialen. Snabbtest av potatisens kvävestatus gör det enklare för odlare att lära sig hantera olika potatissorter och gödselmedel och därmed förbättra gödningstrategin. Optimerad gödning gör det möjligt att få en bättre kvävehushållning och ekonomi i potatisodlingen.

För att undersöka vilken som är den optimala nitratkoncentrationen i potatisens bladskafte vid olika tidpunkter under säsongen har Lyckeby Starch under 2012 beställt ett odlingsförsök på Hushållningssällskapet i Kristianstads försöksgrd Hellegården. Vi har i detta examensarbete utvärderat siffror från det försöket. Vi tycker nitralthalmsmätning verkar intressant och vi tror att det ligger helt rätt i tiden.

Syfte

Syftet med examensarbetet är att ta fram ett hjälpmedel för att öka precisionen i kvävegödningen till stärkelsepotatis så att odlingsekonomin förbättras och kväveläckaget minimeras.

Mål

Målet med examensarbetet är att ta fram riktvärden för nitralthalter i tre stärkelsepotatissorter. Mätningarna görs i bladskafte med snabbmätare.

Följande frågor vill vi besvara:

- Vilken är den ekonomiskt optimala kvävegödningnivån?
- Hur varierar nitralthalten i bladskafte under odlingssäsongen?
- Vilken är den optimala nitralthalten i bladskafte vid olika tidpunkter under odlingssäsongen?

Dessutom vill vi undersöka:

- Hur kvävepriset påverkar odlingsekonomi i stärkelsepotatis.
- Om kvävegödslingen påverkar skördens kvalitet.
- Om kväveupptaget och därmed nitrathalten i bladskafte varierar mellan olika potatissorter.
- Om nitralthaltsanalys av bladskafte är en bra och användbar metod för att styra kvävegödslingen.

Avgränsning

I vårt examensarbete ska vi begränsa oss till att undersöka ett ettårigt, svenskt stärkelsepotatisförsök med tre olika potatissorter. Studien omfattar en litteraturgenomgång samt analysering av befintligt försök.

LITTERATURSTUDIE

Kvävegödsling i potatis

Kväve tas upp av rötterna i jonform, nitratkväve (NO_3^-) eller ammoniumkväve (NH_4^+), med växtens vattenupptag. Kväveupptaget kan ske både som aktivt eller passivt upptag, vilket styrs av växten (Ekelöf & Råberg, 2011). Därför är vattentillgången mycket viktigt för potatisens kväveupptag och därmed knölskörd. Ju tidigare potatisen lider utav torka, desto mer sjunker skörden. Detta gör vattentillgång speciellt viktigt vid knölsättningen (Dalla Costa *et al.*, 1997).

Potatisen tar i första hand upp kväve som nitrat (Linnér, 1992). Nitratkväve är den viktigaste oorganiska kvävekällan (Vos & MacKerron, 2000). Det är lätttrörligt i plantans xylem och kan reduceras till ammonium eller lagras i växtcellernas vakuoler. Nitratkvävet som är lagrat i vakuolerna är viktigt för cellernas funktion och för knölkvaliteten. Ammoniumkvävet är med och bygger aminosyror och proteiner som är viktiga för näringstransport och tillväxt (Gianquinto & Bona, 2000). Gödselutnyttjandet och skörden blir bättre om man gödslar med ammoniumkväve vid sättning eftersom det är mindre rörligt i marken, speciellt på lätta jordar och om bevattning används. Däremot påverkas inte skördens kvalitet av kvävet form i gödseln (Bundy *et al.*, 1986).

Potatisens kvävebehov varierar under plantans tillväxt. Potatisen börjar ta upp kväve cirka en månad efter sättning och slutar cirka 2,5 till 3 månader efter uppkomst. Som mest kan potatis ta upp 2 till 6 kg kväve per hektar och dag beroende av sort, väderlek och utvecklingsstadium (Nilsson *et al.*, 2012; Ekelöf & Råberg, 2011). Upptagningshastigheten varierar mellan potatissorter och hur snabbt potatisen börjar ta upp kväve kan också variera (Abenavoli *et al.*, 2005). Potatis lämnar i regel mer kväve kvar i fält efter sig än till exempel spannmål och sockerbetor. Eftersom potatisens upptag är relativt lågt och endast knölarna skördas, så stannar vanligtvis mer än hälften av det tillförda kvävet kvar i fält efter skörd. Detta ökar risken för kväveläckage under vintern (Vos, 2009).

I plantan påverkar kvävet främst storleken på potatisknölen. Det finns inte något samband mellan kvävetillförsel och antalet stjälkar eller knölar per planta. Det är sorten, storleken på utsädet och den fysiologiska åldern på utsädet som påverkar hur många stjälkar det blir per sättknöl. (Nilsson *et al.*, 2012; Ekelöf & Råberg, 2011).

Felaktig kvävegödsling kan vara kostsamt i potatisodling, därför är det att rekommendera att anpassa gödsling efter förväntad skörd. En tumregel är att utgå efter ett normalt år. Kvävebehovet är dock unikt för varje sort och odlingsplats. Som regel har man störst skördeökning av de första kilona kväve som kan ge runt 120 kg potatis mer per hektar (Nilsson *et al.*, 2012). Den ekonomiskt optimala kvävetillförseln i nordvästeuropeisk potatisodling ligger vanligtvis mellan 150 och 200 kg kväve per hektar (Vos, 2009).

Vid kvävegödsling måste man ta hänsyn till vad marken har för förmåga att leverera kväve till växten eftersom organiskt kväve finns bundet i marken. Mängden organiskt

kväve i marken varierar normalt mellan 6 000 och 8 000 kg per hektar och av detta blir mellan 10 och 200 kg kväve per hektar växttillgängligt genom mineraliseringen årligen (Nilsson *et al.*, 2012; Ekelöf & Råberg, 2011).

Optimal kvävegiva

Vid optimal kvävegödsling är läckaget lågt. Kvävet bör ta slut så att blasten börjar vissna ner strax innan det planerade skördedatumet, annars finns det risk för kväveläckage (Alva, 2004; Vos & MacKerron, 2000).

Kvävegödslingsnivån påverkar knölvikten och lagringsdugligheten olika för olika sorter, men för alla sorter ger en ökad kvävegiva en ökad skörd upp till en viss nivå. Kväveeffekten, räknat i skördemängd per gödslad mängd kväve, minskar vid högre kvävegödslingsnivåer upp till maximal skördemängd (Fontes *et al.*, 2010; Vos, 2009). Detta innebär att gödselpriset och potatispriset påverkar vad som är en ekonomiskt optimal kvävegiva. Den ekonomiskt optimala kvävegivan är oftast något lägre än den skördeoptimala (Fontes *et al.*, 2010). En skördeoptimerad kvävegiva begränsar inte skördepotentialen eller tillväxten någon gång under säsongen (Vos & MacKerron, 2000).

För mycket kvävegödsling kan ge stor blasttillväxt på bekostnad av knöltillväxt och sämre knölkvalitet. Det leder även till ett sämre kväveutnyttjande och kan då orsaka läckage. Potatis har redan i relation till andra lantbruksgrödor ett lågt kväveutnyttjande, 50 till 60 %, men kan vara lägre än så vid höga givor (Goffart *et al.*, 2011; Tyler *et al.*, 1983). Potatisen är dessutom också relativt dålig på att ta upp markbundet kväve (Goffart *et al.*, 2008).

För mycket kväveupptag kan leda till sen knöltillväxt och mognad, låg stärkelsehalt, sämre lagringsduglighet samt försvårad blastdödning och skörd (Goffart *et al.*, 2008; Sgueglia *et al.*, 2004; Gianquinto & Bona, 2000). Det krävs inte mycket för stort kväveupptag för att få en signifikant minskning av knölarnas densitet och sänkt stärkelsehalt (Williams & Maier, 1990). Finns det för mycket kväve tillgängligt under potatisens mognadsfas försenas mognaden och stärkelsehalten sänks (Hofman & Salomez, 2000; Ojala *et al.*, 1990). Om kvävetillgången ligger precis i nivå med behovet hela tiden så blir kvaliteten på potatisen som bäst (Vos & MacKerron, 2000). Därför beror den optimala kvävegödslingen på mängd och tidpunkt för gödslingen och på frigörelsen av kväve från marken (Sgueglia *et al.*, 2004; Vos & MacKerron, 2000). Kontinuerlig kvävetillgång genom säsongen är lättare att uppnå med en hög kvävegiva (Williams & Maier, 1990). Mineralisering och därmed kväveupptag påverkas av bland annat biologisk aktivitet, temperatur och nederbörd under säsongen. Vattentillgång är också viktigt för potatisens upptag av kväve och andra näringsämnen, därför är bevattning ett hjälpmedel för att styra kväveoptimeringen (Vos & MacKerron, 2000). Möjligheten att matcha kvävetillgången med behovet ökas med en delad kvävegiva på två eller flera tillfällen, samt mätningar av jordens och plantornas kvävestatus under växtsäsongen (Sgueglia *et al.*, 2004; Vos & MacKerron, 2000).

Eftersom skördens mängd och kvalitet blir sämre vid felaktig kvävegiva så minskar odlarens förtjänst. Med högre kvävepriser blir det viktigare att försöka gödsla optimalt

(Fontes *et al.*, 2010). Den ekonomiskt optimala kvävegivan är den när det sista kilot kväve betalas av den ökade skörden som det ger (Fontes *et al.*, 2010; Vos, 2009). Oavsett vilken typ av funktion som beskriver det ekonomiska utbytet för kvävegödsel så är den ekonomiskt optimala kvävegivan första punkten där kurvans lutning är lika med noll (Vos, 2009). På vilken nivå denna givan är, beror mycket på potatissorten, kvävegödselpriset och priset på skördad mängd potatis. Vid ett högt potatispris påverkar kvävepriset den ekonomiskt optimala kvävegivan mindre. Under gynnsamma prisförhållanden med lågt kvävepris och hög betalning för skördad potatis kan den optimala kvävegivan ligga på 95 % av vad som krävs för maximal skörd. Vid sämre förutsättningar med dyr gödsel och dålig betalning kan optimum sjunka till 86 % av maxskördsgivan (Fontes *et al.*, 2010).

Gödslingsstrategier

Delad kvävegiva

På grund av potatisplantans grunda rotsystem är det bättre att dela upp kvävegivan än att ge hela givan vid sättning (Ekelöf & Råberg, 2011). Genom att minska kvävegödslingen vid sättning och sedan kompletteringsgödsla efter potatisens behov under början och mitten av säsongen kan man minska markens kväveläckage och därmed öka kväveeffektiviteten (Hofman & Salomez, 2000). I ett tysk-finskt försök har delad kvävegiva givit högre skörd och också mer kväve i knölna och mindre kvar i jorden jämfört med att lägga hela givan vid skörd (Nitsch & Varis, 1991). I ett amerikanskt tvåårigt försök på sandjord visades att jordens nitratläckage ökade när större del av kvävegivan lades vid sättning (Errebhi *et al.*, 1998). Endast mellan 33 och 56 % av gödslet kväve togs upp i genomsnitt. Den totala skörden påverkades inte men det blev fler små knölar med större kvävegiva vid sättning. Errebhi *et al.* (1998) visade att delad giva minskade läckaget, ökade upptaget och gav större knölar. Ett annat försök har visat att gödselutnyttjandet blev bättre av andragivan än sättningsgivan och därmed att kvävegödseln utnyttjades signifikant bättre med delad giva (Westermann *et al.*, 1988). Även fyra svenska försök från slutet av åttiotalet visade att skörden ökade med 2 till 8 % vid delad giva och att utnyttjandet blev nära dubbelt så bra av kväve som tillfördes i växande gröda jämfört med vid sättning (Linnér, 1992).

För att få så god nytta av delad kvävegiva som möjligt så måste grundgivan vara så stor så att den räcker till blasttillväxten. Blasten måste snabbt bli stor för att få mycket ljus. Är grundgivan inte tillräcklig så kan inte skördepotentialen uppnås med andragivan eftersom plantan inte kan ta igen all den solenergi som den har gått miste om (MacKerron & Haverkort, 2000).

Vid andragivan är det viktigt att gödseln kommer i fuktig jord för att potatisen ska kunna ta upp näringen. För att optimera kvävegödslingen krävs att man vet förhållandet mellan kvävetillgång, förväntad skördenivå, tidpunkt och plantans kvävestatus. Potatisplantans koncentration av kväveföreningar avtar under säsongen, men hur fort det avtar beror mycket på klimat, odlingsstrategi och sortskillnader. Det är därför svårt att sätta upp generella riktvärden för kvävegödsling utan att begränsa sig till en viss sort i ett visst område (Gianquinto & Bona, 2000).

Stallgödsel

Stallgödsel förbättrar jordens struktur, gör jorden luftigare och bättrar på jordens vattenhållande förmåga. Vid stallgödselanvändning blir det svårare att gödsla med önskad kvävemängd eftersom man inte kan veta när och hur mycket av gödselns kväveinnehåll som blir tillgänglig för potatisen (Hofman & Salomez, 2000). Om man regelbundet har gödslat med stallgödsel så frigörs också mer kväve från jorden årligen. Denna mineralisering kan till viss del styras med hjälp av bevattning (Nilsson *et al.*, 2012). Analys av potatisens kvävestatus i kombination med kompletterande mineralgödsel kan också användas för att åstadkomma en för potatisen lagom kvävetillgång (Hofman & Salomez, 2000).

Radmyllning

För att få ett bra utnyttjande av det kväve som tillförs vid sättning kan gödseln radmyllas. Gödseln ska då helst placeras 6 till 7 centimeter ifrån och något under sättknölen. Kommer gödseln för långt ifrån knölen riskeras att kväve sköljs bort vid kraftigt regn och kväveläckaget ökar. Gödseln bör inte heller hamna för grunt eller långt in i kupan, för när blasten blir större kommer den att täcka kupan och fungera som ett paraply. Detta hindrar att vatten kommer ner till gödseln och kvävet löses upp sämre (Carlsson *et al.*, 1996).

Radmyllning ökar gödselutnyttjandet och man kan då minska kvävegivan eftersom effekten av kvävet blir större. Radmyllning gav i ett svenskt försök upp till tio procent bättre gödselutnyttjande än bredspridning och nedharvning av gödseln. Därmed blev skörden också högre vid radmyllning. Skillnaden i skörd mellan radmyllning och bredspridning var större ju lägre kvävegivan var och vid 200 kg kväve per hektar var det ingen skillnad i skörd. Vid sämre klassning på jorden gav radmyllningen också större effekt (Hahlin & Svensson, 1992).

Kvävenivåmätning i plantan under tillväxt

Under uppkomsten är plantan beroende av näringen som finns lagrad i sättknölen. Därefter växer blasten snabbt och plantan måste börja ta upp näring ur jorden. Sättknölen fortsätter dock att leverera näring så länge det finns kvar. Detta leder till att det tar två till tre veckor efter uppkomst innan bristen syns om plantan inte har tagit upp något kväve. Senare kan kvävebrist synas olika snabbt eller långsamt beroende på jordart och väder. Vid varmt väder och i jord som håller näring och vatten bra, så uppenbarar sig bristen långsammare och endast om plantan lider av torka så går det snabbt. För att tidigt kunna upptäcka kvävebrist innan den syns så måste man mäta kvävenivån i plantan under tillväxt och för att veta om mätresultatet indikerar en brist behöver man ha riktvärden att jämföra det med (Gianquinto & Bona, 2000).

Eftersom potatisens näringsbehov varierar mellan år, platser och sorter så är generella gödslingsrekommendationer inte tillräckliga i många fall (Goffart *et al.*, 2011; Gianquinto & Bona, 2000; Williams & Maier, 1990). Det är dessutom svårt att förutse hur stor kvävetillgången från jorden kommer att bli. Därför har olika metoder för att

bedöma potatisplantans kvävestatus och därmed gödselbehov utvecklats som hjälpmedel att optimera gödslingsstrategin. Dessa metoder går ut på att mäta nitratkoncentrationen i plantans växtdelar för att finna plantans behov och kunna justera gödslingen därefter om det behövs. Nackdelen med att mäta plantans näringsinnehåll är att det är svårt att veta om näringstillgången kommer att vara tillräcklig senare under växtperioden. Man behöver även känna till hur mycket tillgänglig näring som finns i marken eller mäta flera gånger för att se en trend (Goffart *et al.*, 2011; MacKerron & Haverkort, 2000).

Potatis är jämfört med andra grödor relativt dålig på att ta upp kväve från jorden och det är svårt förutsäga potatisens totala kvävebehov. Delade kvävegivor är en metod för att tillgodose potatisens kvävebehov under säsongen och öka kväveutnyttjandet. För att gödsla rätt med en sådan strategi är kvävemätning i potatisplantorna ett nödvändigt hjälpmedel (Goffart *et al.*, 2011). Dock behöver man veta hur mycket kväve man bör tillföra vid en kompletteringsgödsling för att uppnå önskad effekt (Goffart *et al.*, 2008).

När kväveinnehållet från mätningen analyseras behöver man känna till vad som är det kritiska värdet. Över det kritiska värdet förväntas inte plantan att ge någon respons på mer kväve. Medan under det kritiska värdet bör avvikelser från det och kvävebehovet följas åt. Vilket som är det kritiska värdet beror dock mycket på vilken del av plantan som testats och plantans utvecklingsstadium. Även sort och klimat kan påverka nivån på det kritiska värdet (Gianquinto & Bona, 2000).

Metoder för analys av kvävekoncentration i blasten på potatisplantor för att avgöra gödslingsbehov måste vara precisa och enkla. Det kräver noggranna och fastställda rutiner för provtagning och analys av proverna direkt efter insamling. Oavsett vilken del av plantan man analyserar, till exempel blad, bladskaft eller stjälk, så är det viktigt att alltid ta den delen från samma plats på plantan. Innehållet kan skilja mellan olika tidigt utvecklade delar, hur djupt in i plantan delarna tas och mellan huvudstammen och sidogrenar. Proverna måste också tas vid ungefär samma tidpunkt på dagen för att vara jämförbara (Goffart *et al.*, 2000; MacKerron *et al.*, 1995).

Nitratkvävemätning

Den högsta koncentrationen av kväve per torrsubstans har plantan tidigt på säsongen. Koncentrationen avtar sedan under hela växtsäsongen. Den avtar som snabbast mellan cirka 15 till 75 dagar efter uppkomst och avtar normalt lite långsammare i början och inget i slutet av växtperioden. Detta gäller för både blad, stjälkar och knölar (Gianquinto & Bona, 2000). Vid höga kvävegivor och god kvävetillgång avtar det långsammare, men då utnyttjas också kvävegödseln sämre (Williams & Maier, 1990). Innehållet av totalkväve per gram torrsubstans är ungefär det samma mellan bladen och stjälkarna. Skillnaden är att i bladskaft och stjälkar avtar kvävekoncentrationen snabbare under blasttillväxten och att de har mer nitratkväve i förhållande till organiskt kväve. I knölar är kvävekoncentrationen, förändringen i kvävekoncentration och nitratkvävekoncentrationen mindre än ovan mark (Gianquinto & Bona, 2000). Detta innebär att analys av nitratkväve i stjälkar, bladskaft och småblad är mer användbart än analys av knölar. Analys av växtdelar ovan mark är dessutom lättare och billigare att utföra (Goffart *et al.*, 2008; Goffart *et al.*, 2000). Nitratkoncentrationen i bladskaft

förändras mer än i småbladen och är bäst kopplad till kväveupptaget. Därför är bladskafte det bästa stället att mäta potatisplantans kvävestatus på (Vos, 2009).

Olika omständigheter som kan påverka mätvärdet

Minskning i nitratkvävekoncentration i bladskafte syns senare på säsongen ju högre kvävegödslingsgiva är. Nitratkvävekoncentrationen i bladskafte avtar normalt under hela säsongen, men vid delad kvävegiva kan den bibehållas eller ökas efter andragivan. Den håller sig ofta därefter högre jämfört med om hela kvävegiva ges vid sättnig (Goffart *et al.*, 2000; MacKerron *et al.*, 1995).

Nitratjoner och kloridjoner är antagonister så om ett gödselmedel som innehåller kloridjoner används, till exempel kaliumklorid, så minskas nitratkoncentrationen i potatisblasten (Parks *et al.*, 2011; James *et al.*, 1994).

Det är skillnad mellan kväveupptaget vid samma giva på olika jordar, speciellt vi låg giva. På lätta jordar blir nitratkoncentrationen i blasten högre under första delen av växtperioden än på tyngre jordar, men nitratkoncentrationen sjunker också snabbare på den lätta jorden, eftersom den håller kväve sämre. Vid högre kvävegivor spelar jordmånen mindre roll för potatisen (Gianquinto & Bona, 2000).

Temperatur och ljus spelar stor roll för tillväxten och nitratkoncentrationen. Vid hög temperatur växer potatisen snabbare och nitraten i dess vävnader späds ut. Är det kallare ökas nitratkoncentrationen för att plantan ska stå emot kylan bättre. Dessutom växer den långsammare (Gianquinto & Bona, 2000).

Vid torka blir potatisen stressad och då kan nitratkoncentrationen i plantan ökas med 20 till 30 % jämfört med en välvatnad gröda (Stark *et al.*, 1993). Om potatisen får för mycket vatten, det vill säga långt över evapotranspirationen, så minskas nitratkoncentrationen, främst på grund utav att rotdjupet blir mindre och jordens nitratläckage blir större (Gianquinto & Bona, 2000).

Olika sorter kan skilja sig mycket åt när det gäller gödslingsbehov och kväveinnehåll. Tidigt mognande sorter utvecklas snabbare och har därför generellt snabbare kvävekoncentrationssänkning än sena sorter. Även vid samma mognadsstadie skiljer sig dock sorter mycket (Gianquinto & Bona, 2000).

Djupare rötter ger ett högre kväveupptag. Djup bearbetning och djup gödselplacering ökar potatisplantans nitratinnehåll (Gianquinto & Bona, 2000).

Potatisens förfrukt har betydelse för dess kväveupptag. Halmrester i jorden minskar kvävetillgången för potatisen eftersom halmens höga kolkvävekvote gör att kväve immobiliseras. Baljväxter som förfrukt gör att nitratkoncentrationen i potatisblasten avtar långsammare då de kväverika baljväxtresterna ger potatisen tillgång till kväve under säsongen (Gianquinto & Bona, 2000).

Olika mätmetoder

Det finns flera olika metoder för att ta reda på potatisens kvävestatus under tillväxten. En metod är mätare som direkt i fält ger värden relaterade till grödans kväveinnehåll. Vanligt använda exempel på detta är: nitratkoncentrationsmätning i bladskaften, klorofyllkoncentrationsmätning i bladen och ljusreflektionsmätning från blasten (Goffart *et al.*, 2011; Haase *et al.*, 2000). Det finns även metoder där man använder sig både av växtanalys och av jordanalys. Resultaten av dessa analyser läggs in i ett beräkningsprogram tillsammans med väntad skörd för att få en gödslingsrekommendation (Svensson *et al.*, 1995).

Det är viktigt när man bedömer potatisens kvävestatus med hjälp av denna typ av metoder att de är säkra, precisa och alltid ger värden som följer den riktiga kvävekoncentrationen. Mätutrustningen måste också vara så känslig att kvävebrist kan upptäckas tillräckligt tidigt så möjlighet fortfarande finns att åtgärda bristen med mer gödsling. Det är heller inte bra om mätvärdena påverkas av andra faktorer. Dessutom måste mätningen vara enkel, billig och kunna göras snabbt med snabba resultat för att den ska användas i stor omfattning i vanlig odling (Goffart *et al.*, 2011). Det är viktigt att följa samma provtagningsprocedur när man mäter kvävekoncentrationen i fält, för att mätresultat vid olika tillfällen ska vara jämförbara med varandra. Enstaka prover kan skilja sig mycket, därför är det viktigt att ta flera prover vid varje tillfälle och använda ett noggrant kalibrerat mätinstrument (MacKerron *et al.*, 1995).

Nitratkoncentrationsmätning i bladskaf

Nitratkoncentrationsmätning i bladskaften är den vanligaste, mest utredda och mest beprövade metoden för att mäta kväveinnehåll i potatis. Den går ut på att man pressar ut växtsaften ur potatisplantans bladskaf och mäter nitratkoncentrationen i denna (Goffart *et al.*, 2011; Goffart *et al.*, 2000). Nitratkoncentrationen i bladskaften blir högre vid högre gödselgiva, inom normala gödslingsnivåer, vilket betyder att nitratmätning i bladskaf ger en bra bild av potatisens kväveupptag (Linnér, 1992; Nitsch & Varis, 1991; Williams & Maier, 1990). Det är möjligt att ta fram standardvärden för bladskafssaftens nitratkoncentration vid olika mognadsstadier och därmed optimera gödslingen (Nitsch & Varis, 1991; Williams & Maier, 1990). Tidig mätning, innan knölnarna har börjat växa (< 2 mm), är enligt Williams och Maier (1990) inte tillförlitlig då det är för tidigt för att se en eventuell brist. Senare är förhållandet mellan hög nitratkoncentration i bladskaf och hög skördenivå tydligt (Linnér, 1992; Williams & Maier, 1990). Det är lämpligt att börja mäta 20 till 30 dagar efter uppkomst (Goffart *et al.*, 2000). Man måste dock ta hänsyn till de stora skillnaderna mellan sorter och odlingsplatser innan man jämför med andras uppmätta värden (Goffart *et al.*, 2008).

Nitratkoncentrationen i bladskaften är olika vid olika tidpunkter på dygnet (Alva, 2004; Zhang *et al.*, 1996; MacKerron *et al.*, 1995). Den tidpunkten med mest stabil nitratnivå är på eftermiddagen mellan klockan 12 och 15, då är det mest lämpligt att genomföra provtagningen (Zhang *et al.*, 1996; MacKerron *et al.*, 1995). Skillnaden under dygnet blir större vid höga kvävegödslingsnivåer. Det är också skillnad på nitratkoncentration man uppmäter mellan bladskaf olika djupt in i blasten och mellan bladskaf från huvudstammen och sidogrenarna. Sidogrenarnas bladskaf har högre nitratnivå än huvudstammens. I både huvudstammen och sidogrenarna ökar nitratnivån i bladskaf ju

längre in i bladverket man testar (MacKerron *et al.*, 1995). Variationer i bladskafsnitrat finns också mellan olika tidigt utvecklade bladskafte på olika plantor. Denna variation är som minst i senast fullt utvecklade bladskafte, vilket vanligtvis är tredje till fjärde uppfifrån och dessa bladskafte är därför bäst lämpade att mäta i (Goffart *et al.*, 2000).

På jord som har stallgödsel har nitratkoncentrationen i jorden innan sättnig varit mer relaterad till skördenivån än bladskafteanalyser. Därför rekommenderas jordanalys precis innan sättnig som hjälpmedel om man gödsel med stallgödsel hellre än bladskafteanalys (Moore *et al.*, 2011). Bladskafteanalys kan också ge spridda och osäkra resultat. Detta riskerar att leda till att missledande data blir publicerade (Parks *et al.*, 2011).

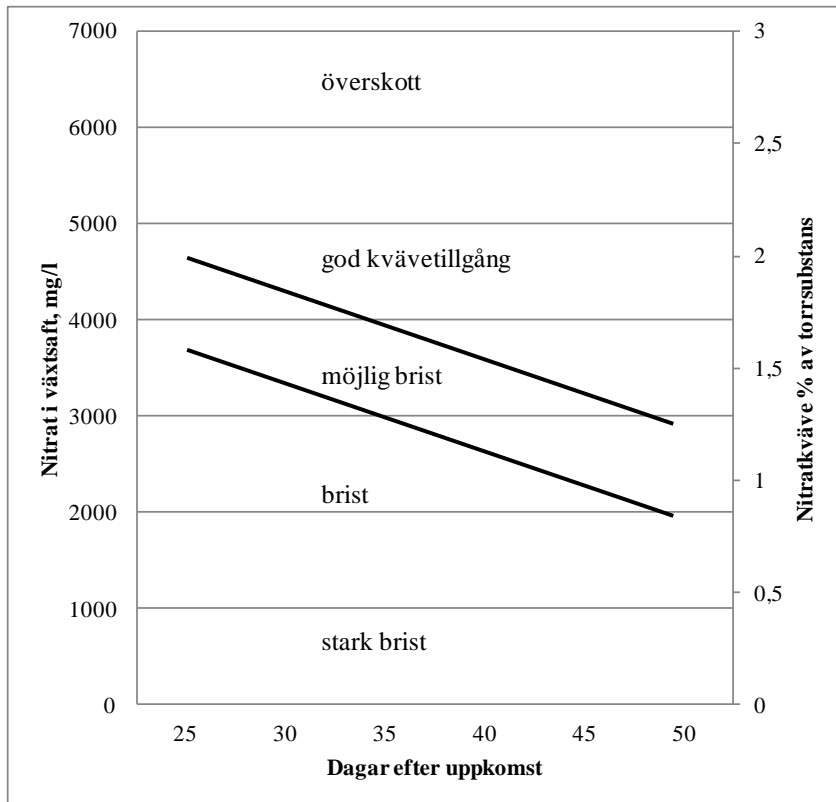
Riktvärden för bladskafteanalys

Slutsatsen från ett svenskt försök i stärkelsepotatis var att det nästan säkert behövs ytterligare kväve om nitratkvävekoncentrationen var lägre än 1,5 % av torrsubstansen vid mellan 25 och 30 dagar efter uppkomst. I 93 % av fallen i försöket var det lönsamt att kompletteringsgödsel med kväve. Vid värden mellan 1,5 och 2,5 % nitratkväve av torrsubstans (se *Figur 1 för omräkning till nitrathalt i växtsaft*), var det lönsamt att kompletteringsgödsel i hälften av fallen. Det behövdes sällan ytterligare kväve om analysvärdet var högre än 2,5 % nitratkväve av torrsubstansen (Carlsson *et al.*, 1996).

I en sammanställning av 19 holländska försök från nittonhundraåttiotalet var skördeoptimal nitrathalt i bladskafte omkring 2,5 % av torrsubstans, 25 till 30 dagar efter uppkomst och cirka 1,4 % 50 dagar efter uppkomst (Loon & Houwing, 1989).

I ett tvåårigt australiensiskt försök fann Willams och Maier (1990) att koncentrationen av nitratkväve för optimal skörd bör ligga mellan 2,7 och 3 % av torrsubstans i början av knölbildningen och mellan 1,0 och 1,6 % sent under knöltillväxten.

Linnér (1992) har sammanställt riktvärden för nitrathalt i bladskafte från olika försök. Detta har sammanställts i ett diagram anpassat för sydsvenska förhållanden, se *Figur 1*.



Figur 1. Sydsvenska riktvärden för bladskaftsanalys i potatis, både snabbtest (mg nitrat/l växtsaft) laboratorietest (% nitratkväve av torrsubstans). Efter Linnér, H (1992). Opublicerat material, SLU.

MATERIAL OCH METOD

Försöksupplägg

Försöket genomfördes år 2012 på Hellegården i Skepparslöv i Skåne. Försöket planerades och beställdes av Lyckeby Starch och sköttes av Hushållningssällskapet i Kristianstad.

Markkartering utförd år 2009 visade: pH 7,9, P-AI 33 mg/100 g (klass V), K-AI 10 mg/100 g (klass III) samt jordart: måttligt mullhaltig lerig sand.

Försöket var upplagt som ett tvåfaktoriellt split-plot-försök med tre block. Huvudfaktorn i försöket var de sex kvävegödslingsnivåerna: 50, 100, 150, 200, 250 och 300 kg kväve per hektar och split-plot-faktorn var tre stärkelsepotatissorter: Kuras, Novano och Stayer.

Inom varje block slumpades sex kvävenivåer ut och inom varje kvävenivåer slumpades de tre sorterna ut. Det blev därmed tre upprepningar av varje kvävenivå för varje sort, totalt 54 rutor. Varje ruta var tre meter bred, det vill säga fyra rader gånger tio meter, där de två mittersta raderna i varje ruta skördades till försöket. Varje skörderuta var därmed 15 m² stor.

Försöket sattes med 75 cm radavstånd och 30,3 cm sätstavstånd, vilket gav en ungefärlig utsädesmängd på 1 800 kg/ha. Marken höstplöjdes och harvades tre gånger på våren. Förfrukten var korn och förförfrukten var sockerbetor. Försöket sattes den 12 april. Alla försöksled gödslades med tre fjärdedelar av kvävegivan samt cirka 50 kg fosfor, 200 kg kalium, 30 kg magnesium och 70 kg svavel per hektar innan sättning. All gödsling gjordes med mineralgödsel. Följande gödselmedel användes: NPK 11-5-18, N34, P20 och Kalimagnesia. Resterande mängd kväve bredspriddes som N34 den 18 juni och kupades in två dagar senare.

Det tog sex veckor innan försöket var helt uppkommet. Uppkomstdatumen blev 21 maj för Stayer, 24 maj för Kuras och 25 maj för Novano.

Ogräsbekämpningar gjordes med 0,4 l/ha Sencor och 0,2 l/ha Spotlight den 18 maj samt 40 g/ha Titus plus vätningsmedel den 7 juni. Svampbekämpning gjordes tretton gånger mellan 15 juni och 7 september med preparaten Revus, Tattoo, Ranman och Amistar. Fyra gånger i juni kördes en liter per hektar Mangannitrat 235 i samband med svampbekämpning. Insektsbekämpningar gjordes tre stycken och preparaten som användes var Sumi-Alpha, Pirrimor och Mospilan. Försöket bevattnades sex gånger mellan 9 juni och 20 augusti med totalt 103 millimeter. Ingen kemisk blastdödning gjordes.

Hela försöket skördades den 10 oktober. Då var alla försöksled mer än 95 % nedvissnade.

Från april till oktober månad regnade det 345 mm. Maj var den torraste månaden, då det endast kom 12 mm nederbörd. Det var inga stora temperatursvängningar under perioden. Under odlingssäsongen var nederbörd och värme normalt för denna period på året.

Sortbeskrivningar

Kuras: Holländsk sort, Sen mognad. Är huvudsorten i den svenska stärkelsepotatisodlingen. En jämn sort med hög skördepotential och hög stärkelsehalt. God motståndskraft mot bladmögel och virusresistent.

Novano: Tysk sort. Medelsen mognad (tidigare än Kuras). Hög skördepotential (högre skörd än Kuras i svenska försök, dock inte 2012). Resistent mot Potatiskräftan ras 18 och god motståndskraft mot bladmögel.

Stayer: Holländsk sort. Sen mognad. Hög skörd (högre stärkelseskörd än Kuras i svenska försök) och hög stärkelsehalt (>24 % kampanjen 2012).

Provtagning och analyser

Nitratkoncentrationen i potatisplantornas bladskafsaft mättes i försöket fyra gånger under säsongen (egentligen fem gånger men första mätningen ströks). 20 bladskafsaft per ruta (ska egentligen vara 40 om hela fält analyseras), fjärde bladskafsaftet uppfifrån, samlades in och växtsaften pressades ur dessa med en ombyggd silikonspruta. Analysen gjordes med en Horiba Cardy Twin NO_3^- , snabbtestare, *se Figur 2*. Dessa mätningar gjordes på förmiddagstid den 21 juni, 3 juli, 17 juli och 8 augusti i hela försöket, det vill säga 28, 40, 54 och 76 dagar efter uppkomst i Kuras, 25, 37, 51 och 73 dagar efter uppkomst i Stayer och så vidare.



Figur 2. Horiba Cardy Twin NO_3^-

De två mittersta av de fyra raderna i varje ruta skördades till försöket. Skörden i varje ruta vägdes på en våg som var testad med en 20 kg referensvikt. Ett prov till stärkelsehaltmätning på 6,2 kg togs ut ur varje ruta innan skörden storleksfördelades. Knölarna storleksfördelades i fyra fraktioner; <42, 42-55, 55-65 och >65 mm, som alla vägdes samma dag som de skördats. 16 dagar efter skörd tvättades de osorterade proven,

se *Figur 3*. Sedan vägdes varje prov hängande i luft och i vatten för att få ut den specifika vikten och därmed också stärkelsehalten, se *Figur 4*.



Figur 3. Tvättning.



Figur 4. Vägning i luft och i vatten.

Specifika vikten eller densiteten är kvoten av massan i luft genom skillnaden mellan massan i luft och massan i vatten. Specifik vikt = massa i luft / (massa i luft – massa i vatten). Sambandet mellan stärkelsehalt och specifik vikt är linjärt enligt formeln: stärkelsehalt = 215,17 * specifik vikt – 218,23. Stärkelsehalt, det vill säga andelen stärkelse i knölnarna, multiplicerad med knölskörd per hektar ger stärkelseskörden per hektar.

Statistisk analys

Stärkelsehalt, stärkelseskörd, totalskörd och skördens storleksfördelning utvärderades statistiskt för varje sort med hjälp av Minitab 16. Variansanalys gjordes med General Linear Model och medelvärdena inom varje behandling grupperades enligt Tukey's modell med 95 % säkerhet.

Förhållandet mellan skörden, både totalskörd och stärkelseskörd samt förhållandet mellan betalningen för skörden minus kvävekostnaden och kvävegödslingsgivan testades för de olika sorterna. I modellen användes aktuella priser för levererad skörd från Lyckeby Starch och kvävekostnaden sattes till tio svenska kronor per kg kväve. När ekvationen för hur betalningen för skörden minus kvävekostnaden varierar med kvävegivan tagits fram användes denna för att finna den ekonomiskt optimala kvävegivan för respektive sort genom regression.

För att finna vilken som är den optimala nitrathalten i bladskaften vid olika tidpunkter har regressionsformler tagits fram med hjälp av Microsoft Excel. Detta har gjorts för varje nitralthaltsprovtagningstillfälle som då visar hur nitrathalten beror av kvävegivan vid den tidpunkten. I respektive ekvation har kvävegivan satts lika med den för sorten tidigare funna ekonomiskt optimala kvävegivan. Detta för att få nitrathalten kopplad till tiden efter uppkomst vid ekonomiskt optimum. De fyra värdena för respektive sort har plottats tillsammans med nitrathalten 450 mg/l växtsaft vid 105 och 125 dagar efter

uppkomst för att få ut sambandet som en ekvation. Denna ekvations kurva visar hur optimal nitrathalt i bladskafte förändras med tiden efter uppkomst.

Känslighetsanalys

Lönsamheten är som bäst när man gödslar med den ekonomiskt optimala kvävemängden. Därför behöver man veta hur den ekonomiskt optimala kvävegivan och således den optimala koncentrationen i bladskafte påverkas av olika faktorer såsom kvävepriset. En känslighetsanalys har därför gjorts för att finna hur lönsamheten och koncentrationen påverkas av bland annat kvävepriset. Detta har gjorts med hjälp av Microsoft Excel.

Litteraturstudie

Materialet till litteraturstudien har hittats med hjälp av SLU:s databaser så som Web of Knowledge, Google Scholar och böcker. Joakim Ekelöf har hjälpt till med att ta fram delar av materialet. Programmet EndNote har använts för att hantera referenserna.

RESULTAT

Skördens påverkan av kvävegivan

Knölskörd och stärkelseskörd

I Kuras och Stayer gav 50 kg N/ha lägre skörd än de högre givorna, men inte signifikant skild från 100 kg N/ha. Skörden vid 100 kg N/ha var inte signifikant skild från skörden vid högre givor. Vid 150 kg N/ha gavs signifikant högre skörd än vid 50 kg N/ha. Allt detta gäller för både knölskörd och stärkelseskörd för båda sorterna utom stärkelseskörden i Stayer där även 50 kg N/ha och 100 kg N/ha var signifikant skilda, *se Tabell 1*.

I Novano var skörden lägre än i de andra sorterna och den steg med ökad kvävegödsling genom alla led i intervallet. Stärkelseskörden vid 50 kg N/ha var skild från 150 kg N/ha, vid 100 kg N/ha var skild från 200 kg N/ha och vid 150 kg N/ha var skild från 300 kg N/ha, *se Tabell 1*.

Stärkelsehalt

Det var ingen signifikant skillnad i stärkelsehalt mellan någon av kvävegivorna i någon av sorterna, *se Tabell 1*. I Stayer kan man se en tendens till minskad stärkelsehalt vid högre kvävegiva, men dock ingen signifikant skillnad.

Storleksfördelning skörd

Vid högre kvävegivor blev det fler stora och färre små knölar. I Kuras var skörden för fraktionen >65 mm störst vid alla gödslingsnivåer och i Stayer var 55-65 mm störst vid alla gödslingsnivåer. Fraktionen <42 mm var genomgående liten. Ingen av storleksfraktionerna i någon av sorterna var signifikant skilda mellan 100 och 250 kg N/ha, *se Tabell 1*.

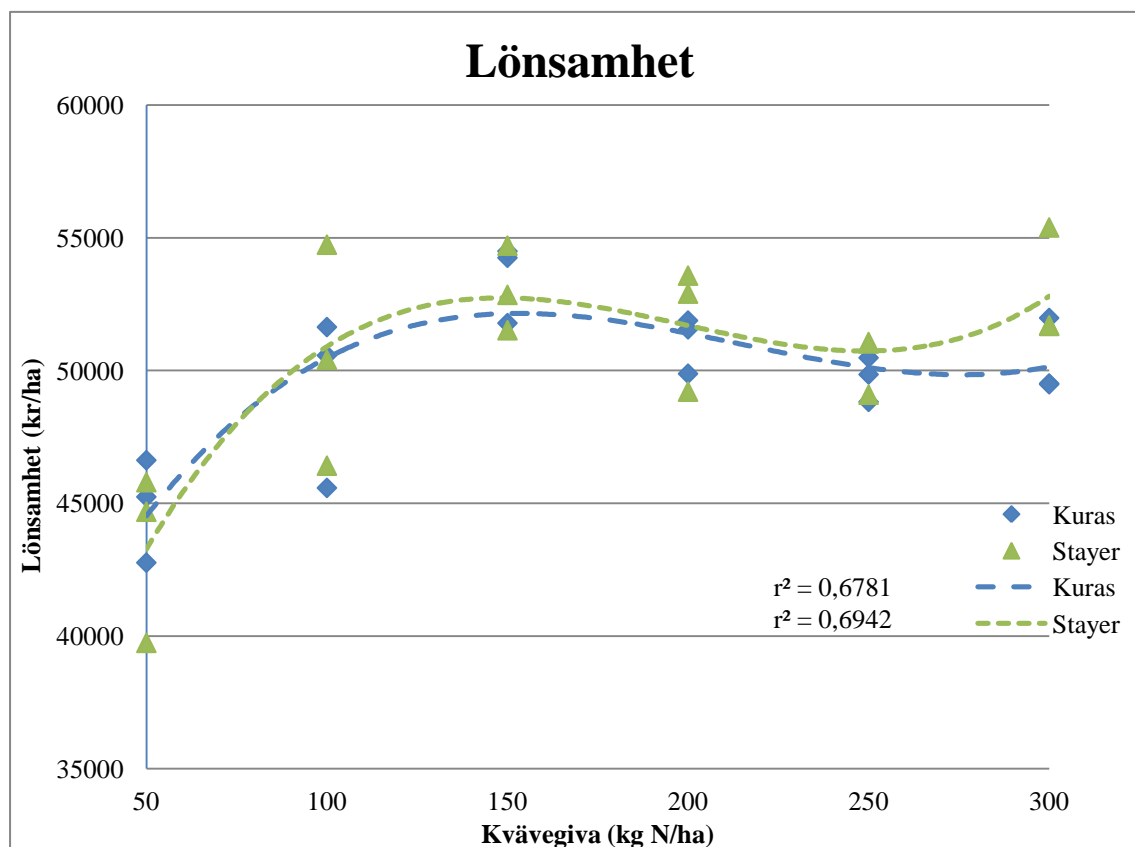
Tabell 1. Sambandet mellan kvävegivan och skörden, både som storleksfördelning, totalskörd, stärkelsehalt och stärkelseskörd. Medelvärden av tre upprepningar¹.

Sort	N-giva	Knölstorlek skörd, kg/skördeprov				Skörd ton/ha	Stärkelsehalt %	Stärkelseskörd ton/ha
		<42 mm	42-55 mm	55-65 mm	>65 mm			
Kuras								
	50	2,2 A	12,9 A	27,8 A	39,3 A	58,9 B	23,5 A	13,9 B
	100	1,8 A B	12,0 A	26,3 A	49,4 A	63,8 A B	24,1 A	15,4 A B
	150	1,7 A B	10,4 A	26,8 A	59,0 A	69,4 A	24,3 A	16,8 A
	200	1,8 A B	10,5 A	28,0 A	57,4 A	69,3 A	23,5 A	16,3 A
	250	1,3 B	9,7 A	24,1 A	59,9 A	67,4 A	23,7 A	16,0 A
	300	1,4 B	8,8 A	25,6 A	60,6 A	68,4 A	23,8 A	16,3 A
Novano								
	50	3,6 A	16,0 A	20,4 A	12,5 C	39,1 C	24,5 A	9,6 D
	100	3,0 A	13,9 A	21,4 A	17,7 B C	41,5 B C	24,9 A	10,3 C D
	150	2,8 A	13,4 A	23,6 A	23,5 A B C	46,3 A B	24,8 A	11,5 B C
	200	2,6 A	14,5 A	23,6 A	25,3 A B	48,1 A B	25,5 A	12,2 A B
	250	2,7 A	14,4 A	25,8 A	25,3 A B	49,6 A	24,8 A	12,3 A B
	300	2,6 A	14,3 A	23,5 A	30,4 A	51,3 A	25,8 A	13,2 A
Stayer								
	50	4,3 A	26,1 A	28,7 B	12,9 B	52,2 B	26,5 A	13,8 B
	100	2,9 B	20,7 A B	37,3 A	23,8 A B	60,6 A B	26,7 A	16,2 A
	150	2,5 B C	20,5 A B	40,6 A	27,0 A B	64,5 A	25,9 A	16,7 A
	200	1,9 B C	17,3 B	39,3 A	35,1 A	66,5 A	24,8 A	16,5 A
	250	1,8 B C	18,8 B	38,3 A	32,4 A	65,0 A	24,9 A	16,2 A
	300	1,7 C	16,9 B	39,7 A	38,5 A	68,6 A	25,0 A	17,1 A

¹Led inom varje sort och kolumn med olika bokstäver är signifikant skilda åt. Tukey 95%.

Ekonomiskt optimal kvävegiva

De bästa kurvorna för att beskriva lönsamhetens (det vill säga skördeintäkten minus kvävekostnaden) förhållande till kvävegödslingsnivån inom intervallet 50 – 300 kg N/ha var i detta försök tredjegradslikvationer. Tester visade att tredjegradskurvan var signifikant ($P < 0,05$) bättre jämfört med andrageradslikvationen. Tredjegradslikvationen för Kuras var: $y = 0,0025x^3 - 1,6058x^2 + 316,30x + 32412$, $r^2 = 0,6781$ och för Stayer: $y = 0,0039x^3 - 2,3400x^2 + 434,92x + 26891$, $r^2 = 0,6942$, där y = lönsamhet och x = kvävegiva, se Figur 5. Ekonomiskt optimum vid första punkten på kurvan där lutningen är lika med noll, blev för Kuras: $x = 153,1$ kg N/ha samt för Stayer: $x = 148,3$ kg N/ha.

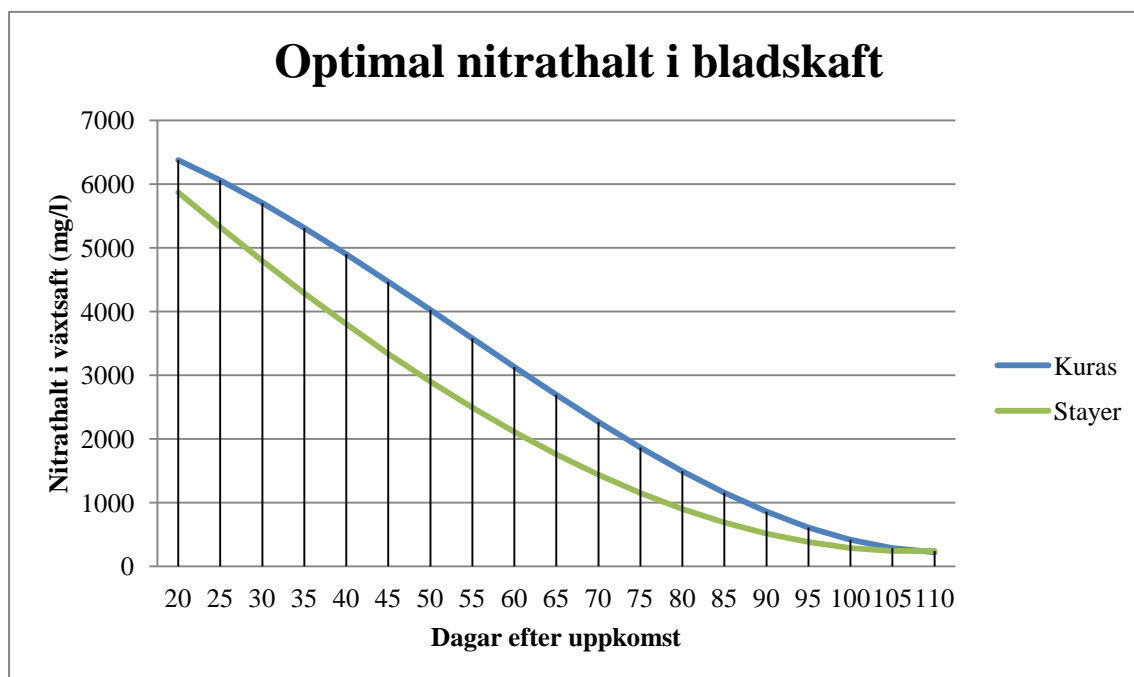


Figur 5. Diagram över hur lönsamheten beror av kvävegivan. Lönsamheten är betalningen för skörden minus kvävekostnaden.

Eftersom skörden i Novano ökade mer än vad kvävekostnaden gjorde vid högre kvävegiva i hela intervallet så fick dess kurva ($y = 0,0004x^3 - 0,2875x^2 + 96,481x + 26348$, $r^2 = 0,8191$, ej redovisad i diagram) ingen topp och därmed ingen ekonomiskt optimal kvävegiva inom intervallet 50 – 300 kg N/ha.

Optimal nitrathalt i bladskaft

De bästa kurvorna för att beskriva hur nitrathalten i bladskaftens växtsaft vid ekonomiskt optimerad kvävegiva förhåller sig till tiden i dagar efter uppkomst var tredjegrads ekvationerna: Kuras: $y = 0,0089x^3 - 1,4396x^2 - 12,377x + 7128,7$, $r^2 = 0,9814$ samt Stayer: $y = 0,0023x^3 + 0,1931x^2 - 121,47x + 8205,4$, $r^2 = 0,9791$, där y = nitrathalt i bladskaften och x = antal dagar efter uppkomst, se Figur 6. Den optimala bladskafts-nitrathalten ligger cirka 1 000 mg/l växtsaft högre i Kuras än i Stayer under växtperioden.



Figur 6. Diagram över hur nitrathalten i bladskافتens växtsaft vid ekonomiskt optimal kvävegiva förändras under växtsäsongen.

Slutsatser

- Den ekonomiskt optimala kvävegivan var 153 kg N/ha i Kuras och 148 kg N/ha i Stayer.
- Den optimala nitrathalten vid bladskافتanalys, vid olika tid efter uppkomst följde: Kuras: $y = 0,0089x^3 - 1,4396x^2 - 12,377x + 7128,7$, $r^2 = 0,9814$ samt Stayer: $y = 0,0023x^3 + 0,1931x^2 - 121,47x + 8205,4$, $r^2 = 0,9791$, se Figur 6.
- Stärkelsehalten påverkades inte signifikant av kvävegivan.
- Det var signifikanta skillnader mellan sorterna (data ej visat).

DISKUSSION

Ett kvävegödslingsförsök bygger på att grödan i övrigt är tillgodosedd med näring och vatten samt skött enligt praxis för att man ska vara säker på att det är kväveresponen man ser i försöket. I sorten Novano steg skörden med ökad kvävegödslingsmängd hela vägen. Detta ledde till att det inte gick att finna ett optimum inom intervallet 50 – 300 kg N/ha. Dessutom var skörden i Novano i försöket betydligt lägre än i övriga sorter. Novano har inte i tidigare försök visat lägre skörd än de andra två sorterna. Därför kan man anta att det är något annat som har spelat in och påverkat sorten i just detta försök. Det skulle kunna vara torrfläcksjuka, *Alternaria solani*, som drabbat sorten hårt. Potatis blir mer mottaglig för torrfläcksjuka när den har brist på näring, därför kan de högre kvävegivorna ha skyddat potatisen bättre mot torrfläcksjukan och därmed orsakat den stigande skördekurvan. Vi har därför inte kunna finna och redovisa optimal kvävegiva och optimala bladskafsnitrathalter för sorten. Vi har ändå valt att redovisa sortens skördesiffror från försöket i tabell 1, men det är alltid viktigt att vara kritisk när siffror tolkas från ett ettårigt försök.

I övrigt tycker vi att försöket har genomförts bra och att resultaten därmed är tillförlitliga. Nitralthalterna i bladskafsten har skiljt sig lite från en del andra försök, men olika testutrustningar kan ge olika värden. Snabbmetoden för bladskafsanalys verkar bra, men vi tar inte ställning till vilken mätare som är bäst lämpad. Det är dock viktigt att alla tester har gjorts med samma mätare och att även fortsätta använda samma mätare vid vidare försök och i praktisk odling.

Errebhi et al. (1998), Hofman och Salomez (2000), Goffart et al. (2011) med flera skriver alla att det är fördelaktigt att dela kvävegivan till potatis. I den svenska stärkelsepotatisodlingen är det vanligt att dela kvävegivan och dessutom används mycket stallgödsel. Därför är försöksupplägget med 75 % av kvävegivan innan sättning och resten innan slutkupning bra både för att optimera kväveutnyttjandet och för att efterlikna verkliga förhållanden.

Enligt Gianquinto och Bona (2000) ska nitrathalten i bladskafsten avta som snabbast mellan 15 och 75 dagar efter uppkomst och ingenting i slutet. De fyra mättillfällena i försöket ligger mellan 25 och 76 dagar efter uppkomst och för att få en graf som planar ut satte vi nitrathalten till 450 mg/l växtsaft vid 105 och 125 dagar efter uppkomst. Lyckeby's mätningar i praktisk odling från cirka 40 fält under år 2012 har visat att nitrathalten efter drygt 100 dagar alltid ligger runt 450 mg/l växtsaft.

Att lönsamhetens respons på kvävegivan bäst beskrivs av en tredjegrads ekvation kan kännas lite fel. Den borde, som en andragerads ekvation, stiga till en viss nivå för att sedan avta när kvävegödseln kostar mer än den tillför, som Fontes et al. (2010) beskriver. En annan sak som talar emot tredjegradaren är att högre skörd i 300 kg N/ha-ledet leder till lägre optimum. Men tredjegradaren är signifikant bättre än andrageradaren och andrageradaren ger ekonomiskt optimum på över 200 kg N/ha för alla sorter. Dessutom så har enligt Tukey's test leden med 150 kg N/ha gett lika mycket skörd som leden med 200 kg N/ha och därmed bättre lönsamhet (i Kuras och Stayer). Man får anta att tredjegradskurvan inte vänder upp igen utan beskriver förhållandet inom det aktuella intervallet fram till andraderivatet är lika med noll.

De tre sorterna i det här försöket växte och tog upp kväve olika snabbt. Det visar att det även här finns tydliga sortskillnader när det gäller kväveupptagningshastighet och kväveeffektivitet, liksom Abenavoli et al. (2005) har visat. Därför behövs sorts specifika kvävegödslingsrekommendationer.

I det här försöket var förhållandet mellan ekonomiskt optimal kvävegiva och skördeoptimal kvävegiva 100 % för Kuras och 92 % för Stayer, medan Fontes et al. (2010) fann att förhållandet skulle ligga mellan 86 och 95 %, beroende av priset på skörden och kvävegödseln. I vår undersökning så jämfördes dock stärkelseskörd och inte rotskörd med kvävegiva. Dessutom har vi tagit hänsyn till att stärkelsehalten påverkar prisnivån enligt gällande prissättning för Lyckeby, vilken inte har ett linjärt samband.

Känslighetsanalysen visade att vid ett kvävepris på 8 kr/kg blir den optimala givan för Kuras 155 kg/ha. Höjer man priset med 25 % till 10 kr/kg så sjunker optimum endast till 153 kg/ha. Höjer man kvävepriset ytterligare 2 kr/kg så sjunker optimum fortsatt endast 2 kg/ha. Dubblar man priset från 10 till 20 kr/kg så sänks den optimala kvävegivan från 153 till 143 kg/ha, det vill säga 10 kg/ha. Även för Stayer är förhållandena liknande de för Kuras. Där sjunker optimumgivan endast 8 kg N/ha, från 148 till 140 kg N/ha vid fördubblat kvävepris från 10 till 20 kr/kg.

Vid ekonomiskt optimal kvävegiva blir skörden, med siffror från detta försök, hela 68 600 kg/ha i Kuras och 64 600 kg/ha i Stayer. Därför kan det också vara intressant att se hur betalningen för skörd minus kostnaden för kvävegödsel påverkas av skördenivån. Sätter man skörden till 90 % så blir täckningsbidraget också 90 % så stort, och vid halv skörd blir täckningsbidraget 49 % av det vid full skörd, det vill säga: de följs åt.

Slutsatsen blir att den ekonomiskt optimala kvävegivan påverkas väldigt lite av priset på kvävegödseln oavsett om det är stora eller små prisskillnader. Detta innebär att det inte är viktigt att ta hänsyn till skillnader i kvävepris eller gödslingskostnad när man beräknar optimal kvävegiva och lönsamhet. Detta innebär också att den optimala nitratkoncentrationen i bladskriften (*se Figur 6*) inte påverkas nämnvärt av kvävepriset. Får man till exempel 50 000 kr/ha för skörden och kvävet kostar 1 500 kr/ha så är kvävekostnaden endast 3 % av skördeintäkten. Lönsamheten i stärkelsepotatisodling beror således väldigt lite på kvävepriset. Vidare kan man dra slutsatsen att det är lönsamt att optimera kvävegödslingen, jordens avkastningsförmåga och kvävepriset spelar nästan ingen roll i sammanhanget. Dock påverkas ju lönsamheten av andra kostnader också, som exempelvis utsädeskostnaden som är stor oavsett vilken avkastningsnivån är. Lönsamheten i odlingen påverkas således av skördenivån men knappt något av priset på kvävegödsel.

För att finna hur lönsamheten påverkas av för stor eller för liten kvävegödslingsmängd får man jämföra med den maximala lönsamheten som blir vid ekonomiskt optimal kvävegiva. För Kuras i försöket, vid kvävepriset 10 kr/kg och skörd på 16 400 kg stärkelse/ha, ligger ekonomiskt optimum på 153 kg N/ha. Vid 10 kg N/ha under optimum blir förlusten 50 kr/ha och vid 10 kg N/ha över optimum blir förlusten 42 kr/ha. Kurvan för Stayer har en ännu spetsigare topp och skörd på 16 700 kg stärkelse/ha vid ekonomiskt kvävegödslingsoptimum. Där är förlusten 67 kr/ha respektive 52 kr/ha vid 10 kg/ha för lite respektive för mycket kväve. Vid en kvävegödslingsgiva på 100

kg/ha blir förlusterna 1 670 och 1 830 kr/ha och vid givan 200 kg N/ha blir förlusterna 750 och 1 040 kr/ha för Kuras respektive Stayer.

Slutsatserna blir, förutom att man bör ligga så nära den ekonomiskt optimala kvävegödslingsmängden som möjligt, att ligga plus eller minus 10 kg N/ha inte har så stor betydelse men att ligga 50 kg N/ha fel kostar en del, samt att kurvorna är brantare vid något för låg giva än något för hög. Därmed kostar det något mer att gödsla något för lite än något för mycket.

Priset för skörden påverkas av stärkelsehalten där högre stärkelsehalt ger ett högre pris per kg potatis. Det går inte att visa stärkelsehalten skulle påverkas av kvävegivan i detta försök, *se tabell 1*. Det finns ingen signifikant skillnad mellan stärkelsehalten i de olika gödslingsleden och därmed bör kvävegivan åtminstone inte ha påverkat stärkelsehalten så pass mycket att det spelar någon roll. Man bör dock beakta att detta är ett års försök där endast handelsgödsel har används. Bilden kan se annorlunda ut ett annat år och om stallgödsel används. Stallgödsel är ju mycket vanligt i den svenska stärkelsepotatisodlingen. Tidigare försök (Ojala *et al.*, 1990) har visat att stärkelsehalten sjunker om för mycket kväve finns tillgängligt för sent på säsongen, vilket fallet kan bli vid stallgödselanvändning. Att det kan finnas mer kväve kvar oupptaget bör man ha i åtanke vid växtsaftanalyser. Williams och Maier (1990) har ju också visat att stärkelsehalten sjunker snabbt vid för stort kväveupptag. Det finns ju ingen anledning att gödsla med mer kväve än nödvändigt, det gäller bara att veta vad som är rätt.

Vi tycker att man borde fortsätta med samma försöksupplägg i några år i följd för att få en större mängd data och se variationer mellan åren. Man bör då behålla någon/några av sorterna som referens men även passa på att testa nya intressanta sorter i samma försök.

Man bör fortsätta använda bladskafsanalyser i praktisk odling med noggrann uppföljning för att försöka tillämpa det man lär av försöken och skaffa sig nya lärdomar. Detta skulle enkelt kunna bli en frivillig del i de digitala odlingsjournalerna, för att få in stora mängder data, nu när flera av Lyckeby's odlare har skaffat Cardy Twin-mätare.

Det vore bra att undersöka gränsvärdet vid bladskafsanalys, under vilket kompletteringsgödsling lönar sig. I detta examensarbete har vi bara tittat på det optimala värdet men inte hur stor avvikelse från det som krävs för att motivera en åtgärd.

Slutsatser:

- Ekonomiskt optimal kvävegiva i stärkelsepotatis ligger runt 150 kg N/ha, där 75 % (cirka 112 kg) ges vid sättnings. Detta är ett bra utgångsvärde att använda vid gödslingsrekommendationer.
- Det lönar sig att optimera kvävegödslingen.
- Det finns tydliga sortskillnader och därför behöver man ta hänsyn till sorten vid gödslingsrekommendationer.
- Kvävepriset spelar mycket liten roll för odlingens totalekonomi.

- Man behöver inte ta hänsyn till skörde kvaliteten (både stärkelsehalt och storleksfördelning) när man optimerar kvävegödslingen i stärkelsepotatisodling.
- Snabbanalys av bladskaftens nitrathalt är ett bra och enkelt sätt att mäta kväveupptag och optimera kvävegödslingen.

REFERENSER

Skriftliga

- Abenavoli, M., Sidari, M., Sorgona, A. & Cacco, G. (2005). Net nitrate uptake by the roots of different potato haploids. *Journal of plant nutrition* 28(5), 851-863.
- Alva, A. (2004). Potato nitrogen management. *Journal of vegetable crop production* 10(1), 97-132.
- Bundy, L., Wolkowski, R. & Weis, G. (1986). Nitrogen source evaluation for potato production on irrigated sandy soils. *American Journal of Potato Research* 63(8), 385-397.
- Carlsson, H., Larsson, K. & Linnér, H. (1996). *Växtnäringsstyrning i potatis*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 96:3
- Dalla Costa, L., Delle Vedove, G., Gianquinto, G., Giovanardi, R. & Peressotti, A. (1997). Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress. *Potato research* 40(1), 19-34.
- Ekelöf, J. & Råberg, T. (2011). Växtnäringsens inflytande på skörd och kvalitet i potatis. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Område jordbruk - odlingssystem, teknik och produktkvalitet.
- Errebhi, M., Rosen, C.J., Gupta, S.C. & Birong, D.E. (1998). Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy Journal* 90(1), 10-15.
- Fontes, P.C.R., Braun, H., Busato, C. & Cecon, P.R. (2010). Economic optimum nitrogen fertilization rates and nitrogen fertilization rate effects on tuber characteristics of potato cultivars. *Potato research* 53(3), 167-179.
- Gianquinto, G. & Bona, S. (2000). The significance of trends in concentrations of total nitrogen and nitrogenous compounds. I: AJ Haverkort and DKL MacKerron (red) *Management of nitrogen and water in potato production*, Wageningen Wageningen Pers, ss 35-55.
- Goffart, J., Olivier, M. & Frankinet, M. (2008). Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past–present–future. *Potato research* 51(3-4), 355-383.
- Goffart, J., Olivier, M., MacKerron, D., Postma, R. & Johnson, P. (2000). Spatial and temporal aspects of sampling of potato crops for nitrogen analysis. I: AJ Haverkort and DKL MacKerron (red) *Management of nitrogen and water in potato production*, Wageningen Wageningen Pers, ss 83-102.
- Goffart, J.P., Olivier, M. & Frankinet, M. (2011). Crop nitrogen status assessment tools in a decision support system for nitrogen fertilization management of potato crops. *HortTechnology* 21(3), 282-286.
- Haase, N., Goffart, J., Mackerron, D. & Young, M. (2000). Determination of crop nitrogen status using invasive methods. I: AJ Haverkort and DKL MacKerron (red) *Management of nitrogen and water in potato production*, Wageningen Wageningen Pers, ss 55-71.
- Hahlin, M. & Svensson, E. (1992). *Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet - Avdelningen för Växtnäringslära, Institutionen för Markvetenskap, Rapport (191).

- Hofman, G. & Salomez, J. (2000). Nitrogen decision support systems in potato production. I: AJ Haverkort and DKL MacKerron (red) *Management of nitrogen and water in potato production.*, Wageningen Wageningen Pers, ss 219-232.
- James, D., Hurst, R., Westermann, D. & Tindall, T. (1994). Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: Evaluating nutrient element interactions in petioles with response surfaces. *American Journal of Potato Research* 71(4), 249-265.
- Linnér, H. (1992). *Nitratanalys som hjälpmedel för styrning av kvävegödsling till potatis*. Karlslunde: Ingår i Växtanalys i gödslingsrådgivningens tjänst: Nordiske jordbruksforskernes forening - utredning/rapport nr 81. NJF - seminarium nr 215. ss 121-125.
- Loon, C.v. & Houwing, J. (1989). Optimizing nitrogen fertilization of ware potatoes. *PAGV-Publikatie* 42. 90 s.
- MacKerron, D., Young, M. & Davies, H. (1995). A critical assessment of the value of petiole sap analysis in optimizing the nitrogen nutrition of the potato crop. *Plant and soil* 172(2), 247-260.
- MacKerron, D.K.L. & Haverkort, A.J. (2000). *Management of nitrogen and water in potato production*. Första upplagan. Wageningen: Wageningen Pers.
- Moore, A.D., Olsen, N.L., Carey, A.M. & Leytem, A.B. (2011). Residual effects of fresh and composted dairy manure applications on potato production. *American Journal of Potato Research* 88(4), 324-332.
- Nilsson, I., Rölin, Å. & Van Schie, A. (2012). *Odling Potatis - en handbok*. Första upplagan. Skara: Hushållningssällskapet Skaraborg
- Nitsch, A. & Varis, E. (1991). Nitrate estimates using the Nitrachek test for precise N-fertilization during plant growth and, after harvest, for quality testing potato tubers. *Potato research* 34(1), 95-105.
- Ojala, J., Stark, J. & Kleinkopf, G. (1990). Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. *American Potato Journal* 67(1), 29-43.
- Parks, S.E., Irving, D.E. & Milham, P.J. (2011). A critical evaluation of on-farm rapid tests for measuring nitrate in leafy vegetables. *Scientia Horticulturae*.
- Sgueglia, G., Lo Cascio, B., Casa, R. & Pieruccetti, (2004). F. Potato Tuber Quality Improvement through Nitrogen Management Optimisation: Review of Methodologies. In: *Proceedings of Meeting of the Physiology Section of the European Association for Potato Research 6842004*. pp. 65-72.
- Stark, J., McCann, I., Westermann, D., Izadi, B. & Tindall, T. (1993). Potato response to split nitrogen timing with varying amounts of excessive irrigation. *American Journal of Potato Research* 70(11), 765-777.
- Svensson, E., Linnér, H. & Carlsson, H. (1995). *Utvärdering av växtanalys i fabrikspotatis*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 95:3
- Tyler, K., Broadbent, F. & Bishop, J. (1983). Efficiency of nitrogen uptake by potatoes. *American Journal of Potato Research* 60(4), 261-269.
- Westermann, D.T., Kleinkopf, G.E. & Porter, L.K. (1988). Nitrogen fertilizer efficiencies on potatoes. *American Potato Journal* 65(7), 377-386.
- Williams, C. & Maier, N. (1990). Determination of the nitrogen status of irrigated potato crops: I. Critical nutrient ranges for nitrate-nitrogen in petioles. *Journal of plant nutrition* 13(8), 971-984.
- Vos, J. (2009). Nitrogen responses and nitrogen management in potato. *Potato research* 52(4), 305-317.

- Vos, J. & MacKerron, D. (2000). Basic concepts of the management of supply of nitrogen and water in potato production. I: AJ Haverkort and DKL MacKerron (red) *Management of nitrogen and water in potato production.*, Wageningen Wageningen Pers, ss 15-33
- Zhang, H., Smeal, D., Arnold, R. & Gregory, E. (1996). Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. *Journal of plant nutrition* 19(10-11), 1405-1412.

Bildkällor

Omslagsfotografi. Joakim Ekelöf, Bild på aktuellt försök.

Figur 2. Fotograferat av Henrik Knutsson, Lyckeby Starch 2013-05-02

Figur 3 och 4. Fotograferat av Martin Gillheimer 2012-10-26 på Helgegården.

