



Bedömning av kvävegödslingsbehov och dess inomfältvariation hos stärkelsepotatis

- en utvärdering av mätmetoder och om precisionsgödsling kan vara ett alternativ

Assessment of nitrogen fertilization needs and its within-field variation in starch potatoes – an evaluation of measurement methods and whether precision fertilization can be an alternative

Nelly Carlsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för mark och miljö
Agronomprogrammet – Mark/växt
Examensarbeten / Institutionen för mark och miljö, SLU
Nummer i serien: 2024:05
Uppsala 2024



Bedömning av kvävegödslingsbehov och dess inomfältvariation hos stärkelsepotatis – en utvärdering av mätmetoder och om precisionsgödsling kan vara ett alternativ

Assessment of nitrogen fertilization needs and its within-field variation in starch potatoes – an evaluation of measurement methods and whether precision fertilization can be an alternative

Nelly Carlsson

Handledare: Sofia Delin, SLU, institutionen för mark och miljö
Bitr. handledare: Stefan Hansson, Lyckeby AB.
Examinator: Anke Herrmann, SLU, institutionen för mark och miljö

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad, A2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi, A2E
Kurskod: EX0898
Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för mark och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2024
Omslagsbild: Nelly Carlsson
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd
Serietitel: Examensarbeten / Institutionen för mark och miljö, SLU
Delnummer i serien: 2024:05

Nyckelord: stärkelsepotatis, N-statusbedömning, N-gödsling, delad N-giva, inomfältvariation, variabel N-giva

Sveriges lantbruksuniversitet
Institution för mark och miljö

Sammanfattning

Kväve är ett näringsämne viktigt för potatisens tillväxt. För stärkelsepotatis, med hög stärkelsehalt och knölskörd som mål, används sorter med lång växtperiod. En lång växtperiod ställer krav på tillgång av tillgängligt kväve (N) senare under växtsäsong vilket gör det vanligt med gödsling som delad giva. Delad giva kan ge ökad skörd, förbättrad N-effektivitet, förbättrat förhållande mellan knöl och blast samt bidrar till förlängd livslängd av blast och därmed förlängd knöltillväxtperiod. Det ger även möjlighet att göra en bättre bedömning av det platspecifika gödslingsbehovet det aktuella året. Bladskafsanalys är en vanlig metod för att bedöma behov av kompletteringsgödsling. Metoden kan detektera N-status i potatis men är rätt arbets- och tidskrävande. Vid gödsling kan även behov av variabel N-giva finnas för att optimera N-gödsling i fält med inomfältsvariation. Det kan medföra fördelar som förbättrat resursutnyttjande, ökad kväveanvändningseffektivitet, minskade kostnader för N-gödselmedel samt minskad risk för N-läckage. Det sistnämnda kan anses särskilt viktigt för potatis med grunt utvecklade rotsystem, ofta odlade på lätta jordar med större genomströmning. Syftet med detta mastersarbete var i) att undersöka hur bra andra N-status mätmetoder, utöver bladskafsanalysen, var på att bedöma gödslingsbehov och ii) se hur stor variation i N-gödslingsbehov det fanns i enskilda stärkelsepotatisfält. På så vis kan eventuellt mindre tidskrävande mätmetoder ersätta bladskafsanalysen av N-statusbedömning i potatis och precisionsgödsling vara ett alternativ vid gödslingsåtgärd i stärkelsepotatis. Ett fältförsök med stigande N-givor och en fältstudie för att studera inomfältsvariationer utfördes därför under sommaren 2023. Även data från ett liknande fältförsök från 2022 inbegreps i analyserna. En blockdesign med tre upprepningar av fem olika kvävebehandlingar utformades för fältförsöket. Mätningar gjordes sen med Yara N-sensor, Yara N-tester, bladskafsanalys samt två grödindex från Vultus erhållna från satellitbilder. I fältstudien granskades fem fält hos fem potatisodlare med satellitbilder tillsammans med skörd och kalibreringsmätningar på fem mätpunkter. Mätningar utfördes med samma mätmetoder som för fältförsöket. Resultatet från fältförsöken visade på att Yara N-sensorn, Yara N-tester och bladskafsanalys var de metoder som hade bäst korrelation med gödslingsbehovet och därmed bäst potential för att ge en bra gödslingsrekommendation. Bladskafsanalysen var metoden som gav tidigast signifikanta ledsskillnaderna och var därför mer synkad med normal tidpunkt för kompletteringsgödsling, senare gödsling förekommer dock för senare sorter. Skillnader mellan år förekom, med generellt bättre och konsekventare samband för 2022 än 2023. Väder- och platsskillnader mellan åren tros ha påverkat. Resultaten antyder dock att bladskafsanalysen var metoden som klarade dessa skillnader mellan åren bäst och kan därför anses vara något mer stabil. Vultus båda grödindexvärden gav däremot ingen bra korrelation med gödslingsbehov i försöken, där satellitens låga upplösning i förhållande till försöksrutornas storlek nog spelat in. I fältstudien hade däremot satellitdata vid några tidpunkter ett samband dels med uppmätt skörd samt även med en del av mätningar gjorda på mätpunkterna, vilket möjliggjorde en grov uppskattning av fältens variation i skörd och N-gödslingsbehov, vilket visade sig vara stor på två av fälten med standardavvikelse på runt 15 ton skörd per hektar och 40 kg N per hektar. Resultatet visar alltså på att potential finns att ersätta bladskafsanalys med en mer digital, mindre tidskrävande metod som N-sensorn för N-statusbedömning. Det behöver dock arbetas fram en modell för översättning av SN-värde (N-sensorns mätvärde) till gödslingsrekommendationer för potatis, där resultaten från den här undersökningen ger ett visst underlag. Potential finns också för precisionsgödsling av N i stärkelsepotatis, men även här behövs mer framtida forskning för att sensorteknik och gödslingsrekommendationer ska anpassas till potatis.

Nyckelord: stärkelsepotatis, N-statusbedömning, N-gödsling, delad N-giva, inomfältvariation, variabel N-giva

Abstract

Nitrogen is a nutrient important for potato growth. For starch potatoes, with a high starch content and tuber harvest as the goal, varieties with a long growing period are used. A long growing season puts higher demands on the availability of available nitrogen (N) later in the growing season, which makes it common to fertilize as a split application. Split fertilization can provide increased yield, improved N efficiency, improved ratio between tuber and blast and contributes to extending the life of blast and thus extended tuber growth period. It also provides the opportunity to make a better assessment of the site-specific fertilization needs in the current year. Petiole analysis is a common method for assessing the need for supplemental fertilization. The method can detect N status in potatoes but is quite labor- and time-consuming. When fertilizing, there might also be a need for variable N-supply to optimize N-fertilization in fields with within-field variation. It can bring benefits such as improved resource utilization, increased nitrogen use efficiency, reduced costs for N fertilizers and reduced risk of N leakage. The latter can be considered particularly important for potatoes with a shallow undeveloped root system, often grown on light soils with greater flow. The purpose of this master's thesis was i) to investigate how good other N-status measurement methods, in addition to the petiole analysis, were at assessing fertilization needs and ii) to see how much variation in N-fertilization needs there was in individual starch potato fields. In this way, possibly less time-consuming measuring methods can replace the petiole analysis of N status assessment in potatoes and precision fertilization can be an alternative in fertilization management in starch potatoes. A field trial with increasing N rates and a field study to study within-field variations were therefore carried out during the summer of 2023. Data from a similar field trial from 2022 were also included in the analyses. A block design with three replications of five different nitrogen treatments was designed for the field trial. Measurements were then made with the Yara N sensor, Yara N tester, petiole analysis and two crop indices from Vultus obtained from satellite images. In the field study, five fields of five potato growers were examined with satellite images together with yield and calibration measurements at five measuring points. Measurements were carried out using the same measurement methods as for the field trial. The results from the field trials showed that the Yara N sensor, Yara N tester and petiole analysis were the methods that had the best correlation with the fertilization needs and thus the best potential to give a good fertilization recommendation. The petiole analysis was seen to demonstrate significant differences in fertilization levels earlier than the N-sensor and the N-tester and was therefore more in sync with the normal timing of supplemental fertilization, however later fertilization occurs for later varieties. Annual differences could be noted, with 2022 generally giving better and more consistent results than 2023. Weather and location differences between years are believed to have had an impact. The results suggest, however, that the petiole analysis was the method that coped best with these differences between years and can therefore be considered somewhat more stable. Vultus' two crop index values were shown to not give a good correlation with fertilization needs in the trials, where the satellite's low resolution in relation to the size of the test squares probably played a role. In the field study, on the other hand, the satellite data at some points in time had a relationship with measured yield and also with some of the measurements made at the measurement points, which enabled a rough estimate of the field's

variation in yield and N-fertilization needs, which turned out to be large in two of the fields with standard deviations of around 15 tones of yield per hectare and 40 kg N per hectare. The result, therefore, shows that there is potential to replace petiole analysis with a more digital, less time-consuming method such as the N sensor for N status assessment. However, a model needs to be developed for the translation of SN value (the N sensor's measured value) into fertilization recommendations for potatoes, where the results from this work provide a certain ground. There is also potential for precision fertilization of N in starch potatoes, but more future research is needed to adapt sensor technology and fertilization recommendations to potatoes.

Keywords: starch potato, N status measurements, N-fertilization, split N-application, within-field variation, variable N-fertilization

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning.....	11
Introduktion	16
1.1 Förtydligande	18
Bakgrund.....	19
2.1 Stärkelsepotatis.....	19
2.1.1 Potatisens utveckling	20
2.2 Kväve	20
2.2.1 Kväve i mark och kvävegödsling	21
2.2.2 Kväveupptag i potatis	22
2.2.3 Kvävetillskott för potatis.....	23
2.3 Kvävemätning	24
2.3.1 Bladskafsanalys.....	24
2.3.2 Passiva och aktiva sensorer	26
2.3.3 Satellitfjärranalys och satellitbilder	27
2.3.4 Klorofyllmätare	28
2.4 Precisionsodling	29
2.4.1 Precisionsgödsling – kväve	29
2.4.2 Precisionsgödsling i potatis och några tidigare studier	30
Metod.....	33
3.1 Fältförsök	33
3.1.1 Placering	34
3.1.2 Utformning av försök.....	35
3.1.3 Insatser	35
3.1.4 Utförande	36
3.1.5 Analys	39
3.2 Potatisfältstudie	40
3.2.1 Utformning av fältstudier.....	42
3.2.2 Fält A.....	42
3.2.3 Fält B.....	43
3.2.4 Fält C	43
3.2.5 Fält D	44

3.2.6	Fält E.....	45
3.2.7	Utförande	45
3.2.8	Analys	47
	Resultat	48
4.1	Fältförsök	48
4.1.1	Detektering av ledsskillnader.....	48
4.1.2	Korrelation mellan mätmetoder.....	54
4.1.3	Knölskörd, stärkelsehalt, stärkelseskörd	59
4.1.4	Gödslingsbehov	61
4.1.5	Gödslingsrekommendation – jämförelse	69
4.2	Inomfältsvariationer.....	70
4.2.1	Korrelation mellan satellitbilder och andra mätningar	70
4.2.2	Variation i knölskörd och relativt N-gödslingsbehov	71
	Diskussion	74
5.1	Fältförsöket	74
5.1.1	Detektering av ledsskillnader och en jämförelse mellan mätmetoder	74
5.1.2	Korrelation mellan mätmetoder och möjlig ersättning	78
5.1.3	Mätmetodernas korrelation med N-gödslingsbehov	79
5.1.4	Jämförelse av gödslingsrekommendationer från bladskafsanalys	80
5.1.5	Satellitbilder och påverkande faktorer	80
5.2	Potatisfältstudie.....	81
5.2.1	Rumslig variation	81
	Slutsats och summering	83
	Referenser.....	84
	Populärvetenskaplig sammanfattning	90
	Tack	93

Tabellförteckning

Tabell 1. Översikt på de modifieringar som skett mellan åren gällande led/kvävebehandlingar.	33
Tabell 2. Översikt på datum för mättillfällen för 2022 och 2023 och hur många dagar efter uppkomst samt dagar efter sättnings som gått vid varje tillfälle. Fullständig uppkomst graderades 2022 till den 25/5 och den 1/6 för 2023. Sättnings för 2022 utfördes den 26/4 och den 9/5 2023.	34
Tabell 3. Sammanställning på den N-,P-,K-gödsling som skett i de fem leden.	36
Tabell 4. Överblick på hur kväveoptimum räknades ut för 2022 och 2023. N-gödselpriset kan variera mellan 10-30 kr/kg N beroende på period men har valts till 13 kr/kg N. Stärkelsepriset är baserat på Lyckeby's utbetalning för potatis. Lyckeby betalar 90 öre/kg potatis som håller en stärkelsehalt på 20 %.	40
Tabell 5. En översikt på datum för mättillfällen och hur många dagar efter uppkomst samt dagar efter sättnings som gått vid varje tillfälle för varje fält i potatisfältstudien.	41
Tabell 6. Sammanställning av korrelation, från fältförsöket 2022, mellan de olika mätmetoderna vid vardera datum. Korrelationen presenteras som r-värde. Korrelationer lika med eller över 0,7 är gulmarkerade. N-sensor värde för 15 juni saknades. Signifikans (p-värde): * = lika med eller under 0,05, ** =lika med eller under 0,01, *** = lika med eller under 0,001.	55
Tabell 7. Sammanställning på korrelation, från fältförsöket 2023, mellan de olika mätmetoderna vid vardera datum. Korrelationen presenteras som r-värde. Korrelationer lika med eller över 0,7 är gulmarkerade. Signifikans visas genom * = lika med eller under 0,05, ** =lika med eller under 0,01, *** = lika med eller under 0,001.	57
Tabell 8. Funktioner och R ² -värden för uppmätta samband mellan gödslingsbehov (y) och mätdata (x) med de olika metoderna vid olika tillfällen under 2022. Data för N-sensor saknas den 15 juni. R ² -värden lika med eller över 0,85 är gulmarkerade.	67

Tabell 9. Funktioner och R^2 -värden för uppmätta samband mellan gödslingsbehov (y) och mätdata (x) med de olika metoderna vid olika tillfällen under 2023. R^2 -värden lika med eller över 0,85 är gulmarkerade.	68
Tabell 10. Redovisning av korrelation (r-värde) och dess signifikans (p-värde) mellan Vultus indexvärden och Yara N-sensor, Yara N-tester samt bladskaftsanalys. R-värden över 0,7 är gulmarkerade.....	70

Figurförteckning

- Figur 1. Överblick på potatisens N-upptag i blast, knölar samt totalt under de fem utvecklingsfaserna. Faserna representerar: I) groddutvecklingsstadiet, II) vegetativa tillväxtfas, III) knölinitering och knölsättning, IV) knöltillväxt samt V) knölmognad. Bilden är tagen från Ekelöf & Råberg (2011) som översatt den från (Zebarth & Rosen 2007). 23
- Figur 2. Referenskurva för optimal nitrathalt i stärkelsepotatis tagen från Gödslingsrekommendation år 2022 av Lyckeby (2022). Kurvan är baserad på ett treårigt fältförsök för optimal nitratkurva hos tre sorter av stärkelsepotatis utförd av Lyckeby (Rölin et al. 2018). 25
- Figur 3. Tolkingsdiagram, utifrån referenskurvan (figur 2, för optimal kompletteringskvävegiva i stärkelsepotatis efter bladskaftsanalys. Diagrammet är taget från Gödslingsråd 2023 av Lyckeby (2023). 25
- Figur 4. Väderdata (nederbörd och temperatur) för 2022 och 2023. Väderdata är tagen från Lantmet och närmaste väderstation; 2022 – väderstation Helgegården, 2023 – väderstation Åhus-Ripa (Lantmet, 2022; Lantmet 2023). 34
- Figur 5. Översiktbild på fältförsök och fältstudiens potatisfält gentemot Kristianstad. Markering: Fältförsök – röd; Fält A – lila; Fält B – grön; Fält C – svart; Fält D – blå; Fält E – gul. 35
- Figur 6. (A) Bild (till vänster) på fältförsöket 2023. Den röda markeringen är placerad i det yttersta hörnet av ruta 1. Bilden är tagen med drönare av Frederick Falck (sommarjobbare på Lyckeby) den 2023-06-15. (B) Bild (till höger) tagen från försöksplan som visar led- och rutfördelningen i fält. Den röda markeringen är placerad i det yttersta hörnet av ruta 1. 35
- Figur 7. (A) Schematisk bild (till höger) på hur mätning med N-sensor genomfördes i fältförsök. (B) Bild (till vänster) tagen på N-sensormätning. 37
- Figur 8. (A) (B) N-tester mätning. (Uppmärksamma att bilderna är tagna för demonstration och sker här direkt på plantan istället för på ett plockat blad). . 37
- Figur 9. (A) En bild på plockade bladstjälkar i nummernärkt påse (bilden är tagen vid bladskaftsanalys för potatisfältsstudierna, vilket förklarar märkningen). (B) (C)

(D) Bilder på proceduren när bladstjälkar läggs i en metallbehållare för senare pressning. (E) Pressning av bladstjälkar. (F) Bladskafssaft. (G) Nitrat- och kaliummätare.	38
Figur 10. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält A.	43
Figur 11. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält B.	43
Figur 12. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält C.	44
Figur 13. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält D.	45
Figur 14. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält E.	45
Figur 15. Exempel på en mätpunkt.	46
Figur 16. (A) Ledmedel av SN-värden från N-sensormätningar 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av SN-värden från N-sensormätningar 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes.	49
Figur 17. (A) Ledmedel av N-testervärden från N-testermätningar 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av N-testervärden från N-testermätningar 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes.	50
Figur 18. (A) Ledmedel av nitratkoncentration (ppm) från bladskafsanalys 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av nitratkoncentration (ppm) från bladskafsanalys 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes.	52
Figur 19. (A) Ledmedel av beräknad nitratkoncentration (ppm) från Vultus 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av beräknad nitratkoncentration (ppm) från Vultus 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes.	53

- Figur 20. (A) Ledmedel av NDVI-indexvärde från Vultus 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättilfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättnig (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av NDVI-indexvärde från Vultus 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättilfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättnig (des) anges inom parentes..... 54
- Figur 21. (A) Graf över medelknölskörd 2022 för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen. (B) Graf över medelknölskörd 2023 för led 1 - 0 kg N, led 2 - 50 kg N, led - 100 kg N, led 4 - 150 kg N samt led 5 - 200 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen..... 59
- Figur 22. (A) Graf över medelstärkelsehalt 2022 analyserad för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen. (B) Graf över medelstärkelsehalt 2023 analyserad för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen. 60
- Figur 23. (A) Graf över medelstärkelseskörd 2022, uträknad från medelknölskörd och medelstärkelsehalt, för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. (B) Graf över medelstärkelseskörd 2022, uträknad från medelknölskörd och medelstärkelsehalt, för, led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. 61
- Figur 24. (A) N-sensors, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättilfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) N-sensors, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättilfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum. 62
- Figur 25. (A) N-testerns, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättilfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) N-testerns, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika

dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum. 63

Figur 26. (A) Bladskafsanalysens, 2022, korrelation med gödslingsbehov.

Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) Bladskafsanalysens, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum. 64

Figur 27. (A) Vultus beräknade nitratkoncentrations, 2022, korrelation med

gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) Vultus beräknade nitratkoncentrations, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum. 65

Figur 28. (A) Vultus NDVI-indexvärdes, 2022, korrelation med gödslingsbehov.

Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) Vultus indexvärdes, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum. 66

Figur 29. (A) Jämförelse mellan gödslingsrekommendationer för 2022 baserat på

mätresultat från bladskafsanalys. Dataserierna är baserade på ledmedelresultat för led 1-4 från de fem första mätningarna. Rek. N-giva, L – baserat på Lyckeby's tolkningshjälp (figur 2). Rek. N-giva, F – baserat på ekvationer från tabell 8. Mätningar kompatibla till tolkningshjälpen's tidsperiod har valts ut. (B) Jämförelse mellan gödslingsrekommendationer för 2023 baserat på mätresultat från bladskafsanalys. Dataserierna är baserade på ledmedelresultat för led 1-3 från de fem första mätningarna. Rek. N-giva, L – baserat på Lyckeby's tolkningshjälp (figur 2). Rek. N-giva, F – baserat på ekvationer från tabell 9. Mätningar kompatibla till tolkningshjälpen's tidsperiod har valts ut. 69

- Figur 30. Histogram över variation i knölskörd för fält A-E. Datum representerar tillfället där bäst samband mellan NDVI och skörd påvisades..... 72
- Figur 31. Histogram över variation i relativt N-gödslingsbehov, baserat på skörd, för fält A-E. Datum representerar tillfället där bäst samband mellan NDVI och skörd påvisades..... 73

Introduktion

Kväve (N) är ett ämne viktigt för grödors tillväxt. Med undantag för kol är N det ämnet som krävs i störst mängd för en planta där N finns som beståndsdel i proteiner, klorofyll, nukleinsyror med flera. Det är föreningar som alla är inbegripna i livsnödvändiga processer hos växter, såsom fotosyntes. En del växter, t.ex. baljväxter, kan tillgodose stora delar av sitt N-behov med kvävgas genom symbios med N₂-fixerande bakterier. Men de flesta grödor, där ibland potatis, är dock beroende av upptag av kväve från marken via rötterna i form av främst ammonium (NH₄⁺) och nitrat (NO₃) och även i viss mån som aminosyror (Hawkesford et al. 2012). Kväve är ett näringsämne som ofta är begränsade i jordbruksjordar (Muleta & Aga 2019) och som åtgärd, där målet är en ökad produktion, sker ofta en N-gödsling (Hawkesford et al. 2012).

Så är fallet inom potatisodlingen. Potatis, som gröda, har höga krav på näringsstillgången, framförallt på grund av grödans ytliga och outvecklade rotsystem. Kväve är det näringsämne inom potatis som tillförs i mest mängd och mest frekvent än något annat näringsämne. Att tillgodose N-behovet för potatisen är av vikt och gör att en högre skörd och en bättre kvalitet uppnås (Muleta & Aga 2019). För potatisens stärkelseproduktion, med mål som hög knölskörd och hög stärkelsehalt, används ofta speciella potatissorter med lång växtperiod. En lång växtperiod ger en mer utdragen förbrukning av växtnäring och ställer krav på tillgång av tillgängligt kväve även på senare delar av sommaren och tidig höst (Rölin et al. 2018). Rekommendation för stärkelsepotatis är därför att kompletteringsgödsla med en eller flera givor (Jordbruksverket 2023). En delad giva ger fördelar som minskad risk för näringsläckage och medför en lugnare blasttillväxt och högre skörd för stärkelsepotatisen (Yara u.å.a). Kompletteringsbehovet kan genom mätning av N-status i fält uppskattas. Hos företaget Lyckeby i Kristianstad med produktion och utveckling inom stärkelseprodukter, görs en sådan uppskattning med hjälp av bladskafthanalys. Bladskafthanalysen mäter nitrathalt i stärkelsepotatisens bladskafthalt och får därmed fram information om upptag och tillgång av N hos potatisen (Rölin et al. 2018). Lyckeby har efter försök tagit fram en egen referenskurva för att kunna tolka analysresultat och därefter tillämpa N-gödsling för komplettering vid rätt tid och med rätt mängd. Metoden är dock arbets- och tidskrävande vilket gör att Lyckeby

letar efter enklare bedömningsmetoder för N-status som ersättning av aktuell bladskafsanalys.

Utöver tajming på kvävetillförsel är dessutom mängden N vid gödslingstillfället av vikt. Den optimala tillförseln av N beror på N-tillgängligheten på platsen man befinner sig på samt potentiell potatisskörd (Ekelöf & Råberg 2011). Tillgängligheten påverkas av markegenskaper och klimat såsom jordart, nederbörd och mikrobiell aktivitet, med flera. Faktorer där många skiljer sig både mellan och inom varje fält (Masclaux-Daubresse et al. 2010; Hawkesford et al. 2012). Överskott av N genom gödsling kan leda till näringsläckage och på så sätt utgöra en negativ miljöpåverkan. Näringsläckaget är större på lätta jordar med en grövre textur och därmed en sämre vattenhållande förmåga (Heege 2013). Det potentiella näringsläckaget från potatisodling är därmed stort eftersom odling av potatis ofta sker på lätta jordar och dessutom har grödan grunda rötter som i och med det ger ett sämre omfång för upptag (King et al. 2020). Ett alternativ för att förbättra miljöpåverkan och reducera näringsläckage till grund- och ytvatten kan därmed vara precisionsgödsling (Heege 2013). Precisionsgödsling innebär optimering av gödslingstillförsel anpassad till variation inom enskilda fält. En sådan optimering kan ge fördelar som reducerat näringsläckage, förbättrad skörd (Lu et al. 2022), bättre kvalitet, förbättrad näringsanvändningseffektivitet samt förbättrad resursanvändning som medför minskad kostnad av gödselmedel (Heege 2013). För möjliggörandet av precisionsgödsling behövs insamling av platsspecifik information och åskådliggörandet av den rumsliga variation som finns gällande N-status. Bedömningsmetoder för N-status är något som prövats i större utsträckning på höstvetete, medan det inom potatisodling är ett mindre beprövat område.

Syftet med detta mastersarbete är därför att (i) undersöka möjligheterna till att förutsäga optimal N-gödsling i stärkelsepotatis och därmed eventuellt ersätta Lyckeby's nuvarande bladskafsanalys med annan metod och (ii) bedöma hur stor eventuell variation det finns i gödslingsbehov inom enskilda fält och därmed uppskatta effekterna av platsspecifik gödsling inom potatisfält. Utöver bladskafsanalysen har mätningar med N-sensor och N-tester från företaget Yara samt satellitbilder/data från företaget Vultus testats som möjliga ersättningsmetoder. Om det sedan också ses stora variationer i gödslingsbehov inom fält, ökar incitamentet att övergå till mätmetoder såsom N-sensor eller satellitbilder, som kan hantera sådan variation. Frågeställningarna har därav formulerats till:

- Hur bra är de olika kvävemättningsmetoderna: Yara N-sensor, Yara N-tester, bladskafsanalys samt Vultus två grödindex från satellitbilder, på att bedöma N-gödslingsbehov?

- Hur stor är variationen i N-gödslingsbehov (kvävestatus- och/eller skörd) inom enskilda stärkelsepotatisfält ?

1.1 Förtydligande

Detta arbete inbegriper två undersökningar. Den ena undersökningen omfattar ett nytt fältförsök utfört 2023, samt data från ett försök som utfördes 2022, båda i samarbete med Lyckeby. Ett liknande försök utfördes även 2021, vilket presenterades i ett tidigare studentarbete (Carlsson 2022). Den andra undersökningen omfattar mätningar på fem potatisfält hos fem potatisodlare i syfte att få en uppfattning om hur mycket N-gödslingsbehovet varierar inom enskilda fält. Det här mastersarbetet kommer inte vara en upprepning, utan snarare en fortsättning av Elin Carlssons arbete, med ett nytt förnyat försöksupplägg som ger möjligheter till andra analyser. Lyckeby använder sig just nu av bladskafthanalys för bedömning av N-status. I sitt försök vill de undersöka korrelation mellan andra kvävemätningmetoder och bladskafthanalys, som står som referens, vilket gjordes av Carlsson (2022) och även kommer att inbegripas i det här mastersarbetet. Modifikationer i försöksplan har dock skett sedan fältförsökets start år 2021. I Carlssons (2022) arbete jämfördes kvävemetoderna mellan varandra genom att jämföra de mätvärden som togs fram vid mätning. I det här mastersarbetet sker också en jämförelse, men var och en av metoderna bedöms också utifrån deras uppskattning av gödslingsbehov. I 2021:s analys ingick ingen skördemätning, vilket lagts till för 2022 och 2023, för att på så vis bedöma N-gödslingsbehovet utifrån skörderesponskurvor på N-gödsling.

Bakgrund

2.1 Stärkelsepotatis

Potatis har sitt ursprung från Sydamerika och ankom och spreds till Europa i slutet av 1500-talet efter upptäckten av Amerika (Grommer & van der Krogt 2009). Odlad potatis, tillhörande arten *Solanum tuberosum L.*, har sen dess blivit en viktig gröda världen över. Potatis fyller en roll som basföda (Birch et al. 2012), något grödan främst användes till i början av sin ankomst till Europa (Grommer & van der Krogt 2009) men har därefter även blivit en betydande källa för stärkelse (Birch et al. 2012). Genom förädling har inriktning på olika egenskaper skett och potatis kan delas in i två linjer, matpotatis och stärkelsepotatis. Matpotatis och stärkelsepotatis tillhör samma art men har erhållit olika egenskaper efter förädling (Birch et al. 2012). I stärkelseindustrier numera används främst speciella stärkelsepotatissorter. Stärkelsepotatissorterna innehåller mer stärkelse och gör potatisen mindre välsmakande och därmed mindre lämplig som livsmedel (Grommer & van der Krogt 2009). För stärkelsepotatis är målet en hög knölskörd med en hög stärkelsehalt. I jämförelse med matpotatis är en hög skörd för stärkelsepotatis inte lika beroende av antalet knölar, istället tillåts större knölstorlekar (Rölin et al. 2018). För matpotatis finns det dessutom många fler kvalitetsparametrar att förhålla sig till, exempelvis knölstorlek, knölform och olika defekter såsom tillväxtsprickor, blåmärken, inre rostfläckar med flera (Birch et al. 2012).

Näringsinnehållet i potatis innefattar 80 % vatten och 20 % torrs substans. Torrs substansen innehåller 90 % kolhydrater och resterande del är protein. Mellan sorter kan innehållet variera i viss mån. Potatis har ett grunt rotsystem och rottillväxten försvåras än mer i kompakt jord. Potatis är därmed en gröda som oftast hittas på luckra och lätta jordar (Ekelöf & Råberg 2011). Grödan är känslig för underskott av vatten och odling sker vanligtvis med hjälp av bevattning. Utan vatten kommer blad och rötter bli mindre. Något som leder till sämre fotosyntes samt sämre upptag av marknäring och vatten. Ett för stort överskott är dock något som inte heller anses önskvärt. Bevattningens effektivitet är en utmaning inom potatisproduktion på grund av grödans grunda rötter och att odling ofta sker på jordar med medel till grov textur som medför en sämre vattenhållande förmåga (King et al. 2020).

2.1.1 Potatisens utveckling

Utvecklingen hos potatis kan delas in i fem faser under säsong: I) Fas 1, groddutvecklingsstadiet, första månaden efter sättnings (Zebarth & Rosen 2007), definieras av groddutveckling och groddtillväxt. När väl potatisgrodden har utvecklats beror groddtillväxthastighet på marktemperatur. Hastigheten ökar linjärt med temperaturer från 7-20 °C. Även planteringsdjup har inverkan på groddutvecklingen (Thornton 2020). II) Fas 2, vegetativa tillväxtfasen, mellan 30 och 55 dagar efter sättnings (Zebarth & Rosen 2007) avser den tillväxtperiod från grodduppkomst till initiering av nya knölar och inkluderar utveckling av rötter och skott. Fukt- och temperaturförhållanden inverkar på tillväxthastigheten under denna fas (Thornton 2020). III) Fas 3, knölinitiering och knölsättning, omkring 50-70 dagar efter sättnings beroende på sort (Zebarth & Rosen 2007), definieras som den process där stolonen slutar växa och dess ände istället sväller upp. Knölinitiering innebär att potatisen övergår från att använda all energi till tillväxt till att även lägga lite energi på lagring i knölen. Fasen pågår i mindre än två veckor och påverkas av markfuktighet (måttlig-hög, >65%), temperatur (måttlig, 14-20 °C), andel växttillgängligt N (måttlig-låg) och dagslängd (hög ljusintensitet) (Thornton 2020). IV) Fas 4 är under knöltillväxt, beroende på tidig eller sen sort är det antingen 60-90 dagar eller 70-120 dagar efter sättnings (Zebarth & Rosen 2007). Fasen definieras av förloppet där ackumulering av torrs substans i knölar inträffar, där en överföring av kolhydrater från fotosyntesen i bladen sker till knölar. Knölarnas tillväxthastighet beror på temperatur, markfuktighet och näringstillgång (Thornton 2020). V) Till sist fas 5, knölmognad och när bladen vissnar ner (Zebarth & Rosen 2007). Under denna fas börjar potatisplantorna åldras och knölarnas kemiska och fysiska egenskaper förändras. Skalet på potatisknölen tjocknar och skapar på så vis ett skydd för mekaniska skador och inträde av patogener (Thornton 2020).

2.2 Kväve

En växt innehåller 1-5 % N av den totala torrs substansen. Ämnet kan hittas i proteiner, nukleinsyror, enzymer, sekundära metaboliter, klorofyll samt fytohormoner, med flera (Hawkesford et al. 2012). Kväve återhittas därav i till exempel DNA, RNA, cytokinin och auxin (Andrews et al. 2013) involverade i processer som växtens genetiska överföring och ämnesomsättning (Jordbruksverket 2003). Vid god tillgång medför N en senare mognad vilket gör att den gröna färgen på plantan behålls. På så vis erhålls en längre tillväxt som ger större potentiell skörd och desto mer stärkelse kan erhållas från potatisen (Rölin et al. 2018).

2.2.1 Kväve i mark och kvävegödsling

Kväve tas upp av växten via dess rötter antingen i form av ammonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) (Taiz et al. 2022) eller aminosyror (Näsholm et al. 2009). Undantaget är växter i symbios med kvävefixerande bakterier som därmed kan tillgodogöra sig kvävgas (N_2) från luften (Hawkesford et al. 2012). Ammonium och nitrat räknas som oorganiska kvävekällor och är de man vanligen bedömer vara det växttillgängliga kvävet i jordbruksjordar (Näsholm et al. 2009). I jordbruksmark finns oftast N i form av nitrat i större koncentration än ammonium. Nitrat är också mer lösligt och blir därmed mer lättillgängligt för växter att ta upp (Hawkesford et al. 2012). Ammoniumkväve är mer svårörligt och binds till lermineral och mull i marken (Jämtgård et al. 2010; Hawkesford et al. 2012). Det organiska materialet bryts ner av mikroorganismer som utviner energi från organiska kolföreningar. Kväveföreningar kommer samtidigt frigöras i oorganisk form. Beroende på C/N kvoten kommer N antingen immobiliseras eller mineraliseras. En hög kvot gör att N kommer användas av mikrober. När mikroberna sedan dör kommer N återigen frigöras (Robertson & Groffman 2015). Det organiska N kan delas in i fraktioner beroende på hur lättillgängligt det är för upptag. Det finns en del organisk N bundet till mikroorganismer, växtrester och djurrester, denna del kallas för den aktiva poolen. Återstående organiskt kväve påträffas i humusmaterial med varierad lättillgänglighet, en del med en mycket lång omsättningstid (Jordbruksverket 2003). Tillgängligheten av N i marken beror på rumsliga och spatiala aspekter, där faktorer som markegenskaper och klimat har inverkan. Exempelvis kan pH, jordart, mikrobiell aktivitet, nederbörd samt temperatur spela roll och ge en varierande tillgänglighet (Masclaux-Daubresse et al. 2010; Hawkesford et al. 2012). Tillgängligt N och dess påverkande faktorer kan dessutom ses variera inom fält och medför därför också varierat gödslingsbehov (Lundström et al. 2001).

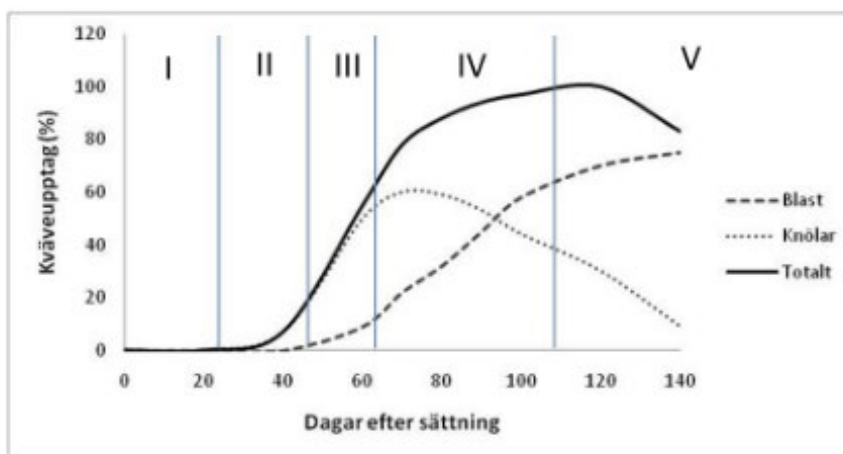
Låg tillgång av växttillgängligt N i mark är oftast den orsak som begränsar tillväxt och skörd av grödor. En vanlig åtgärd på jordbruksmark är tillförsel av oorganisk gödsel eller organisk gödsel (Andrews et al. 2013). Oorganisk gödsel möjliggjordes efter ankomsten av Haber-Bosch processen i början av 1900-talet. Processen gjorde det möjligt att framställa syntetiskt gödsel via användandet av kvävgas och vätgas för att producera ammoniak (Kissel 2014). Omfattning av N-tillförsel beror bland annat på gröda och jordart, vilket gör att den optimala tillförselmängden kan variera mellan platser. Faktorer som ytterligare kan påverka gödslingsbehovet är N-tillgänglighet i marken, sort, vattentillförsel men också ekonomiska aspekter (Muleta & Aga 2019). Frisättning av N från organiska källor är ofta långsam (Delden 2001), till skillnad från oorganisk gödsel (Andrews et al. 2013), och är beroende av både markfuktighet och marktemperatur för en fungerande mineraliseringsprocess, det vill säga, frigörandet av organisk bundet N till oorganisk form (Delden 2001). Mängden organisk gödsel influeras därför också av

växtföljd, mängd grüngödsel och kompost samt vilken sort animalisk gödsel som ska användas (Finckh et al. 2006).

2.2.2 Kväveupptag i potatis

Kväve tas upp av växter, såsom potatis, via deras rötter antingen i form av ammonium (NH_4^+) eller nitrat (NO_3^-) (Näsholm et al. 2009) tillsammans med dess vattenupptag (Rölin et al. 2018). I plantan transporteras N i form av nitrat och passerar många cellmembran för att nå olika vävnader (Masclaux-Daubresse et al. 2010). Nitrat kan lagras i rötter, stam och lagringsorgan eller transporteras (Hawkesford et al. 2012; Jordbruksverket 2003). För N-assimilering måste nitraten genomgå reduktion innan N kan ingå i aminosyrasyntesen (Black et al. 2002). Vid reduktionsprocessen behöver nitrat reduceras via nitrit till ammonium. Ammonium är sedan föreningen som används i aminosyrasyntesen.

De fem utvecklingsfaserna för potatis (beskrivna ovan) kan även karaktäriseras som de fem faser rörande potatisens N-upptag under sin utveckling (figur 1). Under fas 1 är kväveupptag från marken minimal, istället används reserver från sättknölen som tillförsel av näring och energi till skottet. En för hög N-gödsling under fas 1 kan senarelägga uppkomst (Ekelöf & Råberg 2011). Fas 2, är första fasen av växtutveckling där markens näringsnivåer kan påverka tillväxten. Rötterna börjar nu förse plantan med näring och fotosyntesen i bladen förser med energi för tillväxt (Zebarth & Rosen 2007). Under fas 2 behövs N för knölsättning och tillväxt. En för hög N-giva i detta stadie kan dock senarelägga knölsättning och främja blasttillväxt och därmed förorsaka en skördesänkning. Fas 3, vid knölbildning, är N-upptagshastigheten som störst (Ekelöf & Råberg 2011). Under fas 4 blir den vegetativa tillväxten långsammare och N-upptaget minskar samtidigt som kolhydrater och näring (inklusive N) börjar omfördelas till knölna. Kvävebehovet är som störst under denna fas (Zebarth & Rosen 2007) och det är därför av vikt att hålla N-nivåerna till potatisen jämn under denna period. För lite N kan ge mindre knölar och en förtidiglagd avmognad (Ekelöf & Råberg 2011). Näringsbrist begränsar nämligen grönmassan och resulterar i en minskad kolhydratproduktion och knöltillväxt (Thornton 2020). För mycket N kan dock gynna blasttillväxt och fördröja knöltillväxten. En för stor giva kan därmed ge följder som senarelagd avmognad samt sänkt stärkelsehalt. Jämnt kvävetillskott är även av vikt då en ojämn tillgång kan medföra både skörde- och kvalitetsänkning samt ge mindre motståndskraftiga potatisar mot sjukdomar (Ekelöf & Råberg 2011). Under sista fasen, när blasten börjar vissna och näringen transporteras från blast och rötter till knölar, är N-upptag från marken låg (Zebarth & Rosen 2007).



Figur 1. Överblick på potatisens N-upptag i blast, knölar samt totalt under de fem utvecklingsfaserna. Faserna representerar: I) groddutvecklingsstadiet, II) vegetativa tillväxtfas, III) knölnitiering och knölsättning, IV) knöltillväxt samt V) knölmognad. Bilden är tagen från Ekelöf & Råberg (2011) som översatt den från (Zebarth & Rosen 2007).

2.2.3 Kvävetillskott för potatis

Inom potatisodling tillförs N för att öka produktionen. Potatis är en gröda med högt krav på näring från mark, främst på grund av dess ytliga rotsystem och höga produktion. Att ha en bra gödslingsstrategi, tajming och mängd, för potatis är av betydelse för både kvalitén och kvantiteten hos knölar. Otillräcklig mängd N ger minskad grönmassa och medför minskad tillväxt (Muleta & Aga 2019). Generellt medför N-tillförsel en ökning av andelen större knölar (Zebarth & Rosen 2007). Gödslingsbehov bör helst motsvara skillnaden mellan växtens behov och andel N levererat från marken, från exempelvis organisk material och animaliskt gödsel. Att förutspå markens kvävebidrag är dock svårt, där som sagt faktorer som miljöförhållande och jordart inverkar (Minotti et al. 1994).

Stärkelsepotatissorter är ofta sena sorter och har därmed en lång växtperiod. För dessa sorter är tillgång till N i slutet av sommar och under hösten av vikt (Rölin et al. 2018). En ofta utförd gödselåtgärd är att minska N-givan vid sätning för att sen följa upp med flera kompletteringsgivor senare. Delad giva har påvisats ge positiv effekt på skörd, ge bättre fördelning mellan knöl och blast och förbättrad kväveeffektivitet kan uppnås som är bra, både för ekonomin och miljön. Dessutom bidrar en delad giva till förlängd knöltillväxtperiod, eftersom blastens livslängd förlängs (Jordbruksverket 2023). I *Gödslingsrekommendationer år 2022* utskickat av Lyckeby (2022) står det att delad giva rekommenderas till stärkelsepotatis om: i) lerhalten är under 5 %, ii) mullhalten är under 2 %, iii) tillgång till bevattning finns eller iv) måttliga mängder stallgödsel finns till befogande (Lyckeby 2022). Faktorer, där alla har någon form av inverkan på N-förhållandet i marken och

plantan. Jämn tillgång på vatten ger potatisen ett bättre utnyttjande av växtnäring och är därmed ett behov vid delad giva (Jordbruksverket 2023). Låg lerhalt ger en större risk för N-läckage vilket gör att delad giva på lätta jordar rekommenderas (Heege 2013). Stallgödsel och hög mullhalt ger en högre mineralisering av N, det vill säga en ökad N-leverans från marken (Rölin et al. 2018). Vid gödsling kan både stallgödsel och mineralgödsel användas, men stallgödsel rekommenderas utgöra max 50 % av det totala N-behovet. Stallgödsel, med längre omsättningstid, kan förorsaka en för hög N-tillgänglighet i slutet av säsongen och på så vis orsaka en minskad stärkelsehalt. Om delad giva bestäms som gödslingsåtgärd kan en uppskattning av kompletteringsbehovet fås fram genom att mäta N-status i fält (Lyckeby 2022). Ett exempel på hur en gödsling kan se ut vid delad giva är att lägga 50-70 % av förväntat N-behov vid sättnings. Tre till fyra veckor efter uppkomst kan kompletteringsgiva ges och skulle det behövas kan en ytterligare giva ges två-tre veckor efter det (Ekelöf & Råberg 2011). Ett exempel som är tagit från gödslingsstrategier mer styrt av matpotatis men kan också gälla stärkelsepotatis. Ytterligare gödslingsstrategi för stärkelsepotatissorter, med planerad skörd i slutet av september eller under oktober, tillkommer, där en tydlig kvävebrist i juni men även juli alltid ska åtgärdas. Senare gödsling för sena sorter är därmed något som förekommer (Rölin et al. 2018).

2.3 Kvävemätning

För att optimera N-tillförsel har det tillkommit en del metoder för bedömning av N-status i växter. Metoderna mäter N-upptaget på olika sätt och i olika faser, från att N nyss tagits upp och är på väg ut i bladen till att det omvandlats till klorofyll och slutligen givit upphov till en större grönmassa (Muñoz-Huerta et al. 2013).

2.3.1 Bladskaftsanalys

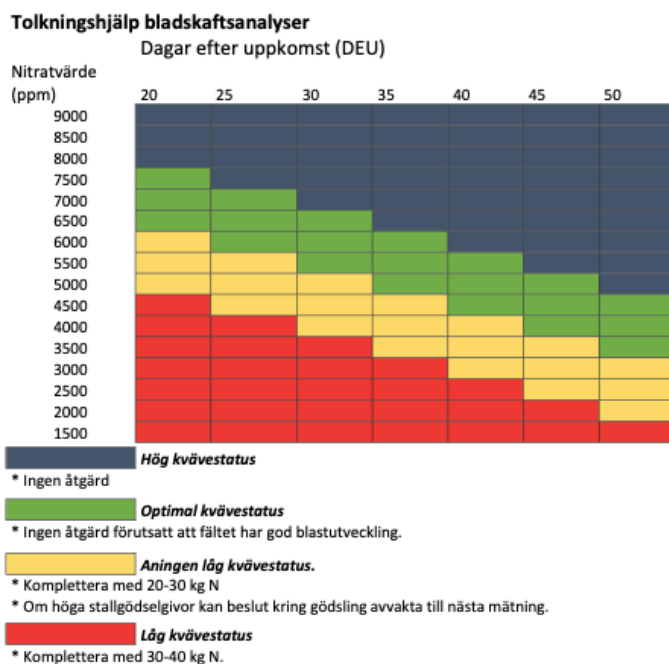
Bladskaftsanalys är en mätmetod som mäter nitrathalt i plantsaft hos bladskaft. I matpotatisodling har bladskaftanalys använts sedan 90-talet för uppskattning av kompletteringsbehov. Genom mätning kan både plantans upptag och tillgång lyftas fram. Analysen genomförs genom att plocka cirka 30 småblad, det fjärde från toppen, från potatisplantan. Småbladen tas sedan bort så att enbart bladskaftet finns kvar. Bladskaftens saft pressas sedan ut med hjälp av en press. Saften som fås ut hålls i en digital mätare, kalibrerad med referensvätska och nitrathalt (parts per million, ppm) läses av (Rölin et al. 2018).

Tolkning av resultatet kan genomföras med hjälp av Lyckeby's framtagna referenskurva och diagram (figur 2 & 3). Referenskurvan är från ett treårigt fältförsök av Lyckeby där tre stärkelsepotatissorter innefattades (Rölin et al. 2018).

Diagrammet är baserat på referenskurvan och hjälper till att bestämma mängd N som behövs tillföras (Lyckeby 2023). Att beakta är att nederbörd och torka kan påverka tolkning av analys, där nitratkoncentrationen till exempel blir mycket högre i en uttorkad planta. Även användandet av stallgödsel påverkar tolkning och beslut eftersom stallgödselns N-leverans är långsammare. Lägre nitrathalter med stallgödsel kan därför till en början vara acceptabla (Rölin et al. 2018).



Figur 2. Referenskurva för optimal nitrat halt i stärkelsepotatis tagen från Gödslingsrekommendation år 2022 av Lyckeby (2022). Kurvan är baserad på ett treårigt fältförsök för optimal nitratkurva hos tre sorter av stärkelsepotatis utförd av Lyckeby (Rölin et al. 2018).



Figur 3. Tolkingsdiagram, utifrån referenskurvan (figur 2, för optimal kompletteringskvävegiva i stärkelsepotatis efter bladskaftsanalys. Diagrammet är taget från Gödslingsråd 2023 av Lyckeby (2023).

2.3.2 Passiva och aktiva sensorer

På marknaden finns det sensorer för bedömning av N-status. Beroende på deras ljuskälla, klassificeras de antingen som passiva eller aktiva sensorer. Den passiva sensorn fungerar genom att med hjälp av solljus mäta grödans reflektans (Muñoz-Huerta et al. 2013). Växternas klorofyll innehåller N och används vid fotosyntesen. Det absorberar ljus inom röda och blåa våglängder och reflekterar tillbaka grönt ljus som gör att växten uppfattas grön (Carvalho et al. 2011). Ljusreflektansen mäts av sensorerna på våglängdsintervall inom det synliga spektrumet (Muñoz-Huerta et al. 2013), mellan cirka 400 nm till 720 nm (Carter & Knapp 2001), och det nära infraröda (NIR) spektrumet, mellan ungefär 750 nm till 1350 nm (Myneni et al. 1995). Det synliga spektrumet delas in i olika våglängdsintervall baserade på färger, inkluderande blått, rött och grönt ljus (Carter & Knapp 2001). Det är framförallt förhållandet mellan rött och infrarött ljus som används av sensorer. Efter mätning av ljusreflektans beräknas sedan ett index fram. Indexen påvisar kontraster i absorption mellan olika våglängdsregioner, där det indikerar aktivitet och mängd av absorbenter, såsom pigment. Genom spektral analys med hjälp av en sensor kan således förhållandet mellan vegetationsreflektans och biokemiska beståndsdelar åskådliggöras (Myneni et al. 1995). Indexen baseras på band inom specifika våglängder och av matematiska kombinationer rörande dessa (Heege 2013). De aktiva sensorerna fungerar i princip likadant som de passiva, men har istället en egen ljuskälla och är därmed inte beroende av solljus (Muñoz-Huerta et al. 2013).

Det finns en rad sensorer ute på marknaden, antingen passiva eller aktiva, framtagna av olika företag. Sensorerna från de olika företagen kan skilja sig åt till exempel rörande våglängdsräckvidd, indexberäkning samt olika bra effektivitet (Muñoz-Huerta et al. 2013). Sensorerna kan appliceras på traktorer och har till fördel en tidsmässig precision eftersom de kan användas direkt när insatserna ska ske. Moln eller liknande hindrar inte avkänning. Nackdelen med att mäta reflektion av vegetation är att det finns krav på grön täckning av fälten. Kal mark, fläckar eller liknande kan felaktigt kännas av som otillräckligt med N och därför ge fel appliceringsrekommendationer. Emellertid kan den felaktiga avkänningen förbigås beroende på vilket index som används (Heege 2013).

Yara N-sensor

En av sensorerna ute på marknaden för N-statusmätning är Yara N-sensor. N-sensorn är framtagna av företaget Yara. Yara är ett norskt företag, med verksamhet inom bland annat produktion av kvävebaserade mineralgödselmedel, industriprodukter samt skapandet av verktyg för precisionsodling (Yara u.å.b; Yara u.å.d). Yara N-sensor mäter ljusreflektans mellan 450 nm och 900 nm (Muñoz-Huerta et al. 2013). Våglängder som står i relation med klorofyllinnehåll i gröda och biomassan. I sensorn kommer N-upptaget visas med hjälp av ett SN-värde som

sedan påvisar kilogram kväve per hektar (kg N/ha) i ovanjordisk vegetation. Yara N-sensor är framtagen för möjliggörandet av precisionsgödsling, det vill säga anpassad N-giva till grödans varierade N-status (Yara u.å.c).

2.3.3 Satellitfjärranalys och satellitbilder

Satellitfjärranalys är ett sätt att övervaka marktäckning/-användning och landskapsförändring, något som kan nyttjas till jordbruket. Satelliterna kan ta fram multispektral optisk data med olika upplösningar där data levereras i form av spektrala band, våglängdsintervall (Phiri et al. 2020). Satellitfjärranalys kan därmed användas för att mäta strålning som reflekteras från vegetation. Specifika våglängder väljs ut men nära infrarött ljus och rött ljus är de som har konstaterats fungera bäst för bedömning av vegetation (Myneni et al. 1995). Kväve har två effekter på reflektion från vegetation. Kväve ökar klorofyllkoncentrationen i bladen men har också en effekt på tillväxt hos bladen vilket resulterar i en ökad bladarea hos grödan. En ökad klorofyllkoncentration kommer medföra en minskad reflektion i det synliga spektrumet av ljus eftersom absorptionen ökar. En större bladarea ger som följd en större reflektion, eftersom kal mark täcks. Den större reflektionen kommer däremot enbart spela en större roll i det närainfraröda spektrumet, då ljus med de våglängder inte absorberas av pigment. Efter N-tillförsel skapas därmed ett motsatt förhållanden i reflektans hos det synliga och det närainfraröda spektrumet (Heege 2013). Den spektrala reflektans som mäts omvandlas sedan till olika index. Exempel på index, en bland många, är "Normalised Difference Vegetation Index" (NDVI). NDVI kan härledas från reflektionsförhållandet mellan rött (RED) och nära infrarött (NIR) ljus, $NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$, där NIR och RED är mängden rött och nära rött ljus som reflekteras av vegetationen och uppfångas av sensorn. Indexen kan utgöra grund för de olika pixlar som tas fram på en satellitbildskarta och möjliggör visualisering av data (Myneni et al. 1995). Satellitanalys ger en mycket bra tidsmässig upplösning, eftersom information från ett fält kan erhållas varje dag till varannan dag. En begränsande faktor är dock hindrandet av strålning vid mulet väder. Moln hindrar avkänning av reflektans vilket gör att det inte alltid går att tillgå information om N-status och den tidsmässiga precisionen för fjärranalys är därför inte så hög (Heege 2013).

Vultus

Vultus är ett företag från Lund som jobbar med framtagandet av satellitbilder. På Vultus används framförallt data från NASA och Europeiska rymdorganisationen (ESA) (Vultus 2020). ESA har tillsammans med Europeiska Unionen (EU) producerat satelliter. Tillsammans skapade de Sentinel-2-satelliter, andra upplagan av Sentinel-satelliten, som är utrustad med multispektrala sensorer och möjliggör därmed övervakning av jordens yta. Sentinel-2 inbegriper 13 spektrala band i sin registrering och har en rumslig upplösning på 10*10 meter. Förutom den rumsliga

högupplösningen har Sentinel-2 en hög tidsupplösning på 5 dagar samt en tillgänglighet av spektrala rödkantsband (Phiri et al. 2020). Vultus använder alltså satellitdata från Sentinel-2, data som sedan med hjälp av en serverlös processpipeline korrigeras, kalibreras och bearbetas till Vultus vegetationsindex, NDVI. Därefter kan kväve modeller tas fram och ge odlare N-rekommendationer på ett fält (Vultus 2020).

2.3.4 Klorofyllmätare

Klorofyllinnehåll i bladen kan mätas med hjälp av en klorofyllmätare. Eftersom innehållet av klorofyll relaterar till N-innehåll i bladet kan mätningen brukas som indikator av N-status i grödan. Förklaringen ligger i att de proteiner, involverade i fotosyntesen, omfattar mer än hälften av allt N i ett blad. En klorofyllmätare fungerar genom att mätytan, med ovan- och nederdel, kläms ihop över en bladyta. Bladytan exponeras för två ljuskällor, rött och infrarött ljus, kommen ovanifrån. Ljuset som filtreras genom bladet till nederdelen av mätklämman fångas upp av sensorer. Kontrasten mellan transmission vid dessa ljusvåglängder ger ett klorofyllinnehåll för vardera bladarean (Demotes-Mainard et al. 2008). En klorofyllmätare detekterar alltså istället för reflektans, strålning som reflekteras tillbaka, fluorescerande ljus (Heege, 2013). Klorofyllmätaren mäter ett blads transmittans vid två våglängder, rött ljus (650 nm) och infrarött ljus (940 nm) (Uddling et al. 2007). En stor del av det röda ljuset återabsorberas av klorofyll. Klorofyllkoncentration är därmed avgörande. Våglängden för det infraröda ljuset avtar knappt eftersom det ligger utanför absorptionsområdet. Förhållandet mellan dessa toppar kan därför relateras till klorofyllkoncentrationen. Klorofyll kan sedan relateras till N, eftersom N antas öka klorofyllkoncentrationen vilket medför en reduktion av fluorescensförhållandet (Heege 2013). Mätning av fluorescerande ljus har påvisats vara mindre fördelaktig vid höga kvävegivor då mätaren inte reagerar på lyxkonsumtion (Ekelöf & Råberg 2011).

Yara N-tester

Yara N-tester är en klorofyllmätare framtagen av företaget Yara. Yara N-tester fungerar liknande som ovan beskrivning. En lysdiod sänder ljus genom ett blad som fångas upp av en fotocell. På så sätt mäts ljusabsorptionen. En hög absorption av bladet indikerar på ett högt innehåll av klorofyll, ett indirekt mått på N-innehållet. Klorofyllhalten mäts på 30 blad. Medelvärde från dessa visas efter sista mätning av det trettionde bladet, ett N-testervärde. Värdet kan sedan omvandlas till rekommenderad N-giva (Yara 2017).

2.4 Precisionsodling

Precisionsodling kan förklaras som platsanpassad odling, det vill säga anpassandet av insatser efter variation, i tid och rum, inom ett fält. Variationerna kan exempelvis involvera jordart och växtnäringsinnehåll (Gustafsson et al. 2015). Precisionsodling har kunnat möjliggöras på grund av den forskning och de framsteg som gjorts inom teknik gällande positionssystem, variabel hastighet, skördeövervakning samt jordprovtagning. När sedan ytterligare teknologi inom fjärranalys, sensorer samt global positioneringssystem och geografiska informationssystem framkom blev det ett ytterligare uppsving (Yang 2018). Användningsområdena för precisionsodling har blivit många och inkluderar till exempel gödsling, bevattning, besprutning, jordbearbetning, mekanisk ogräsbekämpning, utsädesmängd, sådjup med flera (Gustafsson et al. 2015). Genom att styra sina insatser beroende på de lokala förutsättningarna inom fält är målet med precisionsodling att förbättra resursanvändning, miljöpåverkan, ekonomi i odling samt skördekvantitet (Lundström et al. 2001).

2.4.1 Precisionsgödsling – kväve

Precisionsgödsling innebär att spridning av gödsel fördelas ut på ett fält för att optimera givan till växtnäringsförhållandet. Inom ett fält kan växtnäringsförhållandet variera på grund av exempelvis jordtyp, skördepotential, väderförhållanden samt vilket gödsel som valts att användas (Chen et al. 2014; Lundström et al. 2001). För exempelvis skördepotential, kan en högre skördepotential på en del av fältet jämfört med en annan del, innebära en större bortförsl av näring. På delen med hög skördepotential finns det därmed ett större behov av till exempel N-tillförsel (Lundström et al. 2001).

Precisionsgödsling beskrivs i artikeln av Lu et al. (2022) inbegripa de tre teknikmetoderna fältinformationsinsamling, informationshantering och beslutsfattande, och utförandesystem. Det första steget är fältinformationsinsamling, där till exempel GPS-övervakning, olika sensorer samt fjärranalys kan inkluderas. Information samlas in gällande grödors biologiska parametrar, tillväxtförhållanden och liknande. Informationen från fältet involverar plats, växttillväxt, omgivande miljö, skördedata och markförhållanden. Därefter tar system inom informationshantering och beslutsfattandet över. Systemen sammanställer och analyserar insamlad information för att vidare kunna ta beslut grundade på informationen. I detta steg används datorer för att hantera de stora mängderna växtodlingsdata. Det sista steget, utförandet, är en viktig del inom precisionsgödsling, där teknologier inom variabel gödseltillförsel ingår. Gödslingsutrustning med variabel hastighet kan ge och ska ge hög gödslingsnoggrannhet. Tillsammans utgör dessa tre system grundpelarna inom

precisionsgödsling och möjliggör i slutändan en anpassad gödslingstillförsel (Lu et al. 2022).

Variabel N-giva kan leda till många fördelar. De potentiella fördelarna beskrivs vara bland annat förbättrad resursanvändning, förbättrad skörd, förbättrad miljöpåverkad med reducerade effekter av miljöföroreningar, förbättrad kväveanvändningseffektivitet, bättre grödkvalité samt minskad kostnad för gödslingsmedel. Förbättrad miljöpåverkan handlar om reduktion av näringsläckage till grund- och ytvatten. Nitrat är ett lättlösligt ämne och binds inte upp av jordpartiklar, vilket därmed ger en större risk för läckage. Risken blir dessutom större på lätta jordar med grövre textur, som sandjordar, medan lerjordar reducerar det potentiella läckaget (Heege 2013). Förbättrad skördekvallité handlar om att optimerad giva exempelvis kan minska risk för liggsäd, grönskott och lägre falltal (Lundström et al. 2001). Variabel giva bjuder på många fördelar, men det finns fortfarande en stor utvecklingspotential. Ny teknik kan förbättra och behövs för att utveckla de brister som finns. De olika sensorerna som används för insamlande av platsspecifik information tar inte hänsyn till alla faktorer som påverkar till exempel N-behovet. Exempelvis behövs utvecklingsstadium, sort, vattenstatus, markens egenskaper, effekt av förfrukt och gödsel samt gödselpriset tas i beaktning för att en felfri bedömning ska kunna ske, detta tillsammans med odlarnas egna erfarenheter (Heege 2013).

2.4.2 Precisionsgödsling i potatis och några tidigare studier

I en studie från Kanada av Simard et al. (1998) gällande precisionsgödsling utfördes ett projekt för att utreda ekonomiska- och agronomeffekter av variabel giva hos potatis. Ett fält delades upp i remsor med tre behandlingar med fyra upprepningar. De tre behandlingarna bestod av en variabel giva, en konstant giva och en kontroll utan någon tillförsel av gödsel. I studien innefattades dock inte variabel giva i form av N utan involverade fosfor (P), kalium (K) och kalk. Det sågs dock att på fältet, med inomfältvariation, resulterade en variabel giva till ekonomiska fördelar. Besparingar gjordes av gödselmedel. Trots att det inte sågs dock någon skillnad på knölskörd mellan variabel giva och konstant giva första året, där dock båda var större än kontrollen, visade studien att den variabla givan gav ett bättre utbyte och ett jämnare fält avseende marknäringsvärden i marken. Andra året kunde variabel giva påvisas ge lika eller större knölskörd än vid konstant giva av de olika näringsämnen (Simard et al. 1998). Potatis har en hög efterfrågan på K och K-gödsling (inte alltför stora givor) har setts ge större knölskörd och stärkelseproduktion (Zhang et al. 2018), vilket kan motivera en variabel giva av K. Liknande försök gällande platsspecifik K-giva har utförts av Hushållningssällskapet i Halland. Fältförsök utfördes med precisionsspridning hos potatisodlare i södra Halland. Spridning berörde dock variabel giva hos matpotatis.

Motiveringen till att fokusera på K i deras fältförsök, är näringsämnets stora effekt på matpotatis. Kalium påverkar både storlek på skörd och kvalitén på potatisen där speciellt kokkvalitén är kopplad till optimal K-gödsling. Platsspecifik K-gödsling verkställdes utifrån en markkarta och dess K-AL-värden. Resultat av försöken visade på en jämnare, hög kvalitet och intäkterna för odlarna ökade med upp emot 15 % (Lindholm et al. 2012). Gällande fosfor har potatis en relativ hög efterfrågan och har dessutom en dålig absorptionsförmåga att ta upp markfosfor. Fosfor behövs till exempel för att optimera knölskörd och främjar fler bildade knölar, snabbare blastutveckling och har påvisat vara kopplad till stärkelsesyntes (Rosen et al. 2014). I Delin (2005) beskrivs K- och P-gödslingsbehovet att inte variera så mycket mellan säsonger, vilket gör att gödsling kan styras efter mark- och skördekartor, något som också gjordes i studien av Simard et al. (1998) samt i fältförsöken av Hushållningsällskapet Halland (Lindholm et al. 2012). För till exempel N är det mer vanligt att följa näringsstatus i grödan för att optimera gödsling. I studien av Delin (2005) undersöktes hur gödslingsbehov, växttillgängligt markkväve, och potentiell skörd relaterade till varandra och markegenskaper inom ett fält i Sverige, där höstvetete och vårkorn odlades. Studien visade på att växttillgängligt mark-N och mineraliserat N varierar mycket både inom fält och mellan säsonger (Delin 2005). Variabel giva för N bör således vara motiverad i potatis, därtill på grund av kvävet stora skördepåverkan (Yara, u.å.a). För precisionsgödsling av N hos potatis finns inte så många studier utförda (Cambouris et al. 2014), fler studier finns däremot för höstvetete. I en studie av Argento et al. (2021) undersöktes inomfältvariation på fyra små fält (2 hektar) i Schweiz. Data erhöles från en obemannad flygfarkost. Studien undersökte även hur dessa data kunde påverka variabel N-giva i höstvetete. Multispektrala bilder tillsammans med jordprov på tillgängligt mark-N stod som grund för att få fram fältens grad av heterogenitet. Studien utfördes under två säsonger med ett blockdesigns försök med uniform giva och variabel giva som behandlingar, noll- och maxrutor inkluderades som referens. Resultatet visade på att N-applivering minskade med 5-40 % vid variabel giva utan att minska skörd jämfört med uniform giva (Argento et al. 2021). Något som stöds av resultat från en liknande studie utförd i Grekland av Stamatiadis et al. (2018) (Stamatiadis et al. 2018). Även minskad risk för N-läckage och ökad kväveanvändningseffektivitet påvisades i studien av Argento et al. (2021).

I en studie av Zebarth et al. (2003), undersökande N-sensors lämplighet för N-status mätningar hos potatis i Kanada, tas det upp att lämpliga metoder för mätning av rumslig variation inom fält behövs för möjliggörandet av precisionsgödsling hos potatis. Bladskafsanalys anses inte som en lämplig metod för att få fram fördelning av potatisens N-status för variabel giva. I studien undersöktes N-sensorn som metod, detta genom att jämföra N-sensornvärden (rekommenderade N-värde för gödselmedel) med skördeparametrar på fält med olika kvävebehandlingsrensor.

Andra metoder som klorofyllmätare och bladskafsanalys stod som kalibrering. Resultatet i studien visade på att N-sensorn verkar vara en lämplig metod för att få fram rumslig variation hos potatis och var generellt jämförbar med bladskafsanalysen. Dock avslutar Zebarth et al. (2003) med att N-gödslingsrekommendationer för uppmätt N-status behöver kalibreras och finjusteras (Zebarth et al. 2003). Att hitta lämplig sensorteknik för potatis utgör alltså en utmaning för tillämpning av precisionsgödsling hos potatis, vilket även framkommer i andra studier. Fernandes et al. (2021) studerade klorofyllmätarens detektering av N-status i potatis i ett treårigt försök i Brasilien. Studien inbegrep fem olika behandlingar; en referens behandling, där N inte blev en begränsande faktor med N-giva vid sättnings och 10, 30 och 45 dagar efter uppkomst; en konventionell behandling, med giva vid sättnings och 10 dagar efter uppkomst; två behandlingar baserat på klorofyllmätarens detektering med olika gränsvärden där N-giva gavs vid sättnings och sedan när gränsvärdena understegs; och en kontroll utan N-gödsling. På detta sätt kunde klorofyllmätarens N-status detektering bedömas. N-applicerings lyckades reduceras i de behandlingar där klorofyllmätaren användes och resulterade bland annat i jämförbar knölskörd i jämförelse med den konventionella N-gödslingen. Detta dock under gynnsamma förhållande för potatisproduktionen. Vid sämre omständigheter, som ogynnsam temperatur, solinstrålning och mer intensivt regn anvisade klorofyllmätaren fel (Fernandes et al. 2021). En annan utmaning kunde påvisas i studien av Gómez et al. (2019) utförd i Colombia. En aktiv fjärrsensor som använder sig av NDVI-index, undersöktes och dess korrelation till skörd, nitratkoncentration samt kaliumkoncentration i bladskafssaft från två potatissorter vid olika N-behandlingar. Korrelation kunde påvisas med kaliumkoncentration och skörd i båda sorterna, medan korrelation för nitrat bara hittades för den ena sorten. Det konstaterades alltså att en metod kan fungera för en sort medan den inte fungerar för en annan och beskrivs bero på genetisk variation av N-svar från potatissorter (Gómez et al. 2019). Numera finns tekniken för precisionsgödsling och variabel N-giva men för tillämpning inom potatis behövs kalibrering och justering av metoderna för N-bedömning och gödslingsrekommendationer (Cambouris et al. 2014). Antalet studier som undersöker metoder för N-bedömning hos just potatis är få medan antalet är betydligt större hos en gröda som exempelvis höstvetete.

Metod

Det här arbetet består av en litteraturgenomgång samt två experimentella delar. Den ena delen rör fältförsök och den andra rör studier av inomfältvariationer på fem potatisfält ute hos fem olika potatisodlare. Fältförsök samt -studie är utförda i samarbete med Lyckeby. Mätmetoderna inbegripna är Yara N-sensor, Yara N-tester, bladskafsanalys och två index från Vultus satellitdata. Samarbete med företaget Yara har skett, där Yara tillhandahållit utrustning i form av N-sensor och N-tester. Det har även skett ett samarbete med företaget Vultus som tillhandahållit satellitdata från fältförsöket och de fem potatisfälten.

3.1 Fältförsök

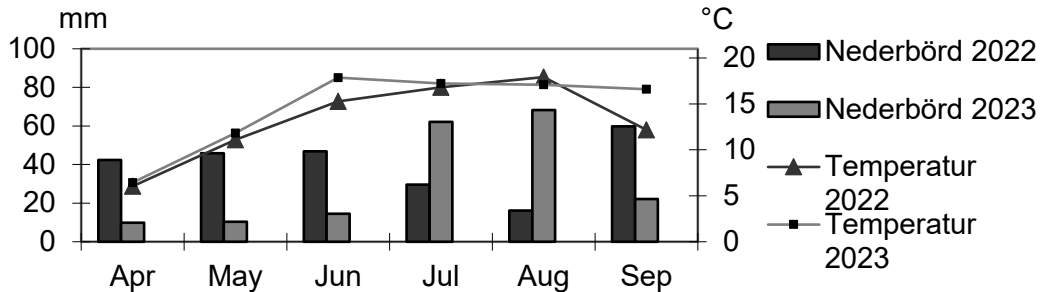
Fältförsöket beställdes av Lyckeby med Hushållningssällskapet Skåne (HS), på Hellegården, som försöksutförare. Hushållningssällskapet är de som placerat ut försöket enligt anvisningar från Lyckeby. HS utförde även de insatser som krävts som till exempel sättnings, besprutning, gödsling och skörd. Mätningar i försöket är tilldelat Lyckeby. Fältförsöket hade sin start 2021. År 2021 utfördes försök med liknande utformning på två platser placerat på Hellegården och Önnestad. Året efter utfördes försöket enbart på Hellegården. Tredje och sista året, 2023, befann sig försöket i närheten av Gärds Köpinge. Försöket har gällande uppbyggnad haft några modifieringar/förfiningar på vägen. Första året togs ingen skörd och inga skördeparametrar fanns därför med i analys. Både 2022 och 2023 togs det skörd. Även modifieringar rörande led har gjorts, det vill säga de kvävebehandlingar som använts för respektive år. År 2022, lades ett led till, utöver 100, 150, 200, 250 kg N som behandlingar tillkom även 0 kg N som led. Inför 2023:s sommar togs 250 kg N ledet bort och ersattes istället av en 50 kg N behandling (tabell 1). Det här mastersarbetet kommer inkludera analys från 2022 och 2023, där Lyckeby själva genomförde mätningar för 2022 medan uppsatsskrivande utförde mätningar 2023.

Tabell 1. Översikt på de modifieringar som skett mellan åren gällande led/kvävebehandlingar.

Led (kg N)	Plan 2021	Plan 2022	Plan 2023
0		1	1
50	1		2
100	2	2	3
150	3	3	4
200	4	4	5
250	5	5	

Väderdata från de båda åren (figur 4) visar på en större nederbörd vid vår/försommar 2022 jämfört med 2023 med mer torka. Under sommarmånaderna

juli och augusti kom det däremot betydligt mer regn 2023 än 2022. Temperaturen är lika åren emellan, något högre för 2023 i juni och julimånad samt en del högre i september.



Figur 4. Väderdata (nederbörd och temperatur) för 2022 och 2023. Väderdata är tagen från Lantmet och närmaste väderstation; 2022 – väderstation Helgegården, 2023 – väderstation Åhus-Ripa (Lantmet, 2022; Lantmet 2023).

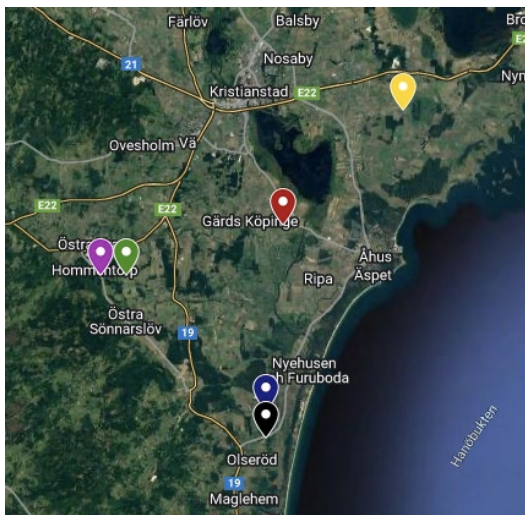
Datum för mättillfällena för respektive år och hur många dagar efter uppkomst (deu) och sättnings (des) det innebar presenteras i tabell 2. Fortsatt metodbeskrivning kommer enbart röra 2023:s försök och försöksutformning (en utformning som generellt ska vara lik föregående år, 2022, frånsett de modifieringar som gjorts).

Tabell 2. Översikt på datum för mättillfällena för 2022 och 2023 och hur många dagar efter uppkomst samt dagar efter sättnings som gått vid varje tillfälle. Fullständig uppkomst graderades 2022 till den 25/5 och den 1/6 för 2023. Sättnings för 2022 utfördes den 26/4 och den 9/5 2023.

Mättillfälle (2022)	Dagar efter uppkomst (deu) (2022)	Dagar efter sättnings (des) (2022)	Mättillfälle (2023)	Dagar efter uppkomst (deu) (2023)	Dagar efter sättnings (des) (2023)
1 - 15 juni	21	50	1 - 15 juni	14	37
2 - 21 juni	27	56	2 - 19 juni	18	41
3 - 29 juni	35	64	3 - 26 juni	26	48
4 - 7 juli	43	72	4 - 3 juli	33	55
5 - 14 juli	50	79	5 - 11 juli	41	63
6 - 21 juli	57	86	6 - 17 juli	47	69
7 - 29 juli	65	94	7 - 20 juli	50	72
8 - 3 augusti	70	99	8 - 31 juli	61	83

3.1.1 Placering

Fältförsöket befann sig på ett fält i närheten av Gärds Köpinge (figur 5).



Figur 5. Översiktbild på fältforsök och fältstudiens potatisfält gentemot Kristianstad. Markering: Fältforsök – röd; Fält A – lila; Fält B – grön; Fält C – svart; Fält D – blå; Fält E – gul.

3.1.2 Utformning av försök

Fältforsöket bestod av 15 rutor i tre längsgående block (figur 6). Rutorna höll en yta på 12*12 m med 16 rader i varje. Blocken innehöll fem led med tre upprepningar med de olika kvävebehandlingar, 0, 50, 100, 150, 200 kg N (tabell 3) I varje block var varje led utplacerat i randomiserad ordning.



	Ruta 1	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 3	Ruta 2
Block I	1	4	5	3	2
Block II	5	2	1	4	3
Block III	4	1	3	2	5
	Ruta 11				Ruta 15

Figur 6. (A) Bild (till vänster) på fältforsöket 2023. Den röda markeringen är placerad i det yttersta hörnet av ruta 1. Bilden är tagen med drönare av Frederick Falck (sommarjobbare på Lyckeby) den 2023-06-15. (B) Bild (till höger) tagen från försöksplan som visar led- och rutfördelningen i fält. Den röda markeringen är placerad i det yttersta hörnet av ruta 1.

3.1.3 Insatser

Sättning utfördes av HS den 9/5 och fullständig uppkomst graderades till den 1/6. Potatissorten som sattes var Kuras där sätstavståndet höll 45 cm och ett radavstånd på 75 cm användes. Potatisen som användes var obetad.

De olika leden gödslades vid sättnig med både N, P och K (tabell 3). Innan sättnig, 20/4, lades Axan som N-gödselmedel. Olika mängder lades för de olika leden (tabell 3). K- och P-gödsling lades också i anslutning till sättnig där K25 Patent Kali respektive Superfosfat P20 användes. Samma mängd lades för respektive led (tabell 3) med målet att uppnå 234 kg K och 65 kg P.

Utöver gödsling av NPK utfördes dessutom bladgödsling med Mangan 235 vid ett antal tillfällen under juni och julimånad. Bevattning skedde med vattenkanon, med en giva på 20 mm/hektar vid varje tillfälle. Ogräs-, insekts- samt svampbekämpning verkställdes också vid ett antal tillfälle under växtsäsong. Skörd utfördes av HS rutvis den 3/11 samtidigt som ett uttag av potatis togs för stärkelseanalys. Skördeytan var 12 m * 1,5 m.

Tabell 3. Sammanställning på den N-,P-,K-gödsling som skett i de fem leden.

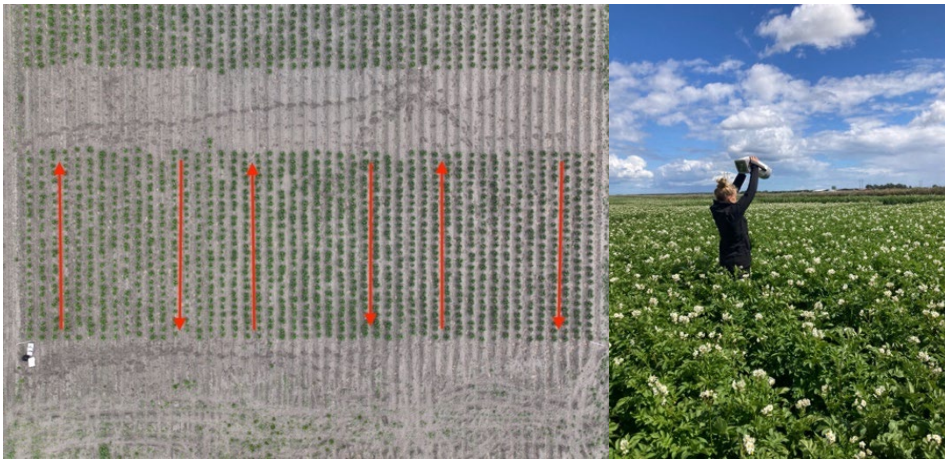
Led	Rutor i led	Kg N	Kg vara (Axan, vid sättnig)	K25 (vid sättnig)	P20 (vid sättnig)
1	1, 8, 12	0 kg	0 kg	936 kg	325 kg
2	5, 7, 14	50 kg	185 kg	936 kg	325 kg
3	4, 10, 13	100 kg	370 kg	936 kg	325 kg
4	2, 9, 11	150 kg	556 kg	936 kg	325 kg
5	3, 6, 15	200 kg	741 kg	936 kg	325 kg

3.1.4 Utförande

Innan start av N-statusmätning i försök utfördes en GPS-mätning, den 9/6, i försöket. Anledningen till GPS-mätning var uppmätandet av mittpunkt för vardera ruta. Mittpunkten skulle därefter användas som information för att ta fram satellitdata rutvist. Med hjälp av en GPS-mätare kunde mittpunkten tas ut för de 12 m*12 m stora rutorna. Mätningar i försöket utfördes därefter åtta gånger under sommaren, med cirka en veckas mellanrum. Datumen som mätningarna skedde på var: 15/6, 19/6, 26/6, 3/7, 11/7, 17/7, 20/7 samt 31/7 och kan också ses i tabell 2. För de flesta mättillfällen skedde mätning på morgon, enbart 26/6 och 20/7 gjordes på eftermiddagen precis efter middagstid. Arbetsgången för varje tillfälle såg ungefär ut såhär:

1) Utvecklingsstadiet bedömdes med hjälp av Jordbruksverkets lathund för utvecklingsstadier hos potatis (Jordbruksverket u.å.). Det högst utvecklade skottet bedömdes och befann sig majoriteten av plantorna på hela fältet (alla rutor inkluderade) i liknande stadie var det, det som sattes.

2) Yara N-sensor mätning: Utvecklingsstadium för plantorna ställdes in på sensorn innan mätning utfördes. N-sensorn var förinställd på en trial plan där respektive ruta med behandling fanns med. Därför var det bara att välja ruta och starta mätning i den rutan. För att undvika eventuella kanteffekter mättes det både tre rader in från vardera yttersida och mätningen startades och stoppades nån meter in från vardera innersida (figur 7). Två mätningar genomfördes därav för vardera ruta med en mätsträcka på cirka 10 meter i två olika riktningar. N-sensor sträcktes upp ovanför huvudet (figur 7) och riktades in mot mittenraderna, samtidigt som en förflyttning gjordes sidled. Pekskärmen hölls 90 grader i förhållande till markytan under hela mätsträckan.



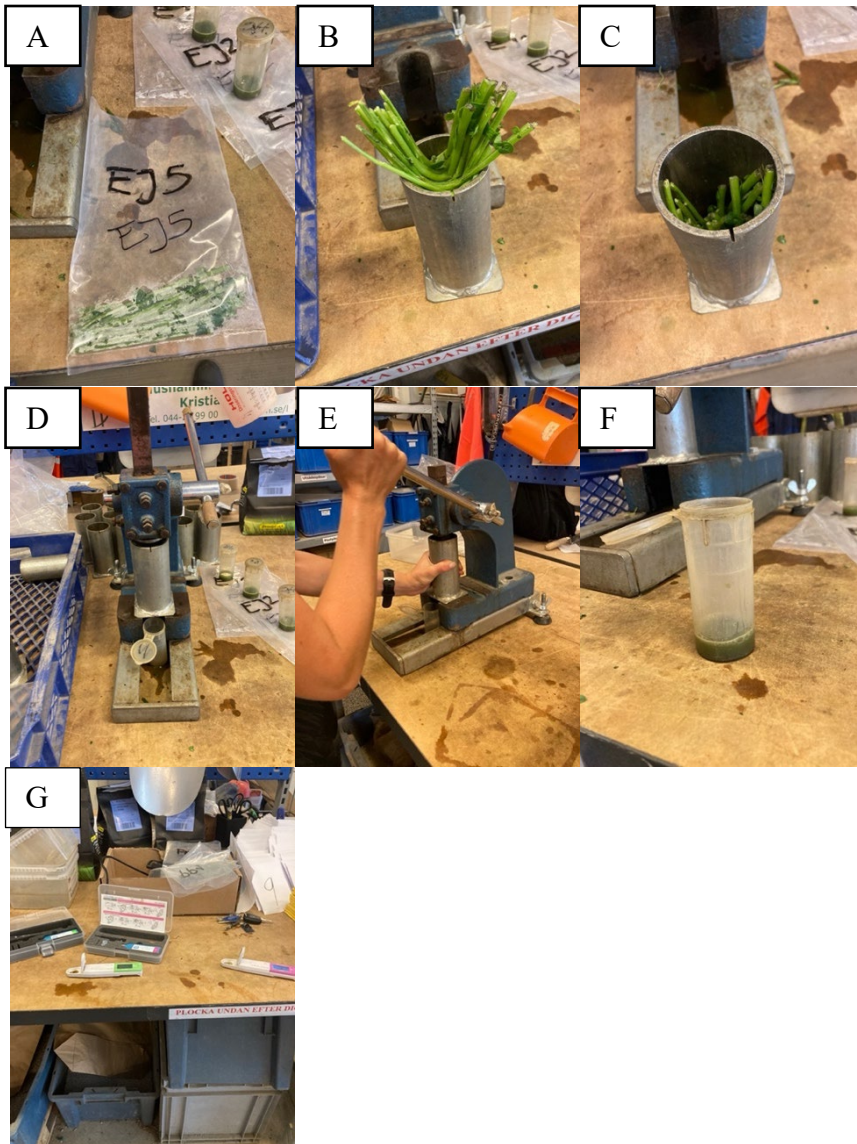
Figur 7. (A) Schematisk bild (till höger) på hur mätning med N-sensor genomfördes i fältförsök. (B) Bild (till vänster) tagen på N-sensormätning.

3) Yara N-tester mätning: Cirka 25-30 småblad, fjärde från toppen, plockades (för senare bladskafsanalys). Innan bladen på småbladet togs bort utfördes en mätning med N-testern. För varje ruta prov togs 30 blad, randomiserat utvalda (figur 8).



Figur 8. (A) (B) N-tester mätning. (Uppmärksamma att bilderna är tagna för demonstration och sker här direkt på plantan istället för på ett plockat blad).

4) Bladskafsanalys: Cirka 25-30 småblad, fjärde från toppen, plockades. Stjälken som blev klar lades i nummernmärkta påsar, 1-15 (figur 9A) för senare analys. Vid bladskafsanalysen läggs bladstjälkarna i en metallbehållare (figur 9B-D) och pressas därefter med hjälp av en press (figur 9E) för att få ut bladstjälkssaften (figur 9F). Saften som fås ut hålls sedan i en nitratmätare för att få ut ett nitratvärde i ppm (även en kaliummätare användes för att få fram ett kaliumvärde, men är inget som analyserades) (figur 9G). Hela proceduren repeterades för vardera ruta (15 gånger).



Figur 9. (A) En bild på plockade bladstjälkar i nummernmärkt påse (bilden är tagen vid bladskafsanalys för potatisfältstudierna, vilket förklarar märkningen). (B) (C) (D) Bilder på proceduren när bladstjälkar läggs i en metallbehållare för senare pressning. (E) Pressning av bladstjälkar. (F) Bladskafssaft. (G) Nitrat- och kaliummätare.

3.1.5 Analys

För analys av all data från fältförsöket har Excel och statistikprogrammet MiniTab använts för exempelvis skapandet av grafer, regressionsanalys, korrelationsanalys med mera. I analysen för fältförsöket plottades resultaten från alla mätmetoder, från 2022 och 2023 mot N-gödslingsnivåerna i en graf, en sorts översikt. Detta för att visualisera N-gödslingsnivåernas effekt på mätvärdena och om och vid vilket mättillfälle de olika mätmetoderna kunde fånga upp någon skillnad. Linjens lutning indikerade mätmetodernas N-statusbedömning där skillnader mellan leden var önskvärt. Om linjen var plan mellan de olika leden innebar det att mätmetoden inte gav rätt utslag på N-statusen i de olika leden. För att kontrollera om ledsskillnaderna som uppvisades var statistiskt signifikanta, utfördes ett Tukey's test, med 95 % konfidensintervall, för varje mättillfälle. Resultatet från testet nämns i löpande text i resultaten men kommer inte presenteras mer än så. För jämförelse mellan de olika metoderna testades korrelation och dess signifikans, med framtagandet av ett r-värde, mellan dem.

Även skörd och stärkelseskörd plottades upp mot N-gödslingsnivåerna och andragsgradsfunktioner anpassades till punkterna. Dessa användes för att bedöma optimal N-giva. Exempel på hur optimumet räknades ut visas nedan (tabell 4). Genom att derivera andragsgradsfunktionerna kunde det fås fram en funktion för lutningen vid olika x-värden. Med hjälp av detta kunde det räknas ut vid vilken N-gödslingsnivå det fås lika mycket betalt för potatisen som merkostnad för gödseln, dvs där lutningen är densamma som priskvoten mellan kvävegödselpriset och stärkelsepriset. Med hjälp av uträknat N-optimum undersöktes det sedan om de olika mätmetoderna kunde ge en fingervisning om hur stort gödslingsbehovet var i potatisen. Därför undersöktes det om det fanns samband mellan mätvärdena och hur mycket gödsel-N som behövdes läggas till i respektive ruta för att uppnå gödslingsoptimum. Detta kunde förväntas i de fall då mätvärdena hade ett samband med gödslingsgivan under optimum. En jämförelse mellan rekommenderad N-giva, baserat på framtagna ekvationer från sambanden mellan bladskafsanlysens mätvärden och gödslingsbehov och Lyckeby's egna rekommendationer (figur 2) genomfördes också.

Tabell 4. Överblick på hur kväveoptimum räknades ut för 2022 och 2023. N-gödselpriset kan variera mellan 10-30 kr/kg N beroende på period men har valts till 13 kr/kg N. Stärkelsepriset är baserat på Lyckeby's utbetalning för potatis. Lyckeby betalar 90 öre/kg potatis som håller en stärkelsehalt på 20 %.

	2022	2023
N-gödselpris	13 kr/kg N	13 kr/kg N
Stärkelsepris	4,5 kr/kg stärkelse	4,5 kr/kg stärkelse
Priskvot mellan kväve och stärkelse	$\frac{13}{4,5} = 2,9$	$\frac{13}{4,5} = 2,9$
Trendlinjes andragradsfunktion	$y = -0,0784x^2 + 36,423x + 9489,3$	$y = -0,1516x^2 + 36,192x + 10351$
Deriverad andragradsfunktion	$y' = -0,157x + 36,423$	$y' = -0,3032x + 36,192$
Kväveoptimum	$2,9 = -0,154x + 36,423 \rightarrow x = 218$ kg N/ha	$2,9 = -0,3032x + 36,192 \rightarrow x = 110$ kg N/ha

3.2 Potatisfältstudie

Potatisfältstudien utfördes på stärkelsepotatisfält hos fem potatisodlare i Kristianstadstrakten (figur 5). Insatser är gjorda av potatisodlarna själva medan mätningar gjordes av uppsatsskrivande. Översikt på datum för mättillfällen och hur många dagar efter uppkomst och sättnings det innebar för respektive fält visas i tabell 5.

Tabell 5. En översikt på datum för mättillfällena och hur många dagar efter uppkomst samt dagar efter sättnings som gått vid varje tillfälle för varje fält i potatisfältstudien.

Mättillfälle	Fullständig uppkomst (fält A-E)	Sättningsdag	Dagar efter uppkomst, mättillfälle 1 (Fält A-E)	Dagar efter sättnings, mättillfälle 1 (Fält A-E)	Dagar efter uppkomst, mättillfälle 2 (Fält A-E)	Dagar efter sättnings, mättillfälle 2 (Fält A-E)	Dagar efter uppkomst, mättillfälle 3 (Fält A-E)	Dagar efter sättnings, mättillfälle 3 (Fält A-E)
1 - 28 juni	A - 1 juni	A - 28 april	27	61	39	73	49	83
2 - 10 juli	B - 9 juni	B - 20 maj	19	39	31	51	41	61
3 - 20 juli	C - 15 maj	C - 25 april	44	64	56	76	66	86
	D - 1 juni	D - 27 april	27	62	39	74	49	84
	E - 9 juni	E - 9 maj	19	50	31	72	41	82

3.2.1 Utformning av fältstudier

Odlarna tillfrågades i början av sommaren per telefon om de kunde tänka sig att "låna ut" något av deras potatisfält. Kontaktuppgifter erhöles från Lyckeby. Information om dessa fält och de insatser som hade skett samlades in antingen via telefonintervju eller mailkontakt. När fälten sedan var valda, valdes totalt fem mätpunkter ut på vardera fält. Valet baserades framförallt på satellitbilder från de föregående åren 2021 och 2022 tagna från CropSat (DataVäxt 2023). På tre utav fälten användes dessutom satellitbilder från Vultus. Beroende på vilken gröda som växte på fälten respektive år, valdes bilder från lämpliga datumperioder ut på vardera fält. Detta beroende på var i utvecklingen grödan antogs att vara i och på så sätt mer stämma in gällande vegetationsindex. De fem punkterna placerades ut beroende på variation som sågs i de gamla satellitbilderna med målsättningen att det valdes både höga, mellanstora och låga indexvärden. Utöver det så baserades valet dessutom på tillgänglighet från parkering, hänsyn till förfrukt samt fältets riktiga utseende på plats. Innan val av punkter kontrollerades fälten på plats för både parkeringsmöjligheter och fältutseende. Därmed kunde olämpliga områden sällas bort. Dessutom kom vissa av odlarna själva med direktiv om hur sättnings på deras fält hade utförts. Detta kunde medföra att vissa områden fick väljas bort för att samma potatissort skulle gälla på hela fältet. Med hjälp från Vultus kunde punkternas koordinater sedan erhållas.

3.2.2 Fält A

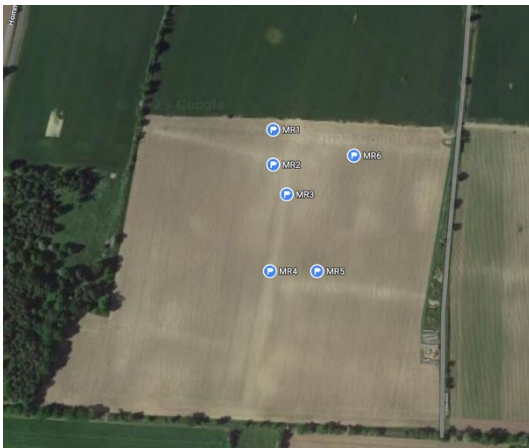
Fält A:s ungefärliga placering kan ses i figur 5 (se sida 35), lila markering medan utvalda mätpunkter kan ses i figur 11. Fältet var på 10 hektar och hade odlats med stärkelsepotatissorten Saprodi. Potatisen sattes med ett sätstavstånd på 35 cm och ett radavstånd på 82,5 cm. Gröda året innan, 2022, var sockerbetor. Bevattnings utfördes på fältet. Första gödsling utfördes vid sättnings med en giva på 30 ton/hektar organisk gödsel med ett innehåll av N på ungefär 150 kg/hektar. Den organiska gödseln var en blandning av fruktsaft och biogödsel. Några timmar innan spridning blandades det även i säckar med ammoniumsulfat från SSAB. Vid sättnings spreds även 400 kg/hektar ProMagna 11-5-18. Kompletteringsgiva utfördes den 11/7 med 200 kg/hektar Axan 27-4.



Figur 10. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält A.

3.2.3 Fält B

Fält B:s ungefärliga placering kan ses i figur 5 (se sida 35), grön markering medan utvalda mätpunkter kan ses i figur 11. På fält B tillkom en punkt efter det första mättillfället. För både den andra och tredje mätningen mättes det på sex punkter. Orsaken berodde på osäkerhet kring punkt 1:s, MR1, placering, där det förmodas hamnat på en del av fältet med annan potatissort än Allstar som odlades på resterande punkter. Fältet var på totalt 15,9 hektar men delen det är mätt i, med Allstar som sort, var på 8,7 hektar. Potatisen sattes med ett radavstånd på 75 cm. Gröda året innan, 2022, var sockerbeter och 2021 odlades det höstvetete. Bevattning utfördes på fältet. Gödsling innan sättnig skedde den 12/5 med 530 kg/hektar KMG, den 13/5 med 170 kg/hektar MAP och den 16/5 med 419 kg/hektar Achema N27-4. Den 19/5, dagen innan sättnig, spreds 20 ton/hektar svinflyt. Kompletteringsgödsling skedde den 9/7 med 100 kg/hektar OCI N27.



Figur 11. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält B.

3.2.4 Fält C

Fält C:s ungefärliga placering kan ses i figur 5 (se sida 35), svart markering medan utvalda mätpunkter kan ses i figur 12. Fältet var på 5,5 hektar odlat med

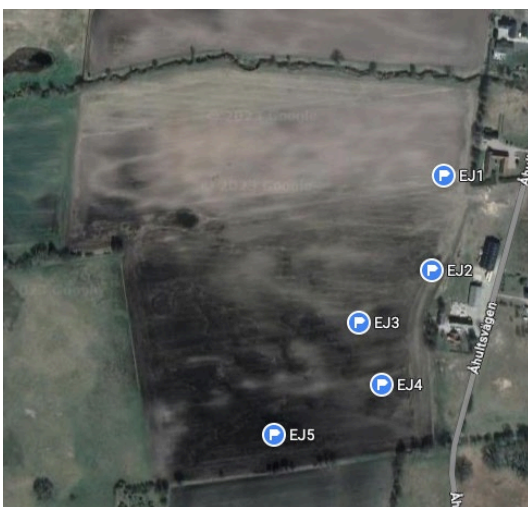
stärkelsepotatissorten Allstar. Potatisen sattes med ett radavstånd på 75 cm. Gröda året innan, 2022, var sockerbetor. Bevattning skedde på fältet med vattenkanon. Gödsling innan sättning bestod av 6 ton/hektar hönsgödsel, 15 ton/hektar djupströ nätgödsel, 350 kg/hektar NS 27-4 och 2 ton/ha Lyckeby Grow. En kompletteringsgiva på 250 kg/hektar N 34 gavs den 12/7.



Figur 12. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält C.

3.2.5 Fält D

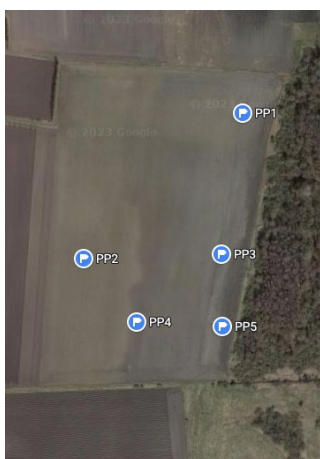
Fält D:s ungefärliga placering kan ses i figur 5 (se sida 35), blå markering medan utvalda mätpunkter kan ses i figur 13. Fältet är på 20,4 hektar odlat med stärkelsepotatissorten Kuras. Potatisen sattes med ett radavstånd på 75 cm. Förfrukt var vårvete. Bevattning skedde på fältet med vattenkanon. Gödsling utfördes med en blandning av biogödsel och Lyckeby Grow, 25 ton/hektar med ett innehåll av N på cirka 70 kg/hektar. Vid sättning gödslades det med 220 kg/hektar ProMagna 11-5-18, radmyllat. Den 7/6 lades ytterligare en giva på 250 kg/hektar Axan 27-4.



Figur 13. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält D.

3.2.6 Fält E

Fält E:s ungefärliga placering kan ses i figur 5 (se sida 35), gul markering medan utvalda mätpunkter kan ses i figur 14. Fältet är på 14,55 hektar, odlat med stärkelsepotatissorten Saprodi. Potatisen sattes med ett radavstånd på 90-110 cm. Förfrukt året innan, 2022, var maltkorn och 2021 odlades det morötter. Bevattning utfördes på fältet. Gödslning på fältet utfördes den 27/4 med svinflytgödsel 25 ton/hektar, den 5/5 med 250 kg/hektar kaliumsulfat K 42 samt 150 kg/hektar KaliMagnesia KMgS 25-6-18. Vid sättnings, 9/7, kördes det ut 300 kg/hektar NPK 11-5-18 ProMagna och 200 kg/hektar Urea N 46 samt 65 kg/hektar MAP NP 12-23. Den 27/6 lades en tilläggsiva, ¼ del av fältet fick stallgödsel och 75 kg/hektar N 34 medan resterande del fick 225 kg/ha N 34.



Figur 14. Bild från GoogleMaps på de mätpunkter som användes på fält E.

3.2.7 Utförande

Mätningar genomfördes tre gånger under sommaren, med cirka två veckor mellan vardera mätning, den 28/6, 10/7 samt 20/7 (tabell 5). Mätperioden bestämdes med hjälp av Lyckeby samt i samråd med odlarna själva. Perioden sammanfaller med Lyckeby's egna mätningar för kompletteringsgödslning. Företaget erbjuder bladskafsanalys för potatisodlare vid några tillfällen under sommaren för hjälp i beslutsfattandet om kompletteringsgödslning. I fältstudien för potatisfälten utfördes mätningar med samma mätmetoder som i fältförsöket, Yara N-sensor, Yara N-tester, bladskafsanalys samt mottagandet av satellitdata. Mätpunkternas koordinater lades innan fältarbete in i Google Maps för att vid varje mätning hitta tillbaka till rätt plats. Under första mätningen placerades även gula markeringar ut på varje plats (figur 15).



Figur 15. Exempel på en mätpunkt.

Proceduren under mätningarna ute på fält för fältstudien är liknande de för fältförsöket:

- 1) Mätning med N-sensor: Här skedde mätningen ståendes vid den gula markeringen medan sensorn fördes runt om, som i en cirkel, på vardera mätpunkt.
- 2) Mätning med N-tester: Genomfördes på cirka 25-30 plockade blad runt om placeringen av mätpunkten.
- 3) Bladskaftsanalys: När samtliga fem fält blivit besökta och mätningar gjorts på varje, utfördes bladskaftsanalys.
- 5) Provgrävning på varje fält på varje mätpunkt utfördes den 30 september. Genom provgrävning kunde uppskattning av knölskörd samt uttag av samlingsprov av knölar för analys av stärkelsehalt ske. På så sätt kunde även stärkelseskörden räknas ut i efterhand. För varje mätpunkt grävdes en sträcka på ungefär 2 meter, med början och slut mellan två plantor. En mätning med tumstock av den exakta sträckan utfördes och noterades. Uppgrävning av alla knölar mellan plantorna på mätsträckan skedde. Knölar vägdas sedan i en nätkorg med hjälp av en hängvåg. Ett samlingsprov på omkring 7 kg (minst 6 kg) för vardera punkt togs ut i nätsäckar och togs med till Lyckeby för analys av stärkelsehalt. Samlingsprovet markerades med odlarnas initialer samt mätpunksnummer. När sedan analys svar mottogs kunde beräkning av skörd, ton/hektar, samt stärkelseskörd, ton/hektar, räknas ut. Enbart knölskörden användes dock i resultatet. Formeln som användes vid beräkning av knölskörd var:

$$\text{Knölskörd} = \frac{(\text{totalvikt (kg)} * 0,001)}{\frac{\text{radavstånd (m)} * \text{mätsträcka(m)}}{10\ 000}}$$

Där totalvikt (kg) är totalvikt av knölar för varje punkt, radavstånd (m) är det radavstånd varje odlare använt på deras fält och mätsträckan (m) är den mätsträcka som mättes upp för varje provgrävning mellan två plantor (ungefär 2 m).

3.2.8 Analys

För analys av all data från fältstudien har Excel, statistikprogrammet MiniTab och geoinformationsprogrammet QGIS använts för exempelvis skapandet av grafer, regressionsanalys, korrelationsanalys med mera. Satellitbilder och satellitdata erhöles i efterhand från Vultus. Satellitdata mottogs både som NDVI-indexvärde och Vultus eget beräknade nitratvärde (predicted leaf nitro) i ppm. För att få fram eventuell variation i gödslingsbehov undersöktes det först om mätdata från fälten hade samband med satellitdata från Vultus. Detta gjordes genom att utföra en regressionsanalys samt korrelation mellan mätvärden, från de fem olika punkterna, för de olika mätmetoderna. Baserat på framtagen korrelation och dess signifikans, regressionsanalys samt tillgång till satellitdata vid närliggande datum gjordes ett urval för att avgränsa undersökningen till några av fälten och mättillfällena. Vultus NDVI-indexvärde valdes ut, tillsammans med bladskafsanlys samt N-sensor. Satellitbilder bearbetades sedan i QGIS för att få fram NDVI-indexvärde för alla pixlar. Tanken var att använda satellitbilderna i kombination med mätvärdena på de fem punkterna för att uppskatta N-gödslingsbehov inom fälten, men eftersom behovet upptäcktes vara förhållandevis lågt fanns det inget behov att räkna ut. Istället användes satellitbilderna i kombination med skörd, för de fem punkterna, erhållen från provgrävningen som utfördes. Samband baserat på de fem mätpunkterna mellan skörd och NDVI-indexvärde, framtagna från tiff-filer från QGIS, undersöktes och det mättillfälle, från vardera fält, med bäst samband valdes ut. Då mätvärdena i en del pixlar i satellitbilderna kan antas ha påverkats av annat än potatis har förekommit i bilderna, filterades alla pixlar med värden som låg mer än 1,5 standardavvikelser över eller under medel bort från datasetet. Därefter översattes NDVI-värdena från kvarvarande pixlar till knölskörd utifrån det erhållna sambandet på de fem punkterna. Därmed erhöles ett mått på variationen i skörd. Utifrån den togs även skördebaserat N-gödslingsbehov fram baserat på Jordbruksverkets (2023) N-gödslingsrekommendationer för potatis. Värdena för variation i knölskörd samt relativ N-gödslingsbehov filterades sedan innan de sedan presenterades i histogram för att visualisera variationen inom fält.

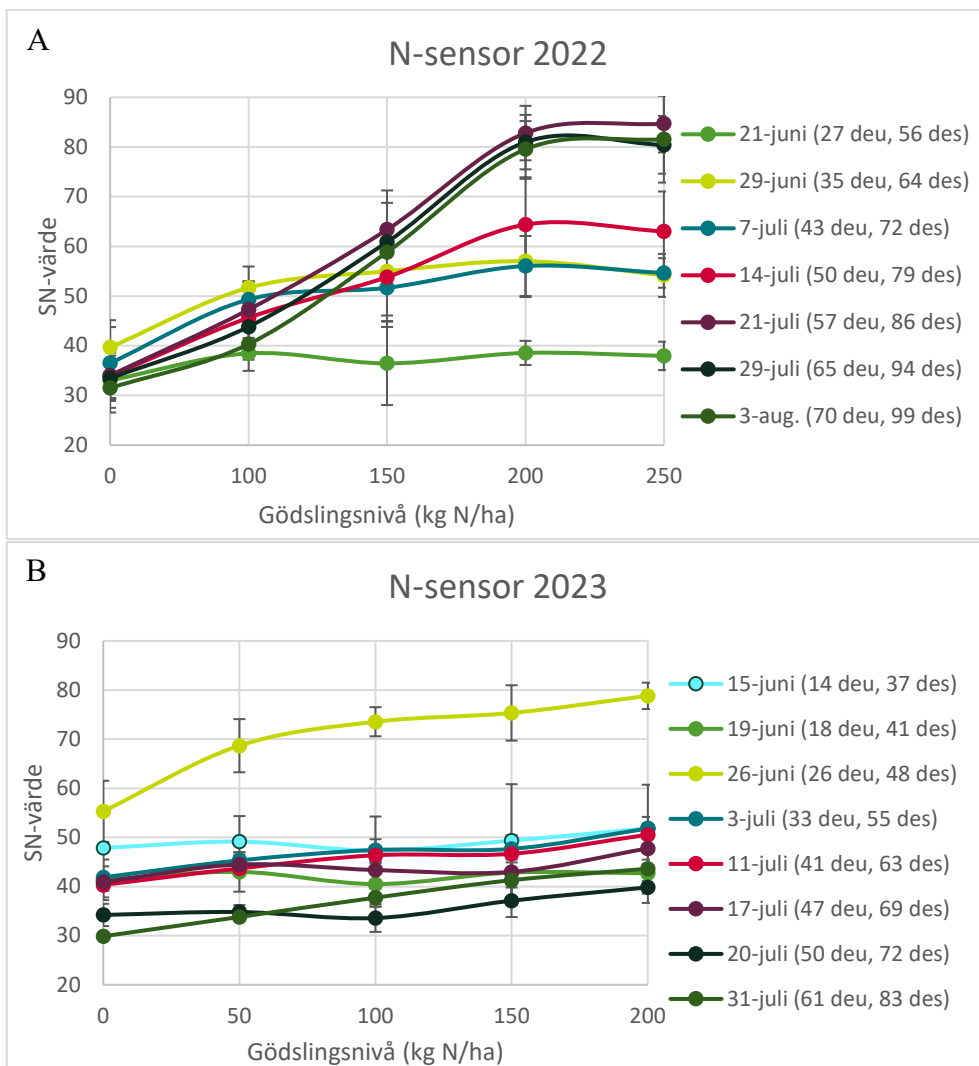
Resultat

4.1 Fältförsök

4.1.1 Detektering av ledsskillnader

N-sensorvärden från 2022 visade på en ökande trend allteftersom potatisen växte (figur 16A). Från den 21 juni (50 des) fram till och med den 7 juli (72 des) kunde ledsskillnader mellan ogödslat och gödslat antydast (figur 16A). Signifikant skillnad mellan ogödslat och gödslade led sågs från den 29 juni (56 des). Från den 14 juli (79 des) sågs ledsskillnader även mellan gödslade led, där det syntes en ökning av SN-värdet mellan de olika leden (figur 16A). En signifikant skillnad uppvisades dock inte förrän den 21 juli (86 des). Mellan led 4 (200 kg N) och led 5 (250 kg N) sågs linjen plana ut (figur 16A). Ingen signifikant skillnad kunde heller uppvisas mellan led 4 och 5 vid något av mättillfällena och kan indikera på att N-optimum var uppnått. Mättillfälle den 21 juli (86 des), 29 juli (94 des) samt 3 augusti (99 des) såg mycket lika ut, en indikation på att det inte skedde ytterligare N-upptag efter den 14 juli (79 des) (figur 16A).

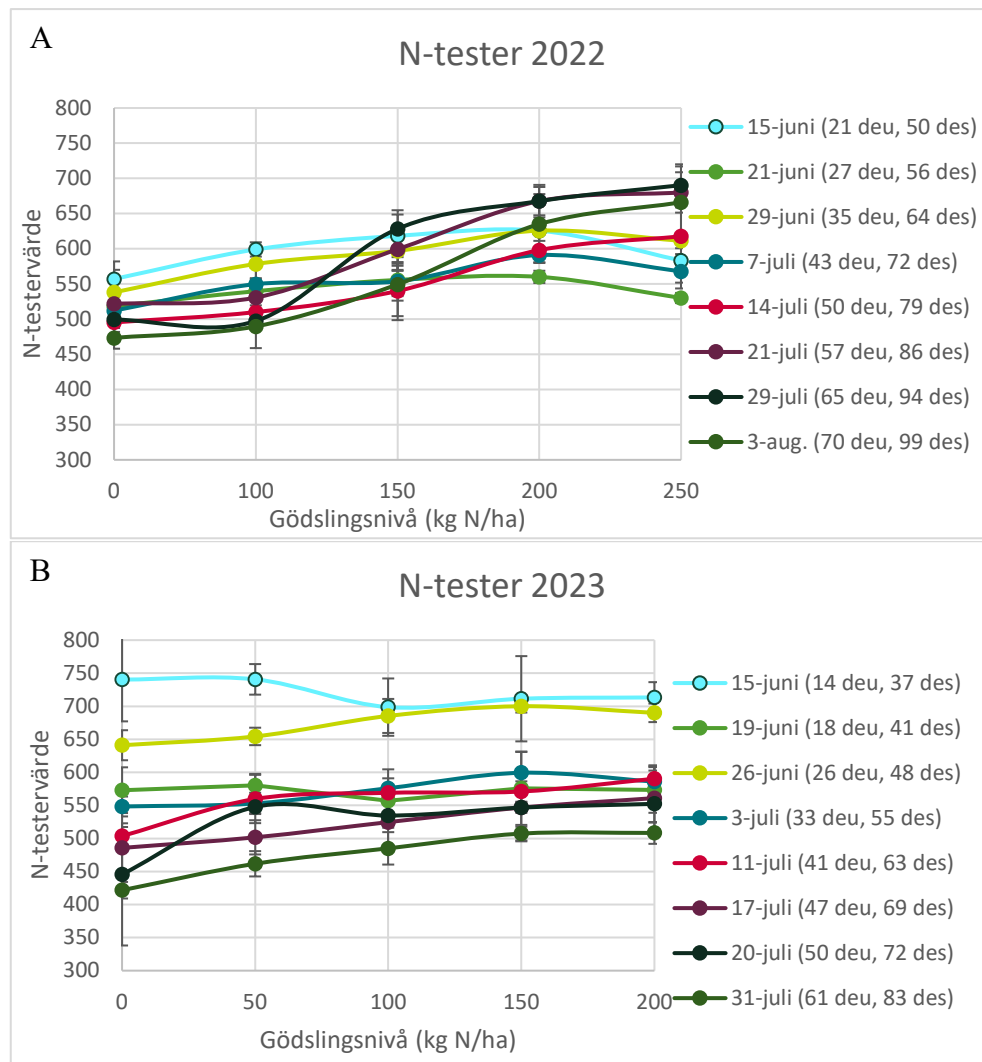
I resultaten för N-sensorn från 2023 ökade inte SN-värdet från datum till datum utan varierade mellan mättillfällena (figur 16B). Ledsskillnader mellan gödslade led syntes den 26 juni (48 des) och 31 juli (83 des) (figur 16B). En antydning till skillnad mellan gödslingsnivåer syntes även för mätning den 3 juli (55 des) och 11 juli (63 des). Signifikanta ledsskillnader uppvisades både för den 3 juli (55 des) och 11 juli (63 des). Något fler signifikanta ledsskillnader kunde hittas för den 31 juli (83 des), medan det för mätning den 26 juni (48 des) enbart visades signifikant skillnad för ogödslat och gödslade led. Speciellt för de tidigare mättillfällena, sågs ett generellt högre SN-värde 2023 (figur 16B) jämfört med 2022 (figur 16A).



Figur 16. (A) Ledmedel av SN-värden från N-sensormätningar 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättnings (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av SN-värden från N-sensormätningar 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättnings (des) anges inom parentes.

N-testervärden från 2022 var rätt samlade och det syntes ingen riktigt trend gällande mätvärdena mellan mättillfällena, förutom för de första två gödslingsleden (figur 17A). För led 1 (0 kg N/ha) och led 2 (100 kg N/ha) var mätvärdena högre för de tidigare tillfällena och avtog vid de senare. För resterande gödslingsled varierade det mer. För mätningarna från den 15 juni (50 des) t.o.m. 7 juli (72 des) syntes en skillnad mellan ogödslat (led 1) och gödslade led (figur 17A). En skillnad som var statistisk signifikant för alla tillfällen förutom den 21 juni (56 des). För mätningarna den 14 juli (79 des) och senare påvisades även en antydning till skillnad mellan gödslingsnivåer (figur 17A), signifikant vid alla tillfällen förutom den 29 juli (94 des) där signifikans bara hittades mellan mindre gödslade och högt gödslade led.

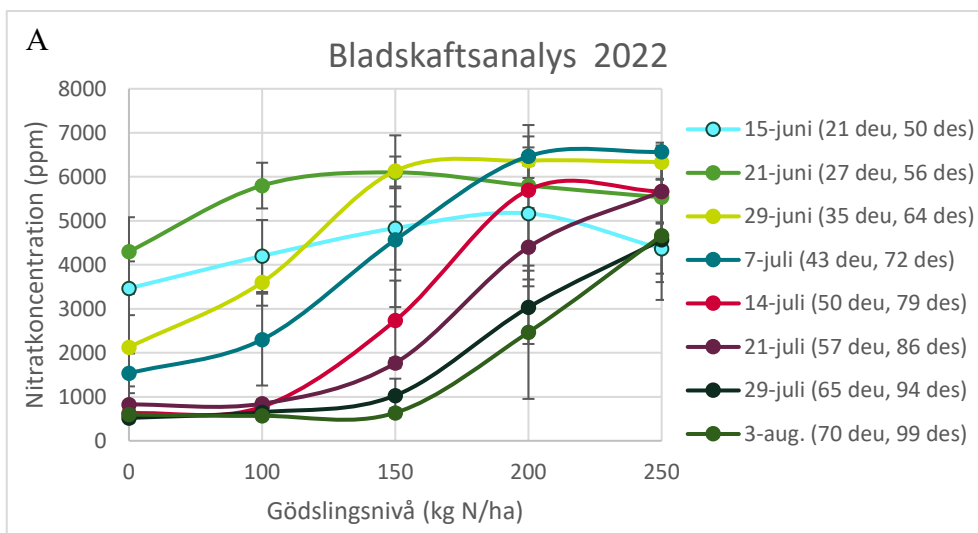
N-testervärdena för 2023 såg ut att generellt minska med senare mättillfälle (figur 17B). För detta år vart det sämre med ledsskillnader. Det kunde ses en antydning till skillnad mellan ogödslad (led 1) och gödslade led på några av mättillfällena (figur 17B) och signifikanta skillnader hittades för mätning den 26 juni (48 des) och 11 juli (63 des). Mätning den 31 juli (83 des) sågs ge antydning till fler ledsskillnader, mellan gödslade led, något som också uppvisades vara statistiskt signifikant. Speciellt för de tidigare mättillfällena, sågs ett generellt högre N-testervärde 2023 (figur 17B) jämfört med 2022 (figur 17A).

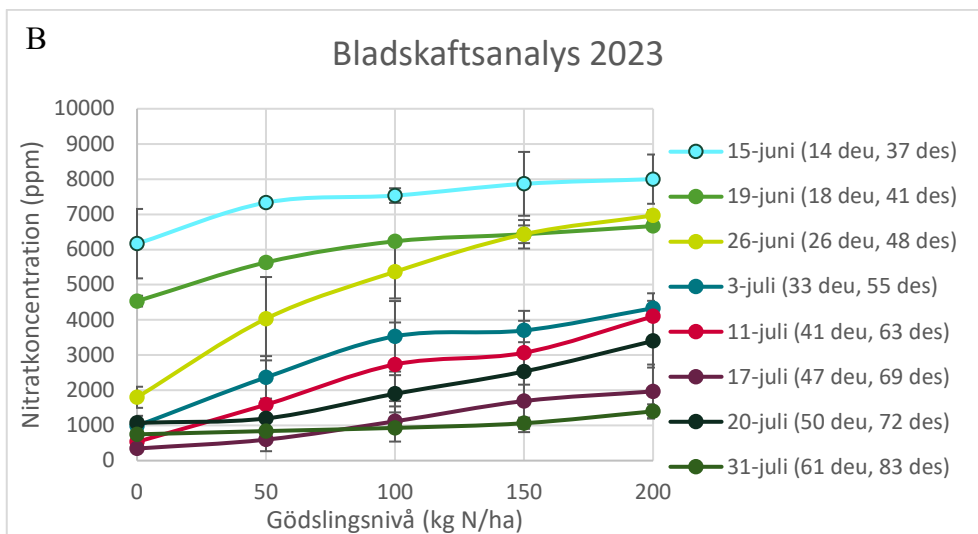


Figur 17. (A) Ledmedel av N-testervärden från N-testermätningar 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av N-testervärden från N-testermätningar 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes.

Bladskafsanalysen 2022 visade på en avtagande nitratkoncentration (ppm) med potatisens tillväxt (figur 18A). Skillnad mellan gödslingsnivåer indikerades från grafen redan från den 15 juni (50 des) men syntes tydligast från den 29 juni (64 des). Mätning den 29 juni uppvisade dock bara signifikant skillnad mellan ogödslad och gödslad led. Signifikant skillnad mellan fler gödslingsled uppvisades inte förrän den 7 juli (72 des) och sågs även för mätning den 14 juli (79 des) samt 29 juli (94 des). För mätning den 21 juli (86 des) samt 3 augusti (99 des) uppvisades skillnader mellan mindre gödslade led och högt gödslade. Linjen planade även här ut mellan led 4 (200 kg N) och led 5 (250 kg N) (figur 18A) och signifikant skillnad mellan led 4 och 5 kunde inte uppvisas för något av mättillfällena.

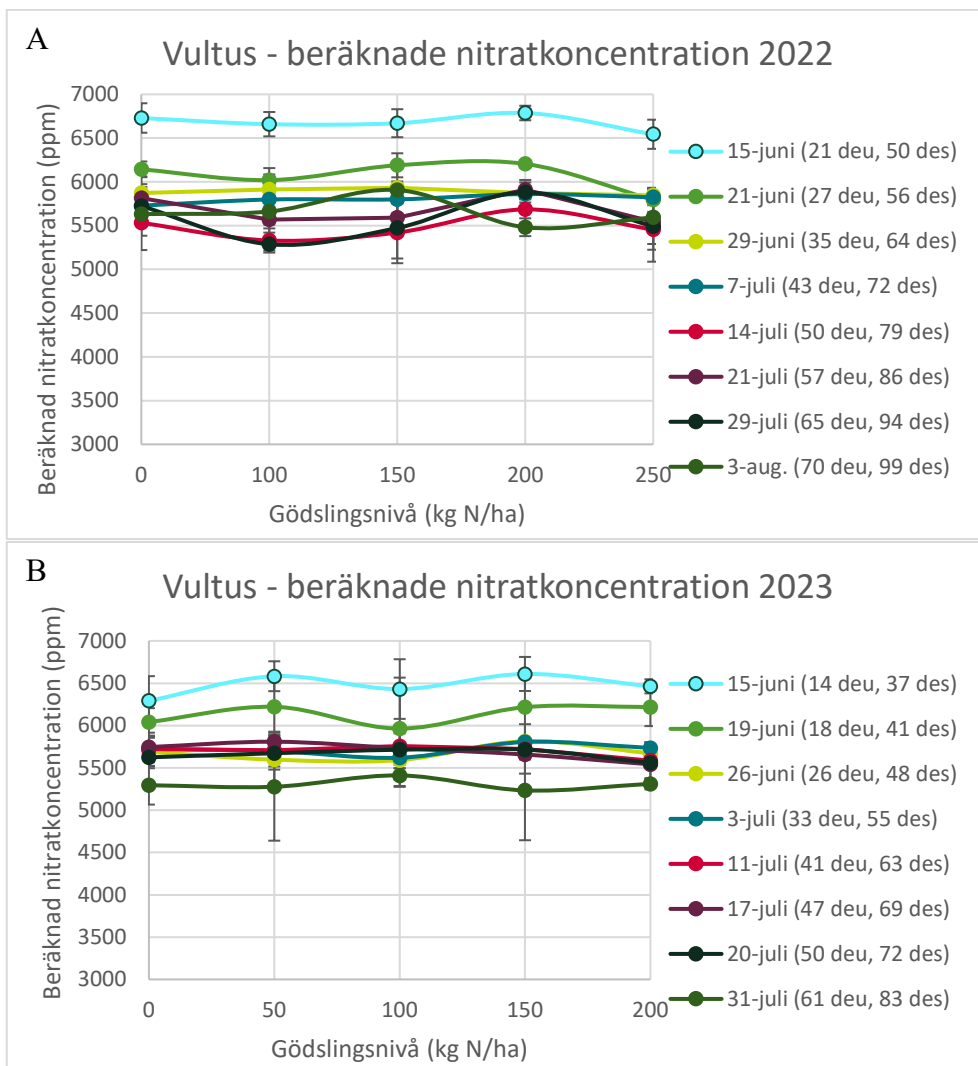
För 2023 avtog nitratkoncentrationen också med potatisens tillväxt (figur 18B). Skillnad mellan gödslingsnivåer kan anas redan från den 15 juni (37 des), dock inte lika markant som för året innan. Mätning från den 26 juni (48 des) visade på den tydligaste skillnaden, medan mätning den 31 juli (83 des) inte sågs ge större utslag på ledskillnader (figur 18B). Statistisk signifikant skillnad mellan gödslade led kunde uppvisas från mätning den 19 juni (41 des) t.o.m. den 11 juli (63 des), resterande mätningar därefter (17-31 juli/69-83 des) uppvisa signifikant skillnad mellan mindre gödslade led och högt gödslade led. Speciellt för de tidigare mättillfällena, sågs en generellt högre nitratkoncentration 2023 (figur 18B) jämfört med 2022 (figur 18A).





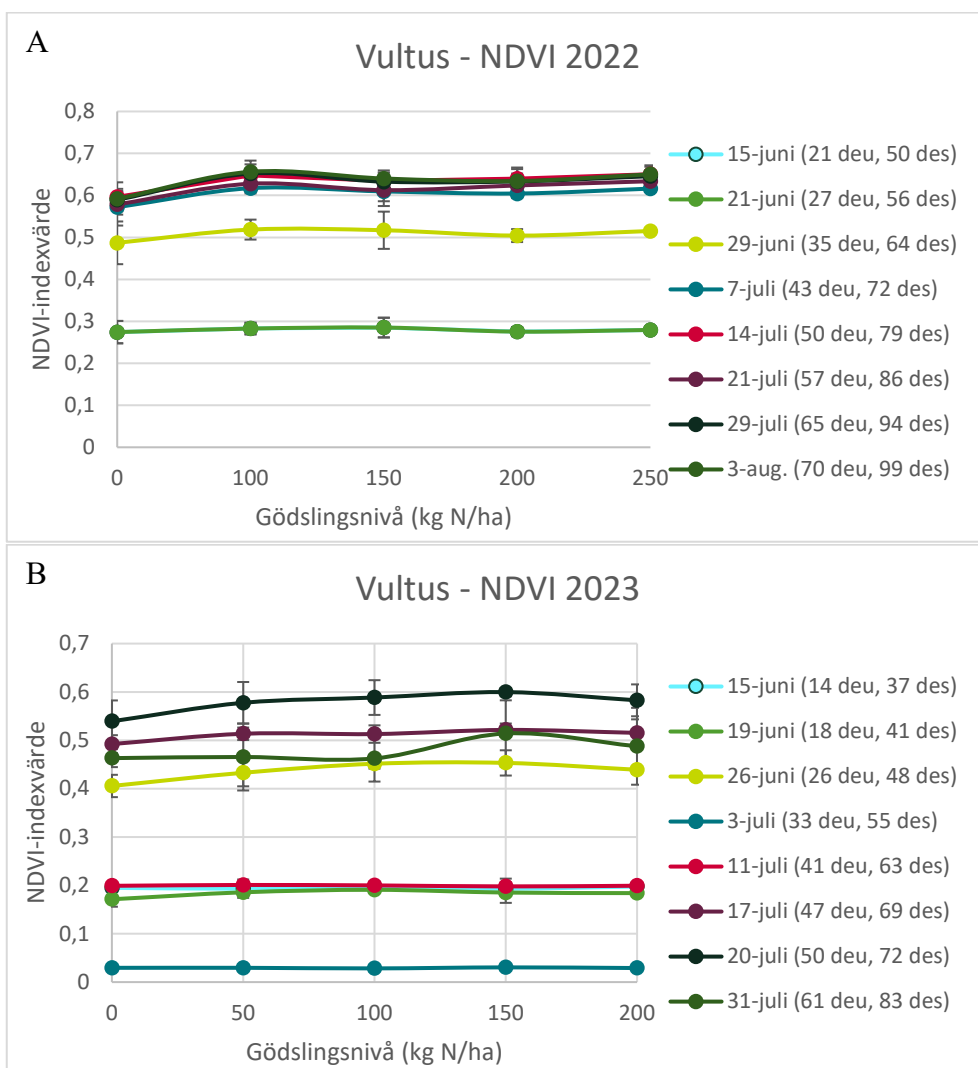
Figur 18. (A) Ledmedel av nitratkoncentration (ppm) från bladskafsanalys 2022 i de olika gödslingsleden från olika mätillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättnings (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av nitratkoncentration (ppm) från bladskafsanalys 2023 i de olika gödslingsleden från olika mätillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättnings (des) anges inom parentes.

Resultaten för Vultus beräknade nitratkoncentration, både för 2022 (figur 19A) och 2023 (figur 19B) sågs inte alls efterlikna resultaten för bladskafsanalysens nitratkoncentration (figur 18). Mätvärdena från Vultus beräknade nitratkoncentration, från båda åren, var generellt rätt samlade mellan mätillfällena men verkade avta med potatisens tillväxt. Ett avtagande som också syntes för nitratkoncentrationen från bladskafsanalysen. För Vultus beräknade nitratkoncentration sågs det dock ingen skillnad mellan led (figur 19). För några mätningar 2022 sågs eventuellt en liten skillnad mellan ogödslad (led 1) och gödslade led, dock en nedåtgående sådan (figur 19A). Statistisk signifikant skillnad mellan ogödslad och gödslade led hittades för mätning den 21 juni (56 des) och 21 juli (86 des). Även för några mätningar 2023 antydde en liten skillnad mellan ogödslad och gödslad. I detta fall en uppåtgående skillnad (figur 19B) men här uppvisades ingen signifikans.



Figur 19. (A) Ledmedel av beräknad nitratkoncentration (ppm) från Vultus 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av beräknad nitratkoncentration (ppm) från Vultus 2023 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sättning (des) anges inom parentes.

För Vultus NDVI-indexvärden sågs NDVI-indexvärdet för 2022 öka med tiden (figur 20AA). För 2023 sågs inte samma trend utan där varierade storleken på indexvärdet mellan mättillfällena (figur 20B). För NDVI-indexvärden, för båda åren, var skillnad mellan gödslingsnivåer inte stor, där lutningen på linjerna höll en plan profil (figur 20). Antydning till skillnad mellan ogödslad och gödslad led sågs dock för de flesta mättillfällen 2022 och 2023, dessutom en uppåtgående sådan med något högre NDVI-värden för gödslade led (figur 20). Signifikant skillnad uppvisades dock bara för 2022:s mätningar den 21 juli (86 des), 29 juli (94 des) samt 3 augusti (99 des).



Figur 20. (A) Ledmedel av NDVI-indexvärde från Vultus 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sätning (des) anges inom parentes. (B) Ledmedel av NDVI-indexvärde från Vultus 2022 i de olika gödslingsleden från olika mättillfällen, där felstaplarna visar standardavvikelsen och dagar efter uppkomst (deu) och dagar efter sätning (des) anges inom parentes.

4.1.2 Korrelation mellan mätmetoder

För 2022 var det framförallt mellan bladskafsanalys och N-sensor, bladskafsanalys och N-tester samt N-sensor och N-tester som det påvisades en jämförelsevis hög, signifikant korrelation (tabell 6). Sambandet mellan bladskafsanalys och N-sensor gav ett r-värde över 0,5 för varje datum, med undantag för 15 juni där mätvärde saknades. Den 14 juli (79 des) var r-värdet högre än 0,7 och höll sig mellan 0,7-0,9 resterande mätningar (79-99 des). R-värdet var statistiskt signifikant vid varje mätning och uppnådde ett lägre p-värde (lika med eller under 0,001) mellan 14 juli (79 des) till 29 juli (94 des). För bladskafsanalysen

och N-tester var r-värdet över 0,7 vid en mätning tidigare, den 7 juli (72 des) och dessförinnan omkring 0,5 eller över. R-värdet för bladskafsanalysen och N-testern var signifikant för alla mätningar förutom första och uppnådde ett lägre p-värde (lika med eller under 0,001) mellan den 14 juli (79 des) till den 3 augusti (99 des). Korrelation mellan bladskafsanalys och N-tester var också genomgående högre än korrelation för bladskafsanalys och N-sensor. Mellan N-sensor och N-tester var r-värdet högre än 0,7 från och med den 29 juni (64 des) och det var också därifrån värdet uppavs vara signifikant (tabell 6).

Tabell 6. Sammanställning av korrelation, från fältförsöket 2022, mellan de olika mätmetoderna vid vardera datum. Korrelationen presenteras som r-värde. Korrelationer lika med eller över 0,7 är gulmarkerade. N-sensor värde för 15 juni saknades. Signifikans (p-värde): * = lika med eller under 0,05, ** =lika med eller under 0,01, *** = lika med eller under 0,001.

Datum	Mätmetod	Bladskafsanalys	N-sensor	N-tester	Vultus – beräknad N-konc.
15 juni (50 des, 21 deu)	N-sensor	-	-		
	N-tester	0,486	-		
	Vultus – leaf nitro	0,193	-	0,063	
	Vultus – NDVI	0,147	-	0,23	-0,604*
21 juni (56 des, 27 deu)	N-sensor	0,57*			
	N-tester	0,591*	0,058		
	Vultus – leaf nitro	-0,161	-0,316	0,441	
	Vultus – NDVI	0,256	0,302	-0,131	-0,152
29 juni (64 des, 35 deu)	N-sensor	0,657**			
	N-tester	0,605*	0,871***		
	Vultus – leaf nitro	0,099	-0,204	-0,423	
	Vultus – NDVI	0,444	-0,295	-0,05	0,596*
07 juli (72 des, 43 deu)	N-sensor	0,689**			
	N-tester	0,743**	0,929***		
	Vultus – leaf nitro	0,373	0,204	0,251	
	Vultus – NDVI	0,439	0,463	0,44	0,053
14 juli (79 des, 50 deu)	N-sensor	0,758***			
	N-tester	0,837***	0,889***		

	Vultus – leaf nitro	0,15	0,112	0,179	
	Vultus – NDVI	0,42	0,58*	0,372	-0,257
21 juli (86 des, 57 deu)	N-sensor	0,856***			
	N-tester	0,902***	0,956***		
	Vultus – leaf nitro	0,047	-0,014	0,002	
	Vultus – NDVI	0,477	0,602*	0,537	-0,433
29 juli (94 des, 65 deu)	N-sensor	0,825***			
	N-tester	0,826***	0,918***		
	Vultus – leaf nitro	0,178	0,166	0,159	
	Vultus – NDVI	0,262	0,421	0,235	-0,364
03-aug (99 des, 70 deu)	N-sensor	0,732**			
	N-tester	0,855***	0,923***		
	Vultus – leaf nitro	-0,216	-0,245	-0,214	
	Vultus – NDVI	0,129	0,372	0,233	0,161

För 2023 (tabell 7) sågs en liknande trend. En jämförelsevis hög, signifikant korrelation över 0,7 uppnåddes även mellan bladskafsanalys och N-sensor, bladskafsanalys och N-tester samt N-sensor och N-tester. Korrelationen mellan bladskafsanalys och N-sensor började med att vara över 0,5 och var signifikant för mätning den 15 juni (37 des) medan samband för 19 juni (41 des) var mycket låg och uppgavs inte vara statistisk signifikant. För mätning den 26 juni (48 des) var korrelationen hög och signifikant och fortsatte i princip vara det för resterande mätperiod med undantag för den 17 juli (69 des). En hög korrelation mellan bladskafsanalys och N-sensor syntes alltså tidigare för år 2023 (tabell 7) än det gjorde 2022 (tabell 6). Mellan bladskafsanalys och N-tester syntes en hög korrelation från mätning den 26 juni (48 des) och med undantag för mätning den 3 juli (55 des) var korrelation hög samt signifikant resterande del av mätperioden (tabell 7). För 2023 var korrelationen mellan bladskafsanalys och N-tester genomgående lägre än för bladskafsanalys och N-sensorn till skillnad från föregående år. En annan skillnaden mellan 2022 och 2023 var att hög korrelation mellan N-sensor och N-tester 2023 (tabell 7), inte sågs vara lika konsekvent som det var för 2022 (tabell 6). Första höga korrelationen var precis som för 2022 tidigare jämfört med de andra metodjämförelserna (19 juni vs 26 juni), men var sedan för vissa mätdatum under 0,7 och vissa över. Ett liknande mönster syntes också för signifikansen mellan N-sensor och N-tester. Signifikans uppnåddes från

och med den 19 juni (41 des). Vid mätning den 17 juli (69 des) och 20 juli (72 des) uppnåddes ingen signifikans, men var tillbaka igen vid den sista mätningen den 31 juli (83 des) (tabell 7).

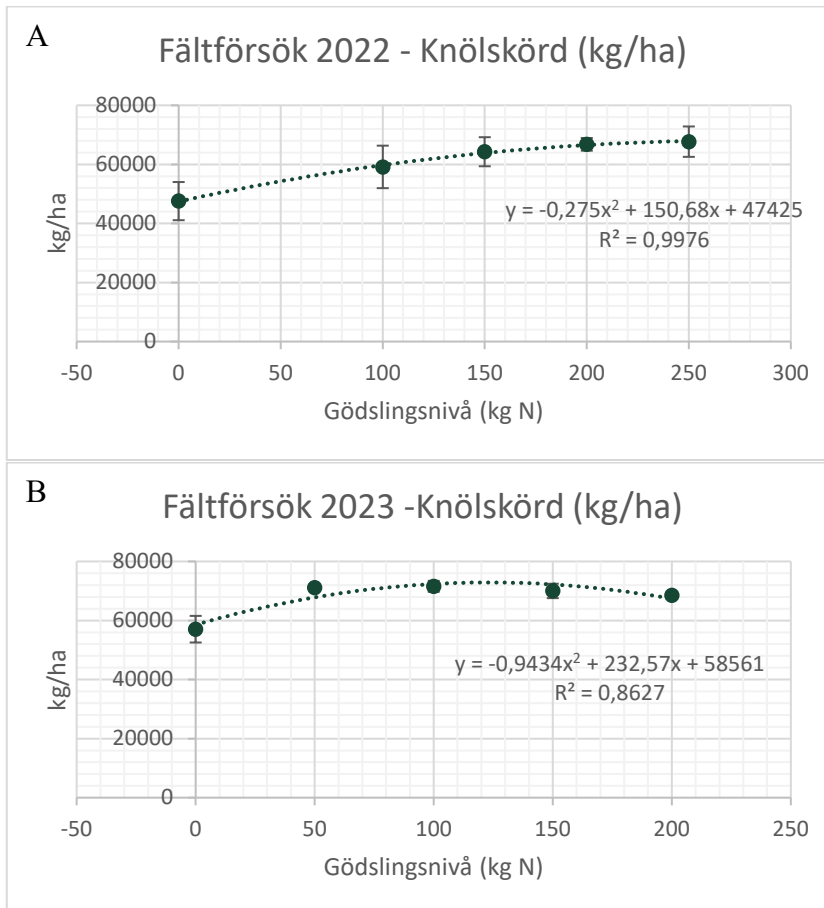
Tabell 7. Sammanställning på korrelation, från fältförsöket 2023, mellan de olika mätmetoderna vid vardera datum. Korrelationen presenteras som r-värde. Korrelationer lika med eller över 0,7 är gulmarkerade. Signifikans visas genom * = lika med eller under 0,05, ** =lika med eller under 0,01, *** = lika med eller under 0,001.

Datum	Mätmetod	Bladskaftsanalys	N-sensor	N-tester	Vultus – beräknad N-konc.
15 juni (37 des, 14 deu)	N-sensor	0,655**			
	N-tester	0,142	0,509		
	Vultus – leaf nitro	0,282	0,008	0,126	
	Vultus – NDVI	0,083	0,012	0,006	-0,548*
19 juni (41 des, 18 deu)	N-sensor	0,151			
	N-tester	0,053	0,925***		
	Vultus – leaf nitro	0,107	-0,241	0,006	
	Vultus – NDVI	0,492	0,422	0,25	-0,281
26 juni (48 des, 26 deu)	N-sensor	0,903***			
	N-tester	0,821***	0,663**		
	Vultus – leaf nitro	-0,083	-0,09	-0,231	
	Vultus – NDVI	0,497	0,625*	0,283	0,285
03 juli (55 des, 33 deu)	N-sensor	0,81***			
	N-tester	0,554*	0,639**		
	Vultus – leaf nitro	0,036	0,207	-0,05	
	Vultus – NDVI	-0,149	-0,176	0,218	0,054
11 juli (63 des 41 deu)	N-sensor	0,906***			
	N-tester	0,876***	0,812***		
	Vultus – leaf nitro	-0,319	-0,311	-0,113	

	Vultus – NDVI	0,078	0,153	-0,047	-0,277
17 juli (69 des, 47 deu)	N-sensor	0,411			
	N-tester	0,904***	0,397		
	Vultus – leaf nitro	-0,478	-0,245	-0,222	
	Vultus – NDVI	0,613*	0,18	0,622*	-0,266
20 juli (72 des, 50 deu)	N-sensor	0,748***			
	N-tester	0,405	0,104		
	Vultus – leaf nitro	-0,296	-0,251	-0,123	
	Vultus – NDVI	0,478	0,393	0,279	0,389
31 juli (83 des, 61 deu)	N-sensor	0,738**			
	N-tester	0,735**	0,817***		
	Vultus – leaf nitro	0,051	-0,095	-0,053	
	Vultus – NDVI	0,171	0,382	0,284	-0,267

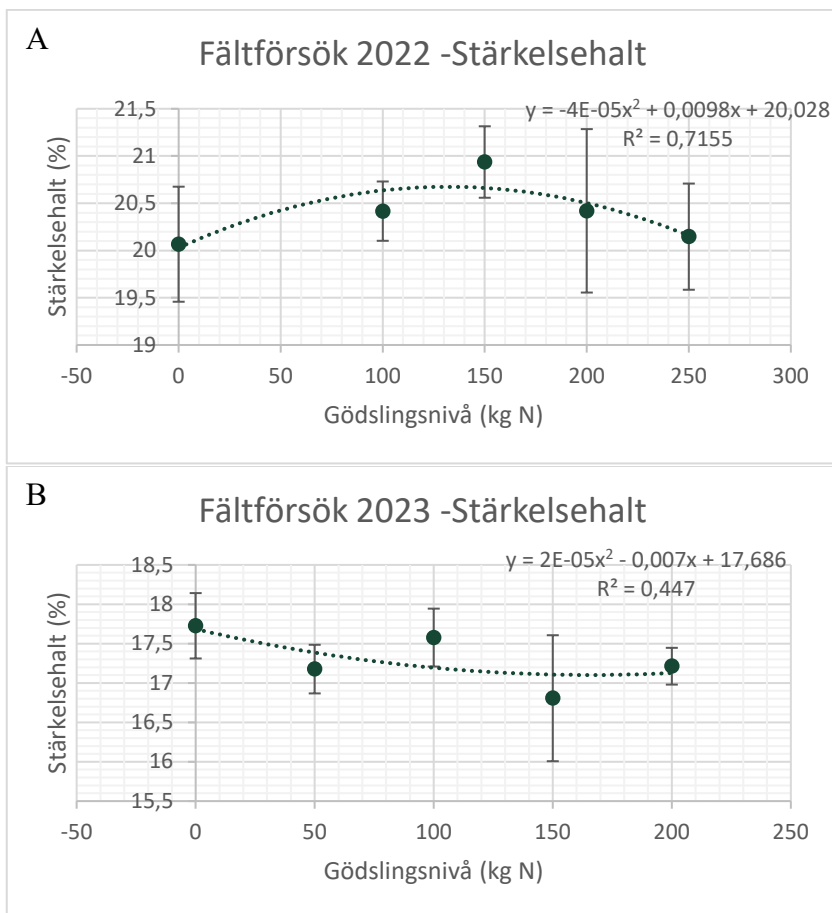
4.1.3 Knölskörd, stärkelsehalt, stärkelseskörd

Knölskörden 2022 ökade med N-gödslingsnivå och planade ut mellan 200 och 250 kg N (figur 21A). Knölskörden 2023 ökade vid de tre första kvävegödslingsnivåerna. Mellan 100 och 200 kg N planade knölskörden ut (figur 21B).



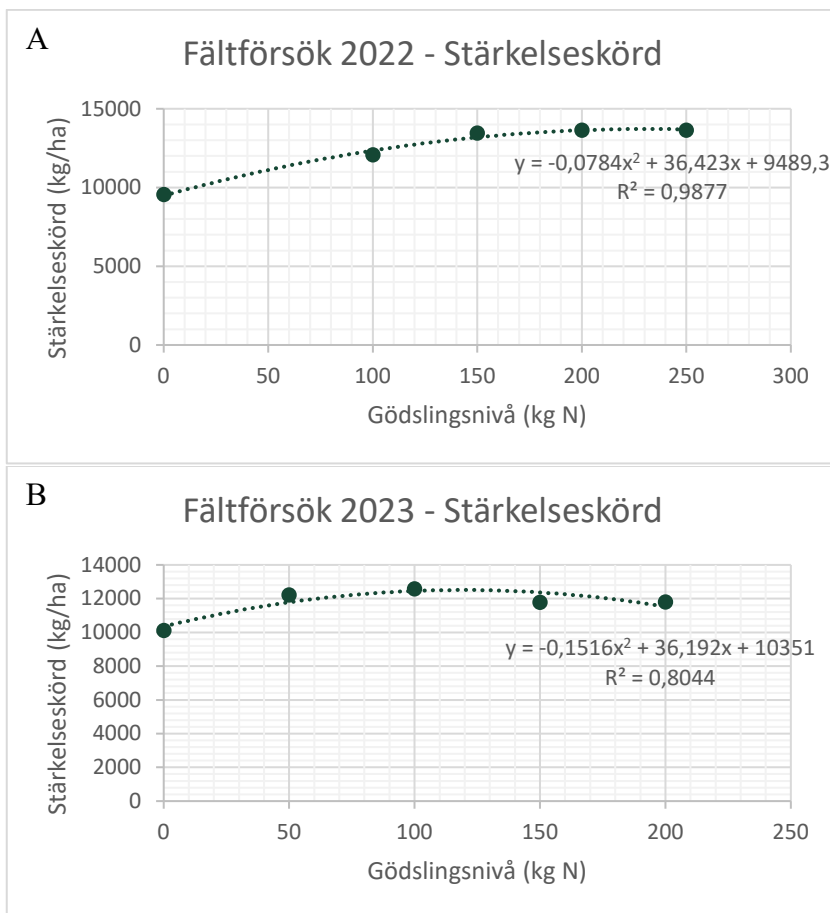
Figur 21. (A) Graf över medelknölskörd 2022 för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led 3 - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen. (B) Graf över medelknölskörd 2023 för led 1 - 0 kg N, led 2 - 50 kg N, led 3 - 100 kg N, led 4 - 150 kg N samt led 5 - 200 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen.

Stärkelsehalten 2022 visade inget konsekvent samband med gödslingsnivå (figur 22A). Stärkelsehalten 2023 visade inget konsekvent samband med gödslingsnivå (figur 22B).



Figur 22. (A) Graf över medelstärkelsehalt 2022 analyserad för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led 3 - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen. (B) Graf över medelstärkelsehalt 2023 analyserad för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led 3 - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. Felstaplarna presenterar standardavvikelsen.

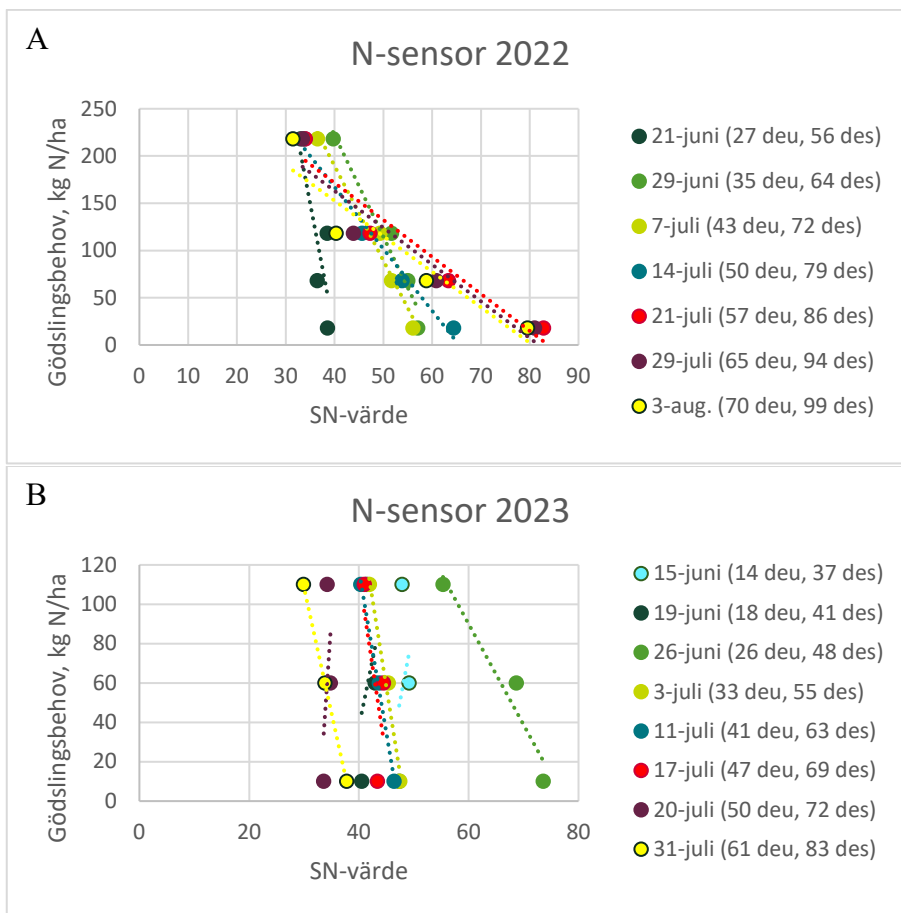
Stärkelseskörden 2022 ökade med ökad kvävegödslingsnivå och trendlinjen sågs plana ut mellan 200 och 250 kg N (figur 23A). Stärkelseskörden 2023 ökade med ökad kvävegödslingsnivå för de tre första kvävegödslingsnivåerna. Trendlinjen planade sedan ut mellan 100 och 200 kg N (figur 23B).



Figur 23. (A) Graf över medelstärkelseskörd 2022, uträknad från medelknölskörd och medelstärkelsehalt, för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led 3 - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också. (B) Graf över medelstärkelseskörd 2023, uträknad från medelknölskörd och medelstärkelsehalt, för led 1 - 0 kg N, led 2 - 100 kg N, led 3 - 150 kg N, led 4 - 200 kg N samt led 5 - 250 kg N. Trendlinje och dess funktion redovisas också.

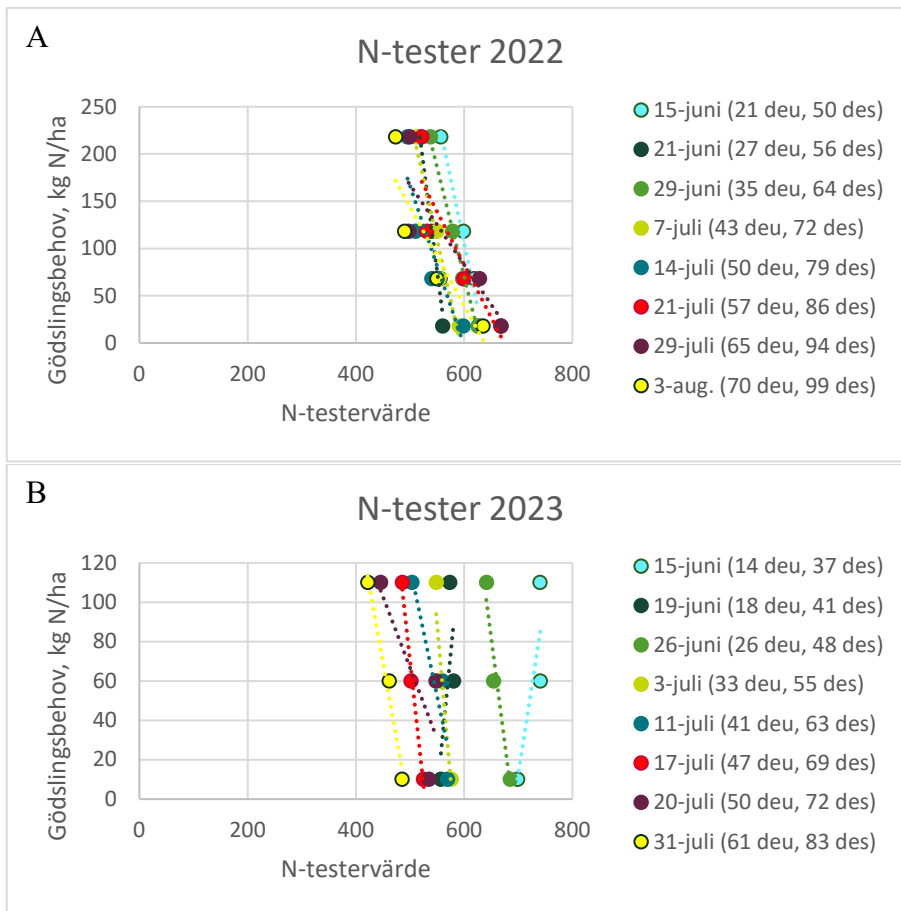
4.1.4 Gödslingsbehov

Linjära samband mellan gödslingsbehov och SN-värde från N-sensorn 2022 kunde ses (figur 24A), där ett minskat gödslingsbehov indikerades med ett högre SN-värde. Ju längre in i mätperioden desto större skillnad syntes mellan SN-värdet för högst och minst gödslingsbehov. Mätningarna den 21 juli (50 des), 29 juli (56 des), 3 augusti (64 des) hade nästan ett identiskt linjärt samband, vilket bör indikera på att N-upptag stagnerade efter den 14 juli (79 des) (figur 24A). För N-sensorn 2023 gavs inte lika bra visuella, linjära samband (figur 24B). För den 15 juni (37 des), 19 juni (41 des) samt 20 juli (48 des) sågs ett minskat gödslingsbehov ge mindre SN-värde. Resterande datum gav högre SN-värde (figur 24B).



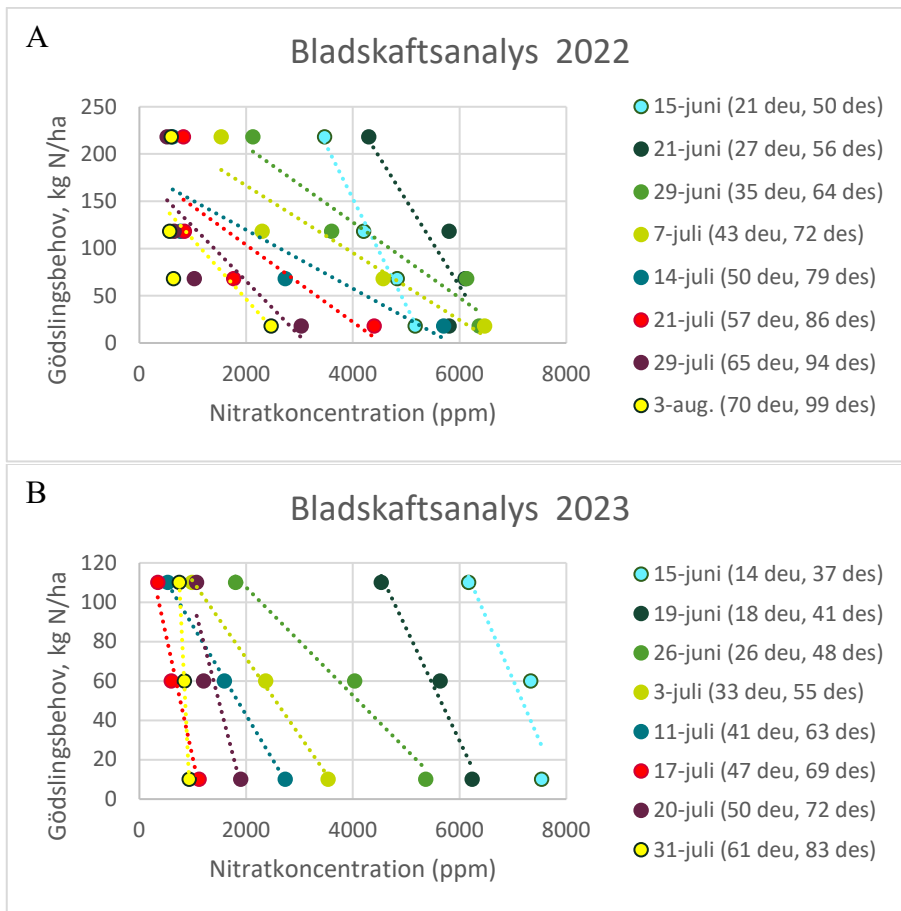
Figur 24. (A) N-sensors, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) N-sensors, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum.

N-testern 2022 sågs också ha linjära samband med gödslingsbehov (figur 25A). Ett minskat gödslingsbehov vid varje mättillfälle gav ett högre N-testervärde (figur 25A). N-testern 2023 sågs också ha linjära samband med gödslingsbehov (figur 25B). För mätningarna den 15 juni (37 des) och 19 juni (41 des) sågs ett minskat gödslingsbehov ge ett lägre N-testervärde. Medan för resterande mätningar gav ett minskat gödslingsbehov ett högre N-testervärde (figur 25B).



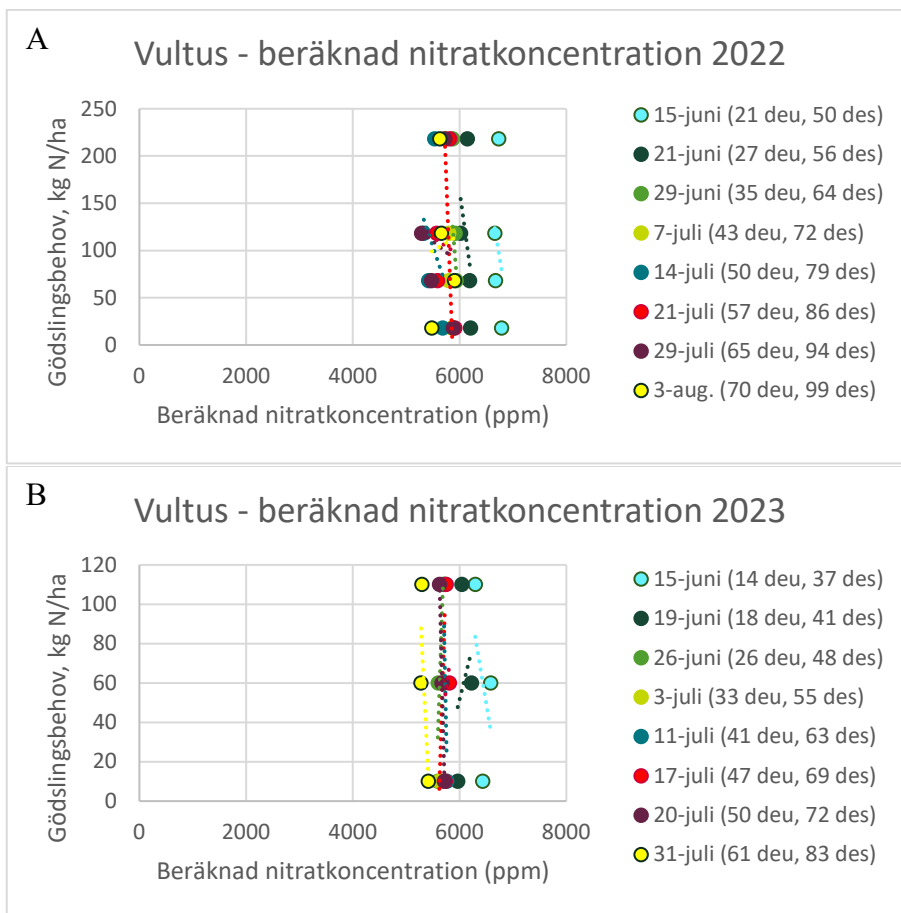
Figur 25. (A) N-testerna, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) N-testerna, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum.

Bladskafteanalysen 2022 visade tydliga linjära samband med gödslingsbehov i stärkelsepotatis (figur 26A). Redan från första mätning indikerades högt och lågt gödslingsbehov med stora skillnader mellan nitratkoncentrationer. Ett minskat gödslingsbehov sågs ge högre nitratkoncentrationer (figur 26A). Bladskafteanalysen 2023 visade också tydliga linjära samband med gödslingsbehov i stärkelsepotatis (figur 26B). Från första mätning indikerades högt och lågt gödslingsbehov med stora skillnader mellan nitratkoncentrationer. Ett minskat gödslingsbehov sågs ge högre nitratkoncentrationer. För mätning den 31 juli (83 des) sågs inte lika stora skillnader vid olika gödslingsbehov (figur 26B).



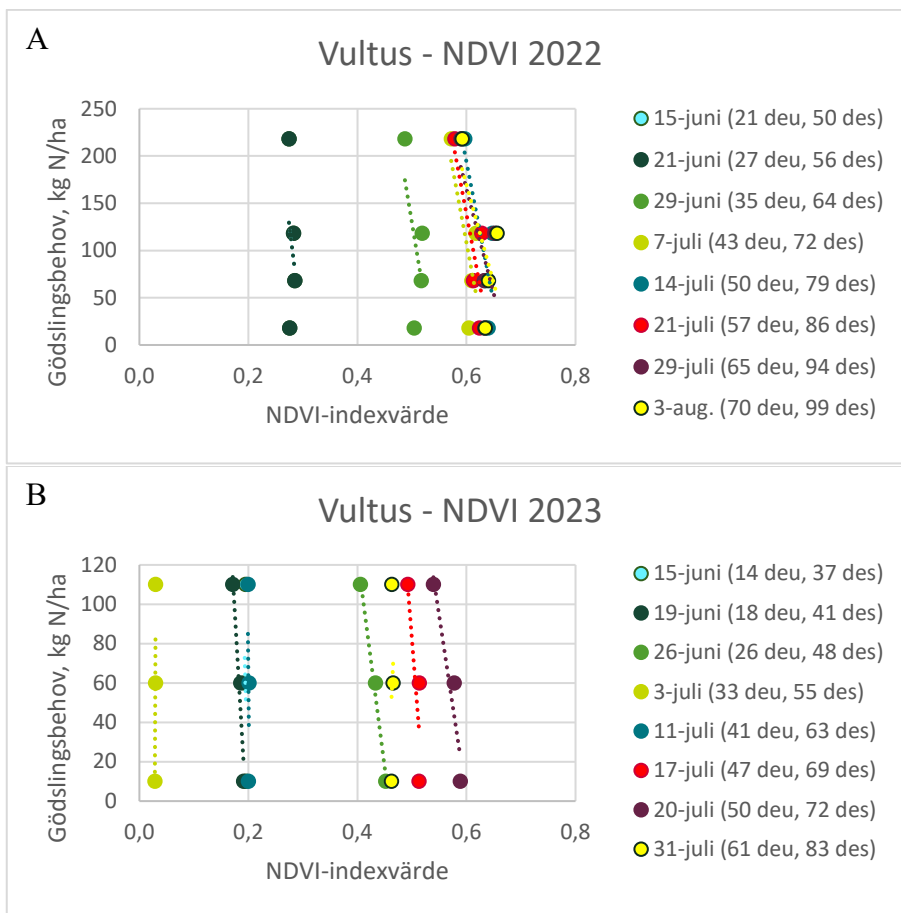
Figur 26. (A) Bladskafsanalysens, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) Bladskafsanalysens, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum.

Dåliga linjära samband kunde ses mellan Vultus beräknade nitratkoncentration 2022 och gödslingsbehov för alla mättillfällen. Beräknad nitratkoncentration visade alltså inga stora skillnader vid olika gödslingsbehov (figur 27A). För 2023 uppnåddes heller inga bra linjära samband mellan Vultus beräknade nitratkoncentration och gödslingsbehov (figur 27B). Beräknad nitratkoncentration visade alltså inga stora/inga skillnader vid olika gödslingsbehov (figur 27B).



Figur 27. (A) Vultus beräknade nitratkoncentrationer, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) Vultus beräknade nitratkoncentrationer, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum.

För Vultus satellitdata med NDVI-indexvärde 2022 sågs något bättre linjära samband (figur 28A) jämfört med deras beräknade nitratkoncentration (figur 27A). Ett minskat gödslingsbehov sågs ge ett litet större NDVI-indexvärde. Från och med mätning den 7 juli (43 des) och framåt syntes de linjära sambanden vara mycket lika (figur 28). För Vultus satellitdata med NDVI-indexvärde sågs det även för 2023 något bättre linjära samband (figur 28B) jämfört med deras beräknade nitratkoncentration (figur 27B). Ett minskat gödslingsbehov gav ett lite större NDVI-indexvärde (figur 28B).



Figur 28. (A) Vultus NDVI-indexvärdes, 2022, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-4, alla under N-optimum. (B) Vultus indexvärdes, 2023, korrelation med gödslingsbehov. Gödslingsbehov är framtaget genom att ta uträknat N-optimum minus den N-giva som getts för varje led. De olika dataserierna representerar varje mättillfälle. Mätvärdet är baserat på ledmedel för led 1-3, alla under N-optimum.

R^2 -värdet för N-sensorn 2022 (tabell 8) stödjer anvisningarna på att N-sensorn var en bra metod med hög korrelation med gödslingsbehovet (figur 24A). Ett högt R^2 -värde betyder att det är en hög förklaringsgrad och säger därmed att en stor del av gödslingsbehovet kan förklaras av SN-värdet. Från och med mätning den 29 juni (64 des) var förklaringsgraden hög och håller sedan en rätt stabilnivå, men syntes gå ner lite för de sista mättillfällena. Enligt R^2 -värdet skedde alltså den bästa korrelationen från 64 dagar efter sättnings (tabell 2 & 8). För N-testern syntes den högsta förklaringsgrad från mätning den 15 juni (50 des) till den 7 juli (72 des), därefter gick graden ner något (tabell 8), vilket indikerar på att N-testern gav högre korrelation av gödslingsbehov mellan 50 till 72 dagar efter sättnings (tabell 2 & 8). Det såg ut som om bladskaftsanalysen hade tydliga bra linjära samband med gödslingsbehov under hela mätperioden (figur 26A), vilket inte helt stöds av förklaringsgraden (tabell 8). Förklaringsgraden sågs vara inkonsekvent och gick lite

upp och ner från mättillfälle till mättillfälle. Generellt gick dock graden ner för de sista mättillfällena och var bäst i början. Den högsta förklaringsgrad och därmed bästa korrelationen var mellan mätning den 15 juni (50 des) till den 29 juni (64 des), 50 till 64 dagar efter sättnings (tabell 2 & 8). För Vultus indexvärden var R²-värdet för det mesta mycket lågt. NDVI-indexvärdet gav dock bättre R²-värde jämfört med beräknad nitratkoncentration, men var emellertid inte tillräckligt höga för att kunna säga att dess korrelation var bra (tabell 8).

Tabell 8. Funktioner och R²-värden för uppmätta samband mellan gödslingsbehov (y) och mätdata (x) med de olika metoderna vid olika tillfällen under 2022. Data för N-sensor saknas den 15 juni. R²-värden lika med eller över 0,85 är gulmarkerade.

Mätmetod/ Mättillfälle	N-sensor	N-tester	Bladskafvs- analys	Vultus- beräknad N- konc.	Vultus- NDVI
15/6 (50 des, 21 deu)	-	y = -2,74x + 1747 R ² = 0,97	y = -0,113x + 606 R ² = 0,99	y = -0,347x + 2437 R ² = 0,058	y = -4695x + 1418 R ² = 0,086
21/6 (56 des, 27 deu)	y = -27,2x + 1101 R ² = 0,67	y = -4,47x + 2537 R ² = 0,98	y = -0,0909x + 606 R ² = 0,75	y = -0,411x + 2628 R ² = 0,16	y = -4695x + 1418 R ² = 0,086
29/6 (64 des, 35 deu)	y = -10,8x + 653 R ² = 0,95	y = -2,32x + 1459 R ² = 0,99	y = -0,04x + 288 R ² = 0,92	y = -0,738x + 4458 R ² = 0,068	y = -3504x + 1881 R ² = 0,36
7/7 (72 des, 43 deu)	y = -10,0x + 590 R ² = 0,97	y = -2,56x + 1517 R ² = 0,94	y = -0,0356x + 238 R ² = 0,87	y = -1,52x + 8928 R ² = 0,93	y = -3095x + 1965 R ² = 0,52
14/7 (79 des, 50 deu)	y = -6,55x + 429 R ² = 0,98	y = -1,69x + 1012 R ² = 0,81	y = -0,0311x + 182 R ² = 0,74	y = -0,168x + 1027 R ² = 0,090	y = -2982x + 1983 R ² = 0,62
21/7 (86 des, 57 deu)	y = -3,92x + 328 R ² = 0,93	y = -1,12x + 755 R ² = 0,80	y = -0,0408x + 185 R ² = 0,65	y = -0,0381x + 323 R ² = 0,0056	y = -3075x + 1983 R ² = 0,65
29/7 (94 des, 65 deu)	y = -3,89x + 319 R ² = 0,90	y = -0,845x + 590 R ² = 0,76	y = -0,0578x + 181 R ² = 0,63	y = -0,0465x + 366 R ² = 0,021	y = -2221x + 1498 R ² = 0,47
3/8 (99 des, 70 deu)	y = -3,76x + 303 R ² = 0,88	y = -1,05x + 667 R ² = 0,80	y = -0,0633x + 173 R ² = 0,48	y = 0,0339x - 87 R ² = 0,0049	y = -2087x + 1422 R ² = 0,45

Anvisningarna att N-sensorn 2023 hade mindre bra korrelation med gödslingsbehovet (figur 24B) stöds av erhållna R²-värdet (tabell 9). R²-värdet för N-sensorn var enbart hög för mätningarna den 26 juni (48 des), 3 juli (55 des), 11 juli (63 des) samt den 31 juli (83 des). Enligt R²-värdet skedde alltså den bästa korrelation från 48 till 63 dagar efter sättnings (tabell 2 & 9). För N-testerna syntes

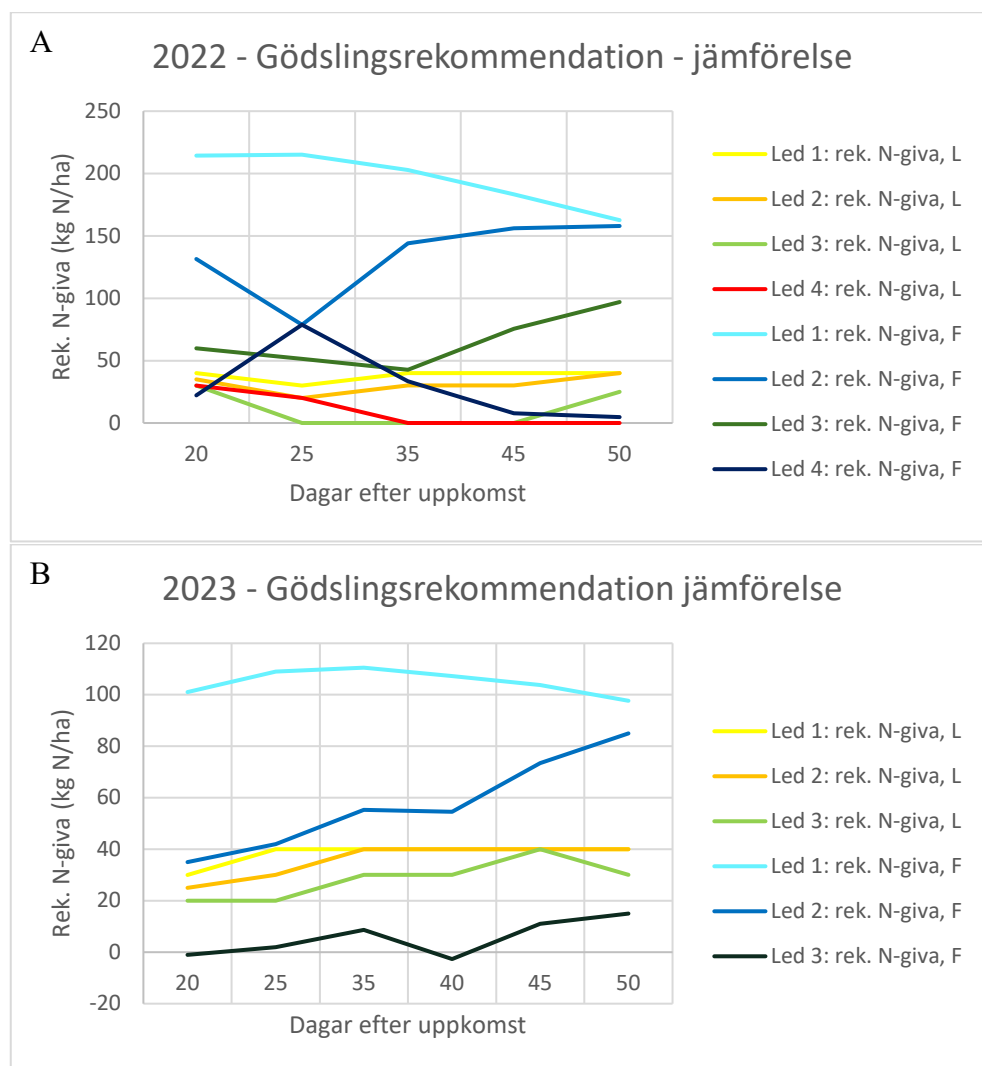
en någorlunda hög förklaringsgrad från mätning den 26 juni (48 des) till den 17 juli (69 des) samt för mätning 31 juli (83 des). Ett resultat som indikerar på att N-testern uppvisade bra korrelation med gödslingsbehovet mellan 48 dagar till 69 dagar efter sättning och indikerar på en mer stabil mätning än för N-sensorn (tabell 2 & 9). För 2023 såg det ut som om bladskafsanalysen hade tydliga bra linjära samband med gödslingsbehov nästan under hela mätperioden (figur 26B), vilket detta året stöds av förklaringsgraden (tabell 9). Förklaringsgraden sågs vara någorlunda hög vid mätning den 15 juni (37 des) och sedan hög för alla resterande mätningar. En indikation på en stabil och bra mätmetod från och med 37 dagar efter sättning (tabell 2 & 9). För Vultus indexvärden var R²-värdet mycket varierande. Jämfört med år 2022 var dock förklaringsgraden högre vissa av mättillfällena (tabell 9).

Tabell 9. Funktioner och R²-värden för uppmätta samband mellan gödslingsbehov (y) och mätdata (x) med de olika metoderna vid olika tillfällena under 2023. R²-värden lika med eller över 0,85 är gulmarkerade.

Mätmetod/ Mättillfälle	N-sensor	N-tester	Bladskafts- analys	Vultus- beräknad N- konc.	Vultus- NDVI
15/6 (37 des, 14 deu)	$y = 14,8x - 652$ R ² = 0,077	$y = 1,79x - 1237$ R ² = 0,74	$y = -0,06x + 500$ R ² = 0,86	$y = -0,16x + 1118$ R ² = 0,23	$y = -10192x + 2042$ R ² = 0,052
19/6 (41 des, 18 deu)	$y = 13,70x - 510$ R ² = 0,12	$y = 2,81x - 1542$ R ² = 0,45	$y = -0,06x + 373$ R ² = 0,97	$y = 0,11x - 610$ R ² = 0,085	$y = -4752,5x + 928$ R ² = 0,93
26/6 (48 des, 26 deu)	$y = -5,12x + 397$ R ² = 0,93	$y = -2,14x + 1474$ R ² = 0,95	$y = -0,03x + 163$ R ² = 0,98	$y = 0,81x - 4482$ R ² = 0,79	$y = -2149,3x + 984$ R ² = 0,989
3/7 (55 des, 33 deu)	$y = -17,66x + 853$ R ² = 0,98	$y = -3,15x + 1823$ R ² = 0,87	$y = -0,04x + 150$ R ² = 0,998	$y = 0,88x - 4964$ R ² = 0,92	$y = 62049x - 1748$ R ² = 0,73
11/7 (63 des, 41 deu)	$y = -16,5x + 777$ R ² = 0,996	$y = -1,31x + 772$ R ² = 0,85	$y = -0,05x + 134$ R ² = 0,999	$y = -1,34x + 7740$ R ² = 0,46	$y = -28123x + 5684$ R ² = 0,25
17/7 (69 des, 47 deu)	$y = -18,53x + 856$ R ² = 0,45	$y = -2,54x + 1339$ R ² = 0,989	$y = -0,12x + 145$ R ² = 0,96	$y = 0,20x - 1072$ R ² = 0,026	$y = -3523x + 1843$ R ² = 0,73
20/7 (72 des, 50 deu)	$y = 41,64x - 1364$ R ² = 0,26	$y = -0,72x + 428$ R ² = 0,64	$y = -0,10x + 205$ R ² = 0,86	$y = -1,11x + 6357$ R ² = 0,998	$y = -1845x + 1109$ R ² = 0,91
31/7 (83 des, 61 deu)	$y = -12,72x + 490$ R ² = 1	$y = -1,54x + 764$ R ² = 0,977	$y = -0,54x + 514$ R ² = 0,999	$y = -0,55x + 2983$ R ² = 0,63	$y = 6048,6x - 2745$ R ² = 0,035

4.1.5 Gödslingsrekommendation – jämförelse

Beräkning av gödslingsbehov utifrån bladskafsanalys och de ekvationer som tagits fram i försöksresultaten 2022 (tabell 8), gav högre rekommendationer (figur 29A) än om man beräknar från Lyckeby's tolkningshjälp (figur 2). Det är framförallt för led 1 och 2 som ekvationen från försökets sågs skilja ut sig. Precis som 2022, så gav gödslingsrekommendationerna för 2023 baserade på framtagna ekvationer (tabell 9) från bladskafsanalysen, högre rekommendationer för de första två leden (figur 29B) än Lyckeby's gödslingsrekommendationer baserade på deras tolkningshjälp (figur 2). För led 3 var rekommendationerna från Lyckeby's tolkningshjälp högre där fältförsökets rekommendationer ibland blev negativa.



Figur 29. (A) Jämförelse mellan gödslingsrekommendationer för 2022 baserat på mätresultat från bladskafsanalys. Dataserierna är baserade på ledmedelresultat för led 1-4 från de fem första mätningarna. Rek. N-giva, L – baserat på Lyckeby's tolkningshjälp (figur 2). Rek. N-giva, F – baserat på ekvationer från tabell 8. Mätningar kompatibla till tolkningshjälps tidsperiod har valts ut. (B) Jämförelse mellan gödslingsrekommendationer för 2023 baserat på mätresultat från

bladskafsanalys. Dataserierna är baserade på ledmedelresultat för led 1-3 från de fem första mätningarna. Rek. N-giva, L – baserat på Lyckeby's tolkningshjälp (figur 2). Rek. N-giva, F – baserat på ekvationer från tabell 9. Mätningar kompatibla till tolkningshjälpens tidsperiod har valts ut.

4.2 Inomfältvariationer

4.2.1 Korrelation mellan satellitbilder och andra mätningar

Sambanden mellan Vultus två indexvärden och andra mätmetoder varierade kraftigt mellan platser och tillfällena och kan inte sägas vara speciellt konsekvent. Dock uppnåddes en jämförelsevis högre och konsekvent korrelation och därmed ett bättre samband för N-sensor och NDVI jämfört med de andra mätmetoder (tabell 10). Ett relativt bra samband mellan N-sensor och beräknad nitratkoncentration hittades men var inte lika återkommande som för NDVI-indexvärdet. Samma sak gällde för bladskafsanalysen när Vultus två indexvärden jämfördes. Bladskafsanalysens korrelation till NDVI var förhållandevis högre och mer konsekvent än för beräknad nitratkoncentration. För N-testern hittades istället ett bättre samband med beräknad nitratkoncentration, där högre korrelation vid fler tillfällena och platser sågs. N-tester kunde för vissa mättillfällena och fält ge ett jämförelsevis bra samband med NDVI men var inte lika konsekvent hög som för N-sensor och bladskafsanalysen. Sambandet för alla mätmetoder kunde mellan mättillfällena vid samma fält ses växla mellan positivt och negativt. P-värdet åskådliggör att det i stort sett inte fanns någon korrelation som var statistisk signifikant.

Tabell 10. Redovisning av korrelation (*r*-värde) och dess signifikans (*p*-värde) mellan Vultus indexvärden och Yara N-sensor, Yara N-tester samt bladskafsanalys. *R*-värden över 0,7 är gulmarkerade.

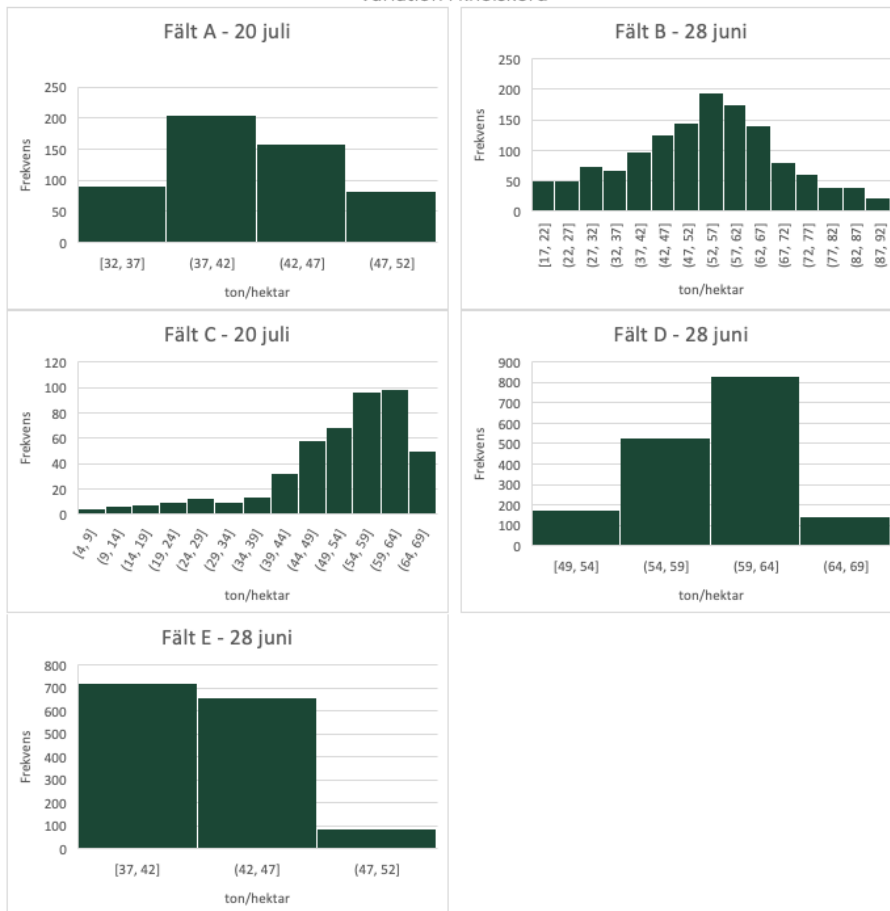
Fält	Datum	Mätmetod	Vultus – NDVI	p- värde	Vultus – beräknad N-konc.	p- värde
A	28 juni	N-sensor	-0,837	0,077	0,88	0,049
		N-tester	-0,943	0,016	0,879	0,050
		Bladskafsanalys	-0,622	0,262	0,565	0,321
A	10 juli	N-sensor	-0,813	0,094	0,497	0,394
		N-tester	-0,522	0,367	0,139	0,824
		Bladskafsanalys	-0,69	0,197	0,384	0,523
A	20 juli	N-sensor	0,587	0,298	-0,588	0,297
		N-tester	0,492	0,400	-0,508	0,383
		Bladskafsanalys	-0,014	0,982	-0,449	0,449
B	28 juni	N-sensor	0,848	0,152	-0,581	0,419
		N-tester	0,682	0,318	-0,801	0,199
		Bladskafsanalys	0,336	0,664	-0,093	0,907

B	10 juli	N-sensor	-0,942	0,017	0,777	0,122
		N-tester	-0,63	0,254	0,882	0,048
		Bladskafsanalys	-0,397	0,508	0,619	0,266
B	20 juli	N-sensor	-0,573	0,313	0,679	0,208
		N-tester	-0,424	0,477	0,902	0,037
		Bladskafsanalys	-0,654	0,232	-0,345	0,570
C	28 juni	N-sensor	-0,472	0,423	-0,217	0,726
		N-tester	-0,183	0,768	-0,6	0,285
		Bladskafsanalys	0,624	0,260	-0,284	0,643
C	10 juli	N-sensor	0,175	0,778	0,339	0,576
		N-tester	-0,077	0,902	0,406	0,498
		Bladskafsanalys	0,667	0,219	-0,253	0,682
C	20 juli	N-sensor	0,763	0,133	-0,477	0,417
		N-tester	-0,762	0,134	0,327	0,591
		Bladskafsanalys	0,693	0,195	0,078	0,901
D	28 juni	N-sensor	0,763	0,133	0,851	0,067
		N-tester	0,296	0,629	0,815	0,093
		Bladskafsanalys	-0,895	0,040	-0,245	0,692
D	10 juli	N-sensor	0,538	0,350	0,138	0,825
		N-tester	0,475	0,419	0,387	0,520
		Bladskafsanalys	-0,77	0,128	0,765	0,132
D	20 juli	N-sensor	-0,523	0,366	0,639	0,246
		N-tester	-0,835	0,078	0,764	0,133
		Bladskafsanalys	-0,315	0,605	-0,394	0,511
E	28 juni	N-sensor	0,778	0,122	-0,975	0,005
		N-tester	0,707	0,181	-0,941	0,017
		Bladskafsanalys	0,227	0,713	0,359	0,553
E	10 juli	N-sensor	0,553	0,333	0,239	0,699
		N-tester	0,181	0,771	0,399	0,506
		Bladskafsanalys	-0,02	0,975	-0,156	0,802
E	20 juli	N-sensor	0,215	0,729	-0,25	0,685
		N-tester	0,489	0,403	-0,867	0,057
		Bladskafsanalys	-0,652	0,233	0,976	0,004

4.2.2 Variation i knölskörd och relativt N-gödslingsbehov

Variation i knölskörd var som störst för fält B och C (figur 30) med en standardavvikelse på runt 15 ton skörd/hektar. För fält B ska det dock beaktas att på det 15,9 hektar stora fältet odlades flera potatissorter. Mätningarna avgränsades till delen med Allstar på 8,7 hektar. Denna avgränsning kunde däremot inte ske vid uttag av satellitdata. För fält A och D sågs en viss varierad knölskörd medan fält E uppvisade minst variation, i princip med samma knölskörd på hela fältet (figur 30).

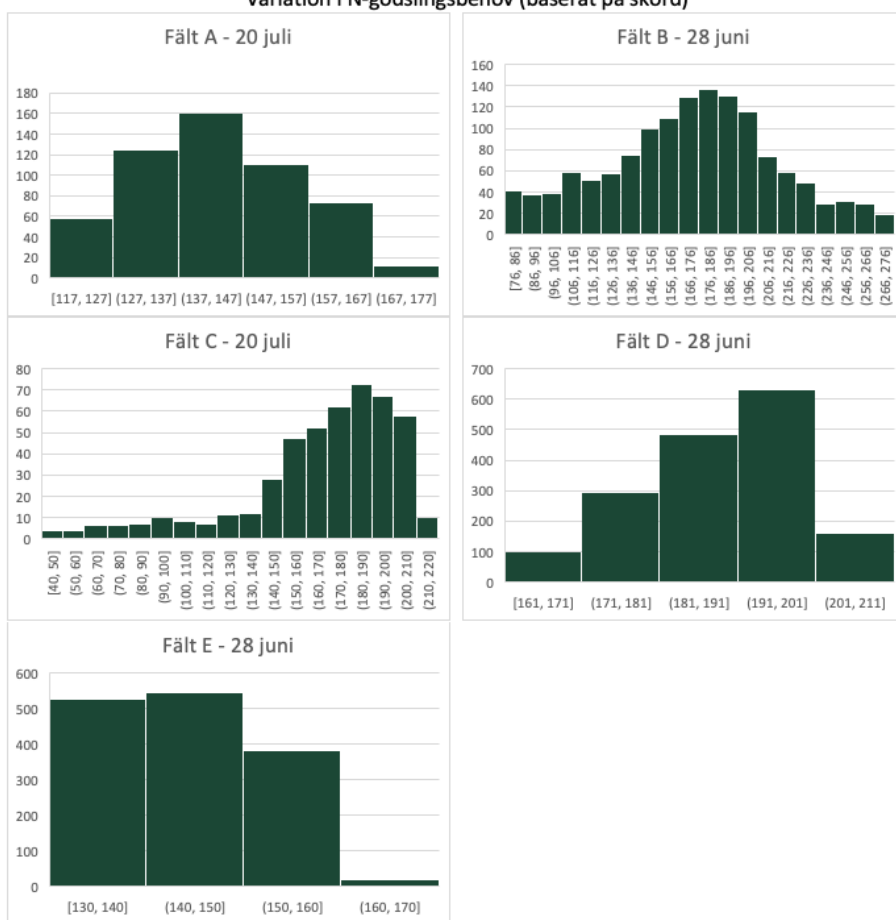
Variation i knölskörd



Figur 30. Histogram över variation i knölskörd för fält A-E. Datum representerar tillfället där bäst samband mellan NDVI och skörd påvisades.

Variation i relativt N-gödslingsbehov (figur 31) baserades på skörden och uppvisade därmed en liknande trend som för variation i knölskörd (figur 30). Fält B och C uppvisade en större variation i N-gödslingsbehov, med en standardavvikelse på runt 40 kg N per hektar. För fält A och D uppvisades en viss variation och fält E uppvisade minst variation (figur 31).

Variation i N-gödslingsbehov (baserat på skörd)



Figur 31. Histogram över variation i relativt N-gödslingsbehov, baserat på skörd, för fält A-E. Datum representerar tillfället där bäst samband mellan NDVI och skörd påvisades.

Diskussion

5.1 Fältförsöket

5.1.1 Detektering av ledsskillnader och en jämförelse mellan mätmetoder

Tidpunkt för detektering av ledsskillnader

Att de första mättillfällena skulle ge några utslag mellan alla gödslingsled för de olika mätmetoderna var inget som förväntades. Detta antagande är grundat på mättillfällenas tidpunkt kopplat till potatisens utvecklingsfaser (figur 1), som mäts i hur många dagar efter sättnings det gått. Det är i fas 3, knölinitiering och knölsättning, 50 till 70 dagar efter sättnings, där den högsta N-upptagshastigheten inträffar och därefter i fas 4, knöltillväxt, där N-behovet är som störst (Ekelöf & Råberg 2011) och det bör vara kring denna period ett större utslag mellan led börjar ses. De första mättillfällena för 2022 och 2023 ligger antingen i början av fas 3 eller innan (tabell 2). Enbart utslag mellan ogödslat och gödslade led i början var alltså förväntat och var något som också sågs för många av mätmetoderna i detta fältförsök. Liknande resultat har konstateras från andra studier. I en studie av Porter & Sisson (1991), undersökande bladskaftsanalysens lämplighet som metod för att följa N-status i potatis, visade resultaten på att provtagning av potatisen 50-60 dagar efter sättnings var den mest lämpliga tidpunkten för bedömning av kompletteringsgiva med hjälp av bladskaftsanalysen. Provtagning innan 50 dagar efter sättnings visade framförallt bara skillnader mellan låga och medelhöga/höga N-givor. Vid provtagning efter 50 dagar kunde även skillnader mellan de medelhöga och högre givorna påvisas. Slutsatsen i studien var att provtagningar innan 50 dagar efter sättnings inte helt kan användas för att upptäcka mindre förändringar i N-status hos potatis som fått måttliga nivåer av N vid sättnings, något som istället provtagningar efter 50 dagar kan användas för. Provtagningar innan 50 dagar efter sättnings kan istället användas till att påvisa stora N-brister (Porter & Sisson 1991). En rekommendation som också kan implementeras för resultaten från detta fältförsök där översiktgrafer för bladskaftsanalysen visade på bättre överensstämmande efter 64 respektive 48 dagar efter sättnings för 2022 respektive

2023 (figur 18). Dessutom sågs signifikant skillnad inte förrän ännu senare för år 2022, 72 dagar efter sättnings medan 2023 mätresultat uppvisade signifikans tidigare, 41 dagar efter sättnings.

Liknande redogörelse kan också hittas för N-testern. I en studie av Giletto et al. (2010), undersökande klorofyllmätarens kapacitet för N-status mätning, kunde ett bättre samband med N-status uppnås efter 60 dagar efter sättnings. Detta beskrivs bero på att markens N-tillgänglighet var tillräcklig för potatisens behov fram till dess. Giletto et al. (2010) presenterar resultat som går hand i hand med fältförsökets resultat 2022, där större ledsskillnader sågs och uppvisade signifikans efter 79 dagar efter sättnings (figur 17A). Liknande resultat sågs för N-sensor och stöds av resultatet i Carlssons (2022) arbete. Mätmetoderna kan därmed antas fungera som indikation på större N-brist i början av mätperioden medan mätresultatet senare också kan användas för detektering av mindre förändringar av N-status, de med endast en aningen låg N-status. Fortsatta studier behövs dock för att få fram ett bättre riktmärke för var gränsen i tidpunkt går för vardera mätmetod.

Intressant att kolla på är också om tidpunkt för bra detektering av ledsskillnader var kompatibel med tidpunkt för när kompletteringsgödsling brukar ske/ska göras. Kompletterande gödsling beskrivs ges omkring 3-4 veckor efter uppkomst samt eventuellt en ytterligare giva 2-3 veckor efter det (Ekelöf & Råberg 2011). Här beskrivs tidpunkt för kompletteringsgödsling i litteratur alltså med dagar efter uppkomst istället för dagar efter sättnings som för potatisens utvecklingsfaser och N-upptag. Det innebär alltså att vid tidsspannet omkring 30-49 dagar efter uppkomst bör man vilja kunna se mindre förändringar i N-statusen hos potatisen för att bedöma om komplettering ska ske och vilken mängd som behövs. Exemplet på gödslingsstrategi nämnt ovan är dock mest styrt efter matpotatissorter och i Rölin et al. (2018) tillkommer gödslingsstrategi för stärkelsepotatis. Där beskrivs det att vid uppenbar brist i juni- eller julimånad ska tillförsel av N ske för sena sorter såsom stärkelsepotatis med tänkt senare skörd. Det kan då antas att senare sorter tillåts en senare kompletteringsgödsling, vilket gör att tidsspannet för önskad bra detektering kan antas kunna förlängas något. Bladskaftanalysens detektering av flera ledsskillnader, signifikant vid 72 respektive 41 dagar efter sättnings för 2022 respektive 2023 eller då 43 respektive 18 dagar efter uppkomst kan sägas uppnå önskat tidsspann, även då för tidiga sorter framförallt för 2023 (figur 18). En kompletteringsgödsling i början av juli med bra detektering sågs dock vara svårare för N-testern (figur 17), signifikant för flera ledsskillnader 50 respektive 61 dagar efter uppkomst för 2022 respektive 2023. För N-testern kan istället bara större N-brist till en början synliggöras (figur 17). Däremot är 50 och 61 dagar efter uppkomst inte alltför långt ifrån tidsspannet, som också kunde antas vara längre för sena sorter. Liknande resultat som för N-testern sågs för N-sensorn 2022 där signifikans för flera ledsskillnader sågs vid 57 dagar efter uppkomst, även här något

senare än tidsspannet, men är ändå inom rimlig tid. För N-sensorn 2023 visades bättre kompatibilitet med tidsspannet, där signifikans för flera ledsskillnader skedde 33 dagar efter uppkomst, för de få tillfällen som gav signifikans det året (figur 16B). För sena sorter ser alltså resultatet för mätmetodernas detektering ut att ligga okej i tid, eventuellt att kompletteringsgödslingen skulle behövas förskjutas fram lite ifall man skulle vilja börja nyttja dessa redskap och det skulle därför vara intressant att testa förskjuta gödslingen lite. Risken med senare gödsling beskrivs vara en senare avmognad som ger en minskad stärkelsehalt (Zebarth & Rosen 2007). I ett antal odlarexperiment visades dock att en sådan senarelagd kompletteringsgödsling (20-25:e juli) inte gav negativ påverkan på stärkelsehalten (Rölin et al. 2018) och möjlighet verkar därmed finnas att förskjuta gödslingen lite.

Jämförelse av tidpunkt mellan mätmetoder

Att bladskafsanalysen gav en snabbare ledsskillnad 2022 och 2023, både visuellt och statistisk signifikant, än resterande metoder är något som även Carlsson (2022) såg. Detta beror sannolikt på att bladskafsanalysen mäter potatisens upptag och tillgång (Rölin et al. 2018) medan resterande metoder mäter N-innehållet i bladen eller plantan (Muñoz-Huerta et al. 2013). Det skulle då kunna innebära att bladskafsanalysen är ett steg före resterande metoder. Ett sätt att fortsätta undersöka detta skulle vara om man till exempel jämfört bladskafsanalysens resultat med N-sensorn för ett senare mättillfälle och undersökt om detta kunde ge en högre korrelation. Statistiskt signifikanta ledsskillnader 2022 och 2023 sågs som sagt först hos bladskafsanalysen (72 des, 43 deu respektive 41 des, 18 deu), därefter kom N-testern (79 des, 50 deu respektive 83 des, 61 deu) och N-sensorn (86 des, 57 deu respektive 55 des, 33 deu). Vid jämförelse av 2022:s mätresultat, mer konsekventa än 2023, är N-tester före N-sensorn, vilket också kan vara förväntat. N-testern mäter ackumulerat N i blad (Demotes-Mainard et al. 2008) medan N-sensorn mäter N-mängd i biomassan (Yara u.å.c). Kväveupptaget måste alltså ha resulterat i viss tillväxt innan det ger utslag på N-sensorn. En annan faktor som kan ha påverkat för exempelvis N-sensor och övriga metoder som använder sig av reflektans från vegetation, är påverkan av icke-vegeterad mark. Bar mark kan påverka mätning och ge fel mätresultat (Heege 2013). Potatis som odlas med breda radavstånd kan därför vara mindre lämplig för mätmetoder baserad på reflektans, särskilt vid tidiga utvecklingsstadier när plantorna är små och ännu mer bar mark förekommer.

Jämförelse av mätvärdestrender bundet till potatisens tillväxt

För bladskafsanalys, N-tester och Vultus beräknade nitratkoncentration förväntades en nedåtgående trend ju senare i potatisens utveckling. Detta då en N-mobilisering i plantan sker under växtsäsong för senare knöltillväxt. Både Porter & Sisson (1991) med bladskafsanalys samt Giletto et al. (2010) med N-testern fick

liknande trender och i figur 17B-19 samt för de två lägsta gödslingsled i figur 17A visade fältförsöket på detsamma. I studien Porter & Sisson (1991) presenterades det att det oftast sågs ett koncentrationsmaximum vid första provtagning (40-50 dagar efter sättnings) för bladskafsanalysen, vilken därefter avtog, såsom det sågs för bladskafsanalysen 2023 (figur 18B). I något fall kunde en uppgång från första till andra provtagning ses innan avtagandet började, vilket sågs för bladskafsanalysen 2022 (figur 18A) och förmodas bero på att N-upptag för tillväxt inträffar. N-testern, bladskafsanalysen samt Vultus beräknade nitratkoncentration gav alltså alla utslag på den transport av näring som sker från bladen ner till knölnarna och visar på att detta sker först vid lägre gödslade led än de högre gödslade leden.

För N-sensor och Vultus NDVI-indexvärde förväntas istället trenden vara omvänd, en uppåtgående sådan ju mognare potatisen blev. Eftersom NDVI-index är en form av spektralanalys (Vultus 2020) precis som N-sensorn också är, och de båda mäter N-tillgång och biomassa bör mätvärdenas storlek öka allteftersom. Resultatet från 2022 (figur 16A & 20A) visade just på en sådan trend. Något som också sågs i en studie av Singh et al. (2014) för N-sensor mätning, där dock i vete. Där beskrivs trenden reflektera tillväxt och N-upptaget i växten (Demotes-Mainard et al. 2008). För potatis sker dock en transport av upptaget N i senare utvecklingsstadier till knölnarna, men eftersom N-sensorn dessutom reflekterar biomassa/tillväxt kan ett högre värde allteftersom vara riktigt.

Skillnader mellan år

När det kommer till skillnader mellan åren, observerades tydligare ledskillnader gällande bladskafsanalys men framförallt N-sensor och N-tester för 2022 jämfört med 2023 (figur 16-18). Förklaring till detta kan tänkas vara skillnader i väder och försöksplats. Jämförelse av vädret mellan åren kan kort sammanfattas med att 2022 var ett år gynnsamt för växtsäsongen med bra temperatur och regn vid rätt tidpunkter (figur 4). Det var lätt att komma ut med att så/sätta, försommarn var gynnsam för grödorna och vädret var bra vid skörd. År 2023 var ett betydligt sämre år för växtsäsongen med en torr vår/försommar och sen en mycket blöt sensommar (figur 4). Två så skilda år vädermässigt kan därmed ha effekt på grödans N-respons, där upptag kan reduceras på grund av torra perioder eller intensivt regn (Ekelöf & Råberg 2011) men också på pålitligheten av mätresultatet. Denna teori kan stödjas av tidigare studier. I studien av Porter & Sisson (1991) sågs det tydlig påverkan av nitratkoncentration i bladskafst på grund av de torra förhållanden som rådde ett av försöksåren och det argumenterades för försiktig tolkning av bladskafstdata från en torkstressad potatis (Porter & Sisson 1991). Liknande väderpåverkan kunde konstateras i studien av Fernandes et al. (2021) gällande klorofylldetektering, där ogynnsamma väderförhållande såsom intensiv nederbörd (speciellt efter N-tillförsel), mindre gynnsam temperatur och solinstrålning inte gav korrekt vägledning av N-gödsling (Fernandes et al. 2021). Väderpåverkan kan därmed

antas också påverka mätningar mellan mättillfällena samma år utöver inverkan mellan årens mätresultat. Vid vissa mättillfällen kan det precis regnat medan vid andra tillfällen varit torrt. Bladskafthanalysen kan däremot eventuellt lyftas fram som den mer stabila metod, eftersom resultaten 2023 (figur 18B) visade på betydligt tydligare ledsskillnader vid flera mättillfällen jämfört med de andra mätmetoderna, trots de väderskillnader som nämnts.

Gällande variation i resultat mellan olika platser är det något som kan förväntas eftersom marken har olika förmåga att försörja grödan med N (Porter & Sisson 1991). Skillnaden i framtaget N-optimum för de båda försöksplatserna, för 2022 och 2023 (tabell 4), pekar på att en sådan variation förmodligen finns. Detta innebär då att platsen med lägre N-optimum bör ha större N-försörjningsförmåga från marken och därmed bör potatisen lida mindre N-brist åtminstone till en början. De högre mätvärdena för 2023 (framförallt för de tidigare mättillfällena) för N-sensor, N-tester samt bladskafthanalys (figur 16B-18B) samt den högre skörden i ogödslat led (figur 21B), jämfört med 2022 (figur 16A-18A, figur 21A) uppvisar att så är fallet. En befintlig platskillnad finns alltså och kan därmed ha påverkat grödans N-respons.

Mättillfällena 2022 och 2023 kan eventuellt inte heller helt jämföras rakt av. Trots att mättillfällena, i tidpunkt, är rätt lika kan det i tabell 2 åskådliggöras skillnad på dagar efter sättnings och dagar efter uppkomst. För 2023 sattes potatisen senare och uppkomsten blev likaså. Däremot är skillnaden mindre mellan dagar efter uppkomst än dagar efter sättnings. Något som indikerar på att utvecklingen för den senare satta potatis har påskyndats och utvecklingen ligger eventuellt inte så skilt i fas mellan åren som dagar efter sättnings påvisar. Att sätta potatisen i liknande tid kan dock stå som förbättringsförslag för framtida studier där jämförelser mellan år ska ske.

5.1.2 Korrelation mellan mätmetoder och möjlig ersättning

Bladskafthanalysen har varit och är fortfarande den mätmetod som Lyckeby använder för att bedöma N-status. Eftersom den även under denna tiden fungerat bra skulle den kunna tänkas sättas som en sorts referens. En hög korrelation mellan bladskafthanalys och en annan mätmetod skulle därmed innebära en möjlig ersättning av bladskafthanalysen. Redan innan har studier påvisat hög korrelation mellan N-sensor och bladskafthanalys och N-tester och bladskafthanalys, en anvisning som stämmer överens med de framtagna korrelationer i detta fältförsök (tabell 6 och 7). I studien av Zebarth et al. (2003), undersökande N-sensor som mätmetod för N-statusbedömning i potatis, sågs jämförbara N-status bedömningar mellan N-sensor och bladskafthanalys. I studierna av Vos & Bom (1993) och Giletto et al. (2010), båda undersökande klorofyllmätare och dess kapacitet för N-status mätning i potatis, visade resultatet hos båda korrelation mellan total N-koncentration och klorofyllmätningar. Studien av Vos & Bom fann dock att

bladskafsanalysens nitratkoncentration (inbegripen som referens) reagerade mer på delad giva i jämförelse med klorofyllmätarens värde. Vid endast en giva var korrelationen mellan bladskafsanalys och klorofyllmätaren helt ok (Vos & Bom 1993), vilket är i linje med vad som sågs i resultaten från detta arbetets fältförsök 2023, med en giva innan sättnig. Både N-sensor och N-tester är alltså möjliga ersättare till bladskafsanalys. I studien av Zebarth et al. (2003) utfördes även mätningar med klorofyllmätare och resultaten visade på att korrelationen med bladskafsanalysen där var sämre för klorofyllmätare jämfört med N-sensor. De framtagna korrelationerna i detta fältförsök (tabell 6 och 7) både stödjer och ger motstånd för det resultatet beroende på år. Skillnaderna är dock inte speciellt stora och det kan tänkas finnas felkällor som påverkat resultatet mellan åren. Exempelvis kan mätningar utförts på olika sätt mellan de olika åren och vädret kan sett annorlunda ut inför mätning.

5.1.3 Mätmetodernas korrelation med N-gödslingsbehov

Skillnader för bästa korrelation med N-gödslingsbehovet mellan år

Vid jämförelse av mättillfällen såg det ut att skilja mellan de två åren gällande tidpunkt för när mätmetoderna hade bäst korrelation med gödslingsbehov (tabell 8 & 9). Sättnig av potatis skedde dock, som nämnt, olika för de två åren och vid jämförelse mellan dagar av sättnig sågs tidpunkt för hög korrelation vara rätt lika mellan åren. Speciellt resultatet för N-testern visade på detta där det sågs ett högt R^2 -värde vid 50 des 2022 (tabell 8) och 48 des 2023 (tabell 9). Med en sådan lik korrelation kan en försiktig slutsats dras om när det är bäst att mäta, det vill säga kring 50 dagar efter sättnig. För bladskafsanalysen och N-sensor är det lite svårare att dra några liknande slutsatser. Bladskafsanalysen hade ett högt R^2 -värde (över 0,85) 50 des 2022 (tabell 8) och 37 des 2023 (tabell 9), men eftersom 50 des för 2022 var första mätning finns det möjlighet att det även det året kunde setts höga korrelationer tidigare. För N-sensorn sågs ett högt R^2 -värde vid 64 des 2022 och 48 des 2023 och är den metod som kan sägas skilja lite mer mellan åren.

Det som också kunde ses för N-sensorn och N-testern mellan åren, vilket också stämmer överens med trenden för detektering av ledsskillnader, var att det gavs något konsekventare resultat för 2022 än 2023. För 2022 var det fler mättillfällen med högt R^2 -värde än för 2023 (tabell 8 & 9). En påverkande faktor kan vara antal led involverade i framtagandet av samband. För 2022 var N-optimum högre och fyra led kunde inbegripas i regressionsanalysen. För 2023 var N-optimum lägre och bara tre led låg under optimum och kunde tas med. Ju fler led inbegripna desto bättre samband kan tas fram, vilket gör 2022:s samband något säkrare än 2023:s. Troligtvis kan dessutom redan nämnda väderskillnader åren mellan (figur 4)

påverkat till de mer konsekventa resultatet för 2022. Att sedan bladskafsanalysen 2023 gav konsekventare och högre R^2 -värde än för 2022 är lite av ett frågetecken.

5.1.4 Jämförelse av gödslingsrekommendationer från bladskafsanalys

Gödslingsrekommendationerna framtagna från fältförsökets ekvationer sågs vara högre än dem baserade på Lyckeby's tolkningshjälp (51 & 52). Detta kan förklaras genom de olika förhållningssätten som rekommendationerna baserats på. Fältförsökets rekommendationer är helt baserade på mätvärden för N-status. Mätvärden för N-status har alltså översatts till en given rekommenderad N-giva. För rekommendationer baserade på enbart mätvärde för N-status kan feltolkningar förekomma (Cambouris et al. (2014); Goffart et al. (2008)). Mätningarna kan påverkas av integrerande faktorer och mätvärdet reflekterar därför inte bara N. Väder och markegenskaper har innan nämnts men även utvecklingsfas, sjukdomar samt bevattning kan interagera vid mätning av N-status (Goffart et al. 2008). En hög rekommendation behöver därför inte bero på låg N-status utan kan tyda på en utspädningseffekt på grund av för mycket vatten (Cambouris et al (2014)). Rekommendationerna grundade på Lyckeby's tolkningshjälp är baserade på mätresultat men är också baserade på information från tidigare försök (Rölin et al. 2018). Försök där referenskurvor har tagits fram för önskad nitratkoncentration under växtperioden samt vad en viss N-giva ger för effekt på nitratkoncentrationen. På så sätt har gränsvärden tagits fram kopplat till en rekommenderad gödselgiva medan det i fältförsökets ekvationer inte finns några sådana. Ekvationerna från fältförsöket är också baserade på mätningar av gröda som inte fått någon gödsel alls, vilket inte förekommer i verkligheten. Rekommendationer, framtagna från fältförsök för bladskafsanalys, kan därför antagas ligga i överkant eftersom interagerande faktorer inte har tagits i beaktning i de beräkningsmodeller/ekvationer som använts. Fortsatta studier behövs därför för att få framtagna ekvationer att bli mer omfattande. För resterande mätmetoder, där inga jämförelser för gödslingsrekommendationer kunde utföras eftersom inga/inga uppdaterade sådana finns för N-tester och N-sensorn, behövs också fortsatta studier utföras för framtagandet av omfattande beräkningsmodeller och för översättning av mätvärden till en lämplig rekommenderad N-giva, anpassade just för potatis.

5.1.5 Satellitbilder och påverkande faktorer

Att Vultus indexvärden inte gav jättebra resultat för ledsskillnader, korrelation mellan mätmetoder samt korrelation med gödslingsbehov är något som stöds av Carlssons (2022) resultat. Även i det arbetet sågs inget utslag för ledsskillnader och ingen bra korrelation påvisades. Mätresultatet kan tänkas påverkas av väder, där

data från satellitbilder är känt att påverkas av väder, såsom mulet väder där strålning hindras av moln (Heege 2013). Julimånad detta år regnade det till stora delar (figur 4) och det kan därför vara en faktor som hindrat eller påverkat satellitdata och påverkat slutresultatet för 2023.

Ett annat problem som kan tänkas ge effekt på resultatet är storleken på försöksrutorna. I studien av Peng et al. (2021), undersökande hur bra multispektral data från en drönare, satellitbilder (Sentinel-2) och en handhållen scanner kunde bedöma N-upptag, N-koncentration och N-näringsindex (NNI), togs försöksrutornas storlek upp. I studien pekades drönaren ut till att vara bäst på att detektera rumslig variation i potatisens N-status. Sentinel-2 satellitdata visade bra rumslig variation men råkade få med interaktion mellan försöksrutor och påverkan från omgivningen. Detta antogs bero på Sentinel-2 satellitens grova upplösning jämfört med drönarens (Peng et al. 2021), där satelliten som användes hade en rumslig upplösning på 10 m medan drönare kunde få fram bilder med 5 cm upplösning. Ett resultat som kan skapa diskussion kring fältförsökets utformning. Eventuellt kan de 12*12 m stora försöksrutorna vara för små vid mätning med satellit för att inte få med önskad information från omgivning. Försöksrutorna i studien av Peng et al. (2021) höll en nettostorlek på 24*24 m och en bruttostorlek på 30*30 m och satellitbilderna beskrivs där fått med önskad information. Det sågs inte heller vara ett lika stort problem i potatisfältstudien, där utan rutbegränsningar (tabell 10).

Som avslutning kan det också nämnas att satellitbild (och N-sensor för den delen) är en metod som enbart mäter ovanjordisk vegetation. För en gröda som potatis, med knölar och transport av näring till dessa, kan det vara en utmaning att skildra total näringsstatus bara med hjälp av reflektion från ovanjordisk vegetation. Mätning med satellitbilder i just potatis, som rotgröda, kan därför anses vara ett ämne som kan stå som förslag för framtida forskning. Dock har det kanske inte så stor betydelse just i detta fall att det är en rotgröda eftersom mätning och gödsling sker innan knöltillväxt (fas 4), vilket innebär att det mesta kvävet inte har hunnit translokteras till potatisknölarna från bladen.

5.2 Potatisfältstudie

5.2.1 Rumslig variation

Variation i knölskörd och N-gödslingsbehov

Variationen som sågs i knölskörd (figur 30) kan ge indikation på att det finns en variation i skördepotential, speciellt för fält B och C (figur 30). Eftersom växtnäringsförhållandet i marken kan variera med bland annat skördepotential (Lundström et al. 2001) är därför en sådan variation en indikation på ett varierat

gödslingsbehov. Ett sådant varierat N-gödslingsbehov sågs i resultaten (figur 31). Detta innebär att befintlig inomfältsvariation kan konstateras (i olika grad) för de fem fälten (A-E) och framförallt för fält B och C (figur 31). Det framtagna N-gödslingsbehovet (figur 31) kan dock inte användas som någon sorts gödslingsrekommendation utan visualiserar enbart förhållandet på fältet. För att få fram gödslingsrekommendationer skulle modeller baserade på N-statusmätningar behövs tas fram. De modeller som togs fram i fältförsöket (tabell 9) sågs inte vara anpassade för det mätintervall som rådde i fälten, eftersom fälten redan gödslats och hade kanske inte därför något ytterligare gödslingsbehov, med det låga optimum som rådde detta år, åtminstone i försöket. Modellerna från fältförsöket kunde därför inte användas trots att variation kunde antydans från mätresultatet från de fem mätpunkter, för de olika mätmetoderna. Det kan därför enbart fastställas att det finns inomfältsvariation i fält och att precisionsgödsling kan anses vara ett alternativ för ytterligare N-optimering inom potatis.

Tillämpning av precisionsgödsling

För att kunna applicera variabel giva behövs lämplig sensorteknik för detektering av rumslig variation inom fält. Bladskafsanalys och N-tester anses båda vara olämpliga metoder medan både N-sensorn (Zebarth et al. 2003) och satellitbilder är metoder som istället är mer lämpade för snabb, storskalig bedömning (Peng et al. 2021). Men för tillämpning av precisionsgödsling inom potatis, vilket också nämns i artikeln av Cambouris et al. (2014), behövs ytterligare kalibrering och justering för korrekt N-bedömning. Ett konstaterande som fältstudiens resultat kan understödja. Satellitbilder/data sågs i fältstudien kunna visa inomfältsvariation men det varierade samband som sågs mellan satellitbilder och resterande mätmetoder (tabell 10) lyfter upp diskussion kring hur exakta mätvärdena är som ges. I studien av Peng et al. (2021) sågs till exempel en högre upplösning med drönare ge noggrannare mätresultat än satellitbilder. Det kan till exempel än så länge vara så att det alltid behövs tas med punkter för kalibrering av data, såsom det gjordes i fältstudien, vid användandet av satellitbilder hos potatis. Däremot kan sambanden anses ha en hög osäkerhet eftersom datavolymen är mycket liten med enbart fem kalibreringspunkter. Det skulle behövs betydligt fler för att med säkerhet få fram pålitliga samband och vid framtida studier kan det stå som ett förbättringsförslag. Satellitbilder kunde för 2023 även ses begränsas av vädret, där inte bara mätresultatet kan påverkas utan också tillgången. Eftersom gödsling sker på en obestämmd tid ett antal gånger per år är tillgången därav av vikt vid rätt tillfälle för att få korrekta bedömningar av den rumsliga variation som finns. Utöver det, behövs, som nämnts innan, uppdaterade modeller utformas för framtagandet av gödslingsrekommendationer för att mätresultaten ska kunna översättas till en N-giva.

Slutsats och summering

Yara N-sensor, Yara N-tester samt bladskafsanalys var de mätmetoder som generellt hade bäst korrelation med gödslingsbehovet och därmed bäst potential för att ge en bra gödslingsrekommendation. Det var även N-sensor, N-tester och bladskafsanalysen som detekterade ledsskillnader bäst och korrelerade bäst med varandra. Bladskafsanalysen var metoden som gav tidigast signifikanta ledsskillnaderna och var därför mer synkad med normal tidpunkt för kompletteringsgödsling, senare gödsling förekommer dock för senare sorter. Skillnader mellan år förekom, med generellt bättre och konsekventare samband för 2022 än 2023. Väder- och platsskillnader mellan åren tros ha påverkat. Resultaten antyder dock att bladskafsanalysen var metoden som klarade dessa skillnader mellan åren bäst och kan därför anses vara något mer stabil. Vultus båda grödindexvärden gav däremot ingen bra korrelation med gödslingsbehov i försöken samt detektering av ledsskillnader och korrelation med andra mätmetoder, där satellitens låga upplösning i förhållande till försöksrutornas storlek nog spelat in. I fältstudien hade däremot satellitdata vid några tidpunkter ett samband dels med uppmätt skörd samt även med en del av mätningar gjorda på mätpunkterna, vilket möjliggjorde en grov uppskattning av fältens variation i skörd och N-gödslingsbehov och inomfältvariation kunde konstateras i olika grad. Resultaten visar på att potential finns för att ersätta bladskafsanalysen med en mer digital, mindre tidskrävande metod som N-sensorn. Ytterligare studier behövs dock för att ta fram en modell för översättning av SN-värde till gödslingsrekommendationer för potatis, där resultaten från den här undersökningen ger ett visst underlag. Potential finns också för precisionsgödsling av N i stärkelsepotatis, men även här behövs mer framtida forskning för att sensorteknik och gödslingsrekommendationer ska anpassas till potatis.

Referenser

- Andrews, M., Raven, J.A. & Lea, P.J. (2013). Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants. *Annals of Applied Biology*, 163 (2), 174–199. <https://doi.org/10.1111/aab.12045>
- Argento, F., Anken, T., Abt, F., Vogelsanger, E., Walter, A. & Liebisch, F. (2021). Site-specific nitrogen management in winter wheat supported by low-altitude remote sensing and soil data. *Precision Agriculture*, 22 (2), 364–386. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09733-3>
- Beevers, L. & Hageman, R.H. (1969). Nitrate Reduction in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 20 (1), 495–522. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.20.060169.002431>
- Birch, P.R.J., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E.M., Hein, I., Jones, J.T., Prashar, A., Taylor, M.A., Torrance, L. & Toth, I.K. (2012). Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security*, 4 (4), 477–508. <https://doi.org/10.1007/s12571-012-0220-1>
- Black, B.L., Fuchigami, L.H. & Coleman, G.D. (2002). Partitioning of nitrate assimilation among leaves, stems and roots of poplar. *Tree Physiology*, 22 (10), 717–724. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.10.717>
- Cambouris, A.N., Zebarth, B.J., Ziadi, N. & Perron, I. (2014). Precision Agriculture in Potato Production. *Potato Research*, 57 (3–4), 249–262. <https://doi.org/10.1007/s11540-014-9266-0>
- Carlsson, E. (2022). *Bedömning av kvävestatus i stärkelsepotatis - en jämförelse mellan olika metoder*. (2022:04). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för Mark & Miljö. <https://stud.epsilon.slu.se/17780/3/carlsson-e-20220531.pdf>
- Carter, G.A. & Knapp, A.K. (2001). Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *American Journal of Botany*, 88 (4), 677–684. <https://doi.org/10.2307/2657068>
- Carvalho, R.F., Takaki, M. & Azevedo, R.A. (2011). Plant pigments: the many faces of light perception. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33 (2), 241–248. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0533-7>
- Chen, C., Pan, J. & Lam, S.K. (2014). A review of precision fertilization research. *Environmental Earth Sciences*, 71 (9), 4073–4080. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2792-2>
- DataVäxt. (2023). *CropSat*. <https://datavaxt.com/sv/produkter/cropsat/> [2023-06-20]
- Delden, A. (2001). Yield and Growth Components of Potato and Wheat under Organic Nitrogen Management. *Agronomy Journal*, 93 (6), 1370–1385. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.1370>

- Delin, S. (2005). *Site-specific Nitrogen Fertilization Demand in Relation to Plant Available Soil Nitrogen and Water*. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/730/1/SDfin0.pdf>
- Demotes-Mainard, S., Boumaza, R., Meyer, S. & Cerovic, Z.G. (2008). Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. *Scientia Horticulturae*, 115 (4), 377–385. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.006>
- Ekelöf, J. & Råberg, T. (2011). *Växtnäringens inflytande på skörd och kvalitet i potatis*. Sveriges lantbruksuniversitet. http://partnerskapalnarp.slu.se/uploads/upt7/Växtnäringens_inflytande_på_skörd_och_kvalitet_i_potatis.pdf
- Fernandes, F.M., Soratto, R.P., Fernandes, A.M. & Souza, E.F.C. (2021). Chlorophyll meter-based leaf nitrogen status to manage nitrogen in tropical potato production. *Agronomy Journal*, 113 (2), 1733–1746. <https://doi.org/10.1002/agj2.20589>
- Finckh, M.R., Schulte-Geldermann, E. & Bruns, C. (2006). Challenges to Organic Potato Farming: Disease and Nutrient Management. *Potato Research*, 49 (1), 27–42. <https://doi.org/10.1007/s11540-006-9004-3>
- Giletto, C.M., Díaz, C., Rattín, J.E., Echeverría, H.E., Caldiz, D.O., 2010. Green Index to Estimate Crop Nitrogen Status in Potato Processing Varieties. *Chilean J. Agric. Res.* 70. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000100015>
- Gebbers, R. & Adamchuk, V.I. (2010). Precision Agriculture and Food Security. *Science*, 327 (5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Goffart, J.P., Olivier, M., Frankinet, M., 2008. Potato Crop Nitrogen Status Assessment to Improve N Fertilization Management and Efficiency: Past–Present–Future. *Potato Res.* 51, 355–383. <https://doi.org/10.1007/s11540-008-9118-x>
- Gómez, M.I., Barragán, A., Magnitskiy, S. & Rodríguez, L.E. (2019). Normalized difference vegetation index, N-NO₃⁻ and K⁺ in stem sap of potato plants (Group Andigenum) as affected by fertilization. *Experimental Agriculture*, 55 (6), 945–955. <https://doi.org/10.1017/S001447971900005X>
- Gustafsson, K., Berge, T.W. & Madsen K.H. (2015). Hållbart jordbruk genom precisionsodling. (Tekniskt rapport nr 34). Sveriges lantbruksuniversitet. https://pub.epsilon.slu.se/12505/17/gustafsson_k_etal_150825.pdf
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S. & White, P. (2012). Functions of Macronutrients. I: *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier. 135–189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- Heege, H.J. (2013). Site-specific Fertilizing. I: Heege, H.J (red). *Precision in Crop Farming: Site Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results*. Springer. 196-272. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6760-7>

- Jordbruksverket (u.å.). *Utvecklingsstadier*. [Faktablad]. Jordbruksverket.
https://fou.jordbruksverket.se/vxinfo/download/potatis_utvstad.pdf
 [2023-09-18]
- Jordbruksverket (2003). *Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling*. [Broschyr]. Jordbruksverket.
http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p7_18.pdf [2023-09-01]
- Jordbruksverket (2022). *Skörd av potatis 2022. Preliminär Statistik*.
<https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-12-07-skord-av-potatis-2022.-preliminar-statistik> [2023-08-28]
- Jordbruksverket (2023). *Rekommendationer och strategier för gödsling*. Jordbruksinformation 15. Jordbruksverket.
<https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/rekommendationer-och-strategier-for-godsling> [2023-09-07]
- Jämtgård, S., Näsholm, T. & Huss-Danell, K. (2010). Nitrogen compounds in soil solutions of agricultural land. *Soil Biology and Biochemistry*, 42 (12), 2325–2330. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.09.011>
- King, B.A., Stark, J.C. & Neibling, H. (2020). Potato Irrigation Management. I: Stark, J.C., Thornton, M., & Nolte, P. (red.) *Potato Production Systems*. Springer. 417–446. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_13
- Kissel, D.E. (2014). The Historical Development and Significance of the Haber Bosch Process. *Better Crops*, 98 (2).
[http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/F717A1BE5453305E85257CDA0071476C/\\$FILE/BC%202014-2%20p9.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/F717A1BE5453305E85257CDA0071476C/$FILE/BC%202014-2%20p9.pdf) [2023-09-04]
- LantMet (2022). *Klimatdata*. SLU, SJV, Hushållningssällskapet.
<https://www.ffe.slu.se/lm/LMHome.cfm?LMSUB=0&ADM=0>
 [2023-11-09]
- LantMet (2023). *Klimatdata*. SLU, SJV, Hushållningssällskapet.
<https://www.ffe.slu.se/lm/LMHome.cfm?LMSUB=0&ADM=0>
 [2023-11-09]
- Lindholm, R., Wijkmark, L., & Svensson, S.-E. (2012). *Precisionsgödsling med kalium höjer kokkvaliteten i matpotatis*. [Faktablad]. Sveriges lantbruksuniversitet.
https://pub.epsilon.slu.se/9355/21/lindholm_et_al_121218.pdf
 [2023-10-23]
- Lyckeby (2022). *Gödslingsrekommendationer år 2022*. [Faktablad]. Lyckeby.
https://www.lyckeby.com/wp-content/uploads/2022/02/godslingsrekommendationer_2022.pdf
 [2023-09-07]
- Lyckeby (2023). *Gödslingsråd 2023*. Lyckeby. https://www.lyckeby.com/wp-content/uploads/2023/02/godslingsrad-2023_utskick.pdf
- Lu, Y., Liu, M., Li, C., Liu, X., Cao, C., Li, X. & Kan, Z. (2022). Precision Fertilization and Irrigation: Progress and Applications. *AgriEngineering*, 4 (3), 626–656.
<https://doi.org/10.3390/agriengineering4030041>

- Lundström, C., Delin, S. & Nissen, K. (2001). *Precisionsodling - teknik och möjligheter*. Teknisk rapport nr 5. Sveriges lantbruksuniversitet. https://pub.epsilon.slu.se/4448/1/lundstrom_et_al_100111.pdf
- Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L. & Suzuki, A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*, 105 (7), 1141–1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>
- Minotti, P.L., Halseth, D.E. & Siczka, J.B. (1994). Field Chlorophyll Measurements to Assess the Nitrogen Status of Potato Varieties. *HortScience*, 29 (12), 1497–1500. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.12.1497>
- Muleta, H.D. & Aga, M.C. (2019). Role of Nitrogen on Potato Production: A Review. *Journal of Plant Sciences*. 7(2), 36-42. <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/jps>
- Muñoz-Huerta, R., Guevara-Gonzalez, R., Contreras-Medina, L., Torres-Pacheco, I., Prado-Olivarez, J. & Ocampo-Velazquez, R. (2013). A Review of Methods for Sensing the Nitrogen Status in Plants: Advantages, Disadvantages and Recent Advances. *Sensors*, 13 (8), 10823–10843. <https://doi.org/10.3390/s130810823>
- Myneni, R.B., Hall, F.G., Sellers, P.J. & Marshak, A.L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33 (2), 481–486. <https://doi.org/10.1109/36.377948>
- Näsholm, T., Kielland, K. & Ganeteg, U. (2009). Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytologist*, 182 (1), 31–48. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02751.x>
- Rölin, Å., Gunnarsson, A., Larsson Jönsson, H., Olsson, G. Starch, L., (2018). *Tolkning av Nitrat- och Kaliumanalyser från plantsaft av potatisbladskrift i stärkelsepotatis*. (Hushållningssällskapet Skånes och HIR Skånes gemensamma rapportserie 2018:03). <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2019/02/tolkningshjalp-matpotatis-finalmedloggorhslayout1.pdf>
- Peng, J., Manevski, K., Kørup, K., Larsen, R. & Andersen, M.N. (2021). Random forest regression results in accurate assessment of potato nitrogen status based on multispectral data from different platforms and the critical concentration approach. *Field Crops Research*, 268, 108158. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108158>
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V., Murayama, Y. & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sensing*, 12 (14), 2291. <https://doi.org/10.3390/rs12142291>
- Porter, G.A., Sisson, J.A., 1991. Petiole nitrate content of Maine-grown Russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying nitrogen rate. *American Potato Journal* 68, 493–505. <https://doi.org/10.1007/BF02853766>

- Robertson, G.P. & Groffman, P.M. (2015). Nitrogen Transformations. I: Paul, E.A. (red). *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. Elsevier. 421–446. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415955-6.00014-1>
- Rosen, C.J., Kelling, K.A., Stark, J.C. & Porter, G.A. (2014). Optimizing Phosphorus Fertilizer Management in Potato Production. *American Journal of Potato Research*, 91 (2), 145–160. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9371-2>
- Simard, R.R., Nolin, M.C. & Cambouris, A.N. (1998). Application of Precision Farming to Potato Production in Québec. *Better Crops*, 82 (2). http://lanteksa.co.za/downloads/Precision_farming_on_Potatoes.pdf [2023-09-26]
- Singh, M., Kumar, R., Sharma, A., Singh, B., Thind, S.K., 2015. Calibration and Algorithm Development for Estimation of Nitrogen in Wheat Crop Using Tractor Mounted N-Sensor. *The Scientific World Journal* 2015, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2015/163968>
- Stamatiadis, S., Schepers, J.S., Evangelou, E., Tsadilas, C., Glampedakis, A., Glampedakis, M., Dercas, N., Spyropoulos, N., Dalezios, N.R. & Eskridge, K. (2018). Variable-rate nitrogen fertilization of winter wheat under high spatial resolution. *Precision Agriculture*, 19 (3), 570–587. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9540-7>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I-M., Murphy, A. 2022. *Plant Physiology and Development*. 7, Oxford University Press, Inc.
- Thornton, M. (2020). Potato Growth and Development. I: Stark, J.C., Thornton, M., & Nolte, P. (red.) *Potato Production Systems*. Springer. 19-33. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_13
- Vos, J., Bom, M., 1993. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. *Potato Res* 36, 301–308. <https://doi.org/10.1007/BF02361796>
- Vultus (2020). *Vultus Tech. How do we analyze your crops from space*. <https://www.vultus.se/blog/crop-analysis-from-space> [2023-09-20]
- Yang, C. (2018). High resolution satellite imaging sensors for precision agriculture. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(4), 393-405. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018226>
- Yara (u.å.a). *Gödslingsråd för potatis*. <https://www.yara.se/vaxtnaring/potatis/godsling-potatis/> [2023-10-10]
- Yara (u.å.b). *Om Yara*. <https://www.yara.se/om-yara/> [2023-09-06]
- Yara (u.å.c). *Så här fungerar Yara N-sensor*. <https://www.yara.se/vaxtnaring/verktygsladan/yara-n-sensor/sa-har-fungerar-yara-n-sensor/> [2023-09-06]
- Yara (u.å.d). *Yara Sverige sedan 1882*. <https://www.yara.se/om-yara/om-yara-sverige/> [2023-09-06]
- Yara (2017). *Yara N-tester - Bruksanvisning*. (01-201107). Yara. https://www.yara.se/contentassets/a14b9eef2e554defaa3be44021bf0d7f/2017-manual_nya_n-tester_tcm422-253985.pdf
- Zebarth, B.J., Rees, H., Tremblay, N., Fournier, P. & Leblon, B. (2003). Mapping spatial variation in potato nitrogen status using the N-sensor. *Acta Horticulturae*, (627), 267–273.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.627.34>

Zebarth, B.J. & Rosen, C.J. (2007). Research perspective on nitrogen bmp development for potato. *American Journal of Potato Research*, 84 (1), 3–18. <https://doi.org/10.1007/BF02986294>

Zhang, W., Liu, X., Wang, Q., Zhang, H., Li, M., Song, B. & Zhao, Z. (2018). Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05.131>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Kväve (N) är en av de mest grundläggande näringsämnen för växter och är avgörande för deras tillväxt och utveckling. Det är en viktig beståndsdel i exempelvis proteiner, klorofyll, nukleinsyror och inbegrips i många livsviktiga processer, såsom fotosyntes. De flesta grödor är beroende av att kunna absorbera kväve från marken, främst i form av ammonium och nitrat. Många jordbruksjordar har en begränsad tillgång på dessa kväveföreningar, vilket gör kvävegödsling till en vanlig åtgärd i jordbruket. Något som görs i stärkelsepotatis för att uppnå hög knölskörd och hög stärkelsehalt. Stärkelsepotatis är ofta sena sorter med lång växtsäsong vilket ger krav på tillgång av tillgängligt kväve även senare på växtsäsongen. För att uppnå detta brukar delad N-giva förekomma. En del av givan ges vid samband av sättnings och kompletteras sedan senare under växtsäsong. Till hjälp för att bestämma tidpunkt och mängd av denna kompletteringsgiva brukar analys av bladskafte hos potatis ske. Detta ger en bedömning av N-status i stärkelsepotatisen. Bladskafteanalys som metod är dock både tids- och arbetskrävande. Utöver optimering av delad giva kan N-gödsling optimeras genom variabel giva. På fält med stor inomfältsvariation kan en variabel giva ge fördelar som förbättrad resursutnyttjandet, ökad näringsanvändningseffektivitet, minskade kostnader för gödselmedel samt minskad risk för N-läckage. Sistnämnda är speciellt viktigt för potatis som gröda med både grunda och utvecklade rotsystem samt att odling ofta sker på lätta jordar med sämre vattenhållande förmåga.

Syftet med detta arbete är uppdelat i två huvudmål: i) att undersöka hur bra andra N-mätmetoder, utöver bladskafteanalysen, är på att förutsäga kvävegödslingsbehov och ii) att se hur stor variation det finns i enskilda stärkelsepotatisfält. Resultaten från detta arbete förväntas ge insikt i huruvida mindre tids- och arbetskrävande mätmetoder potentiellt kan ersätta bladskafteanalys för bedömning av N-status i potatis. Dessutom kan resultaten ge en indikation på om precisionsgödsling är ett alternativ för stärkelsepotatis. Ett fältförsök med stigande N-givor och en fältstudie för att studera inomfältsvariationer genomfördes därför under sommaren 2023. Även data från ett liknande fältförsök 2022 inbegreps i analyserna. En blockdesign med tre upprepningar av fem olika kvävebehandlingar utformades för fältförsöket. Mätningar med Yara N-sensor, Yara N-tester, bladskafteanalys samt två grödindex från Vultus erhållna från satellitbilder utfördes. I fältstudien granskades fem fält

hos fem potatisodlare med satellitbilder tillsammans med skörd och kalibreringsmätningar på fem mätpunkter. Mätningar utfördes med samma mätmetoder som för fältförsöket.

Resultatet från fältförsöken visade på att Yara N-sensorn, Yara N-tester och bladskafsanalys var de metoder som hade bäst korrelation med gödslingsbehovet och därmed bäst potential för att ge en bra gödslingsrekommendation. Bladskafsanalysen var metoden som gav tidigast signifikanta ledsskillnaderna och var därför mer synkad med normal tidpunkt för kompletteringsgödsling, senare gödsling förekommer dock för senare sorter. Skillnader mellan år förekom, med generellt bättre och konsekventare samband för 2022 än 2023. Väder- och platskillnader mellan åren tros ha påverkat. Resultaten antyder dock att bladskafsanalysen var metoden som klarade dessa skillnader mellan åren bäst och kan därför anses vara något mer stabil. Vultus båda grödindexvärden gav däremot ingen bra korrelation med gödslingsbehov i försöken, där satellitens låga upplösning i förhållande till försöksrutornas storlek nog spelat in. I fältstudien hade däremot satellitdata vid några tidpunkter ett samband dels med uppmätt skörd samt även med en del av mätningar gjorda på mätpunkterna, vilket möjliggjorde en grov uppskattning av fältens variation i skörd och N-gödslingsbehov, vilket visade sig vara stor på två av fälten med standardavvikelser på runt 15 ton skörd per hektar och 40 kg N per hektar. Resultatet visar alltså på att potential finns att ersätta bladskafsanalys med en mer digital, mindre tidskrävande metod som N-sensorn för N-statusbedömning. Det behöver dock arbetas fram en modell för översättning av SN-värde (N-sensorns mätvärde) till gödslingsrekommendationer för potatis, där resultaten från den här undersökningen ger ett visst underlag. Potential finns också för precisionsgödsling av N i stärkelsepotatis, men även här behövs mer framtida forskning för att sensorteknik och gödslingsrekommendationer ska anpassas till potatis. Vultus båda grödindexvärden gav däremot ingen bra korrelation med gödslingsbehov i försöken, där satellitens låga upplösning i förhållande till försöksrutornas storlek nog spelat in. I fältstudien hade däremot satellitdata vid några tidpunkter ett samband dels med uppmätt skörd samt även med en del av mätningar gjorda på mätpunkterna, vilket möjliggjorde en grov uppskattning av fältens variation i skörd och N-gödslingsbehov, vilket visade sig vara stor på två av fälten med standardavvikelser på runt 15 ton skörd per hektar och 40 kg N per hektar. Resultatet visar alltså på att potential finns att ersätta bladskafsanalys med en mer digital, mindre tidskrävande metod som N-sensorn för N-statusbedömning. Det behöver dock arbetas fram en modell för översättning av SN-värde (N-sensorns mätvärde) till gödslingsrekommendationer för potatis, där resultaten från den här undersökningen ger ett visst underlag. Potential finns också för precisionsgödsling av N i stärkelsepotatis, men även här behövs mer framtida forskning för att sensorteknik och gödslingsrekommendationer ska anpassas till potatis.

Tack

Jag skulle vilja tacka min handledare Sofia Delin för all hjälp under arbetet. Även ett stort tack till Lyckeby och min biträdande handledare Stefan Hansson både för tillgång till ett av deras fältförsök och all hjälp innan, under och efter insamling av min data. Fältförsöket sköttes av hushållningssällskapet Skåne, Hellegården som även stod till förfogande med GPS-utrustning inför försöket. Arbetet har också utförts i samarbete med Yara och Vultus. Jag vill tacka Yara för lån av utrustning och min kontaktperson Carl-Magnus Olsson på Yara för svar på alla mina frågor. Ett tack till mina kontaktpersoner Fan Wang och Min Wang från Vultus som hjälpt mig med mina frågor och tagit fram värden och filer gällande satellitdatat inkluderat i detta arbete. Utöver fältförsöket från Lyckeby har mätningar även gjorts på fält ute oss fem odlare, därför vill jag tacka potatisodlarna för tillgång av deras fält och för att de varit hjälpsamma och svarat på alla mina frågor.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- .

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.