

Samband mellan odlingsförutsättningar, växtnäring och skörderesultat i ekologisk grönsaksodling

utvärdering av en serie dokumentationsprojekt genomförda i ekologiska grönsaksodlingar i mellansverige 1999–2004

Margareta Magnusson, SLU Umeå

Åsa Rölin, HS, Värmland

Elisabeth Ögren, Länsstyrelsen i Västmanlands län

Innehåll

Bakgrund och syfte, 5

Sammanfattning av slutsatser, 5

Utvärdering av analyser, 7

Förklaring av några statistiska termer, 7

Tolkning av PCA-plottar, 7

Vitkål, 8

Statistisk bearbetning, 8

Dataset 1, 8

Dataset 2, 11

Diskussion och slutsatser, 15

Riktvärden, 15

pH, 16

Kväve, 16

Kalium, 17

Fosfor, 17

Svavel, 18

Kalcium, 18

Magnesium, 18

Natrium, 19

Klorid, 19

Bor, 19

Järn, 20

Mangan, 20

Zink, 21

Koppar, 21

Molybden, 21

Nickel, 22

Kisel, 22

Aluminium, 22

Kadmium, 23

Ca/K, 23

K/Mg, 23

Ca/Mg, 23

Morot, 24

Statistisk bearbetning, 24

Dataset 1, 24

Dataset 2, 29

Diskussion och slutsatser, 33

Referensvärden, 33

pH, 34

Kväve, 34

Kalium, 34

Fosfor, 34

Svavel, 35

Kalcium, 35

Magnesium, 35

Natrium, 35

Klorid, 36
Bor, 36
Järn, 36
Mangan, 36
Zink, 37
Koppar, 37
Molybden, 37
Nickel, 37
Kisel, 37
Aluminium, 38
Kadmium, 38
K/Mg, Ca/Mg, Ca/K, 38
Jämförelse av upptag för vitkål och morötter, 39

Litteratur, 40

Bilagor

Bilaga 1. Vitkål, dataset 1
Bilaga 2. Vitkål, dataset 2
Bilaga 3. Morot, dataset 1
Bilaga 4. Morot, dataset 2

Bakgrund och syfte

Under tidsperioden 1999–2004 har dokumentationsprojekt genomförts av Elisabeth Ögren, Länsstyrelsen Västerås och Åsa Rölin, HS Värmland i 8–11 ekologiska grönsaksodlingar i fem län i Mellansverige (Ögren, 1999; 2000; Ögren & Rölin, 2001; 2002; 2003; 2004). Samma gårdar har studerats sedan 1999 och under 2005 har en deltagardriven utvärdering genomförts tillsammans med lantbrukarna (Ögren & Rölin, 2005). Omfattande data om odlingarna har dokumenterats; växtföljd, gödsling, odlingstekniska åtgärder, skördenivåer mm. Jord och plantor har analyserats på sitt växtnäringsinnehåll.

Tidigt i projektet såg man tendenser till att växtnäringsbalanserna ur miljösynpunkt visat på rimliga överskott av kväve medan fosforöverskotten i flertalet balanser var högre än Jordbruksverkets rekommenderade värden med hänsyn taget till markens fosfortillstånd. Dessa tendenser har bekräftats under åren. Olika sätt att minska fosforöverskotten har diskuterats. Kaliumunderskott på gårdar med låg kaliumklass har uppmärksammas och gödslingsstrategin har då i flera fall ändrats.

I de årliga utvärderingarna har man bedömt att halterna av främst kväve, kalium, magnesium, mangan och bor i flera fall och genomgående för vissa gårdar varit så låga att det troligen påverkat växterna negativt. En stor osäkerhetsfaktor har dock bristen på relevanta riktvärden för de olika typerna av analyser varit. För produktproverna saknas i stor utsträckning riktvärden. För jordanalyserna baseras riktvärdena på konventionell odling och värdena i projektet skiljer sig för vissa ämnen så kraftigt från riktvärdena att jämförelserna blir meningslösa.

En systematisk genomgång av hela materialet bedömdes kunna ge säkrare slutsatser för förslag på gödslingsstrategier och odlingsåtgärder som förbättrar växtnäringsutnyttjandet och odlings-säkerheten i ekologisk grönsaksodling.

Denna genomgång och rapport har finansierats av Jordbruksverket inom ramen för Forskning och Utveckling inom Ekologisk produktion.

Sammanfattning av slutsatser

Den samlade utvärderingen har bekräftat flera av de tendenser man iakttagit i projektet.

Kalium och mangan är de enskilda växtnäringsämnen som påverkat skörden av vitkål starkast. Otillräckligt upptag av både kalium och mangan beror främst på höga halter av kalcium och magnesium i jorden. Otillräckligt upptag av mangan beror dessutom på högt pH i jorden. Kaliumbristen kan åtgärdas med ökad kaliumtillförsel men manganbristen är svårare att lösa. Främsta rådet är att inte kalka upp nya jordar till pH värden över 6 och att inte tillföra extra magnesium där innehållet redan är högt. På jordar med högt pH och/eller där man konstaterat manganbrist under flera år skulle en planerad bladgödsling under säsongen kunna vara en lösning.

Morötterna tycks ha lättare än vitkålen att ta upp kalium och ett allmänt intryck av resultaten är att vitkålen störs mycket mera än morötterna av för höga halter av kalcium och magnesium i jorden. Resultaten i morötterna tyder på att manganbrist varit skördebegränsande även här, men tendenserna är mycket svagare än i vitkålen. Överhuvudtaget ser upptaget av växtnäring i vitkålen ut att påverkas betydligt mera av förhållandena i jorden än upptaget i morötterna. Det kan handla om arts specifika skillnader i näringsupptaget. En viktig faktor är naturligtvis att det handlar om större mängder av växtnäring som tas upp i en vitkålsgröda jämfört med i en morotsgröda och att en betydligt större andel tas upp under första delen av säsongen i vitkål. Morötterna kan också dra nytta av samarbete med mykorrhizasvampar i jorden.

Bor har inte visat några tydliga effekter på skörden men alla tillgängliga referensvärden tyder på att tillgången till bor är underoptimal i både vitkål och morot och regelbunden borttillförsel bör fortsätta. Låga värden för bor både i jorden och i produktproverna uppmärksammas tidigt i projektet och borgödsling med 1–2 kg rent bor per ha i samband med vårbruket har införts till de flesta grönsakskulturerna i växtföljden. Eftersom marginalen till skadliga effekter av höga borhalter i jorden anses liten är det klokt att följa värdena i jorden vid regelbunden tillförsel. Kål och morötter anses höra till de växtslag som är

minst känsliga för höga borhalter. Dit räknas också sallat, lök, kålrot, bondbönor, rödbetor, mangold, sockerbeta och lucern. Känsligast anses bönor, jordgubbar, svartvinbär, hallon och många fruktträd vara. Däremellan placeras majs, ärt, rädisa, potatis, tomat, vete, korn och havre. Bor blir mindre tillgängligt för plantorna med stigande pH och då behövs större tillförsel för att få effekt. Med tanke på att bor på senare år visat sig vara viktigt även för människor är god tillgång till bor för grödorna även ett plus för konsumenterna.

Spurway-analyserna ger en helt annan helhetsbild av växtnäringssituationen jämfört med markarteringens handfull växtnäringssämnen och har tillsammans med plantsaftanalyser potential att bli ett värdefullt redskap för att förbättra växtnäringsutnyttjandet inom ekologisk grönsaksodling. Ett stort bekymmer är dock de riktvärden som analyslaboratorierna tillämpar. De är från början baserade på konventionell odling och har i vissa fall inte uppdaterats de senaste 20–30 åren. Gemensamt för båda är att de inte är anpassade till ekologisk odling där växtnäringsförsörjningen bygger på en kontinuerlig mineralisering från organiska gödselmedel. Höga halter i markvätskan är varken sannolikt eller önskvärt. Däremot är balansen mellan olika ämnen viktig. Värdena i projektet skiljer sig för vissa ämnen så kraftigt från riktvärdena att jämförelser blir meningslösa. Konsekvenserna av de inaktuella och missvisande riktvärdena är en uppenbar risk för överdriven fosforgödsling och en ökad risk för brist på mangan och andra mikronäringssämnen om man försöker uppnå de rekommenderade värdena för kalcium i jorden. Med relevant utvärdering ökar analyserna istället möjligheterna att upptäcka skördebegränsande näringsbrister och därmed förbättra utnyttjandet av kväve och fosfor.

Odlarna i projektet har uttryckt en bestämd vilja att så långt möjligt komma ifrån ”påsgödsel” och i stället främst använda lokala växtnäringsskällor. Gröngödsling och klöverrika vallar tillför kväve till växtföljden. Vall eller gröngödsling har ingått i merparten av växtföljderna och med upp till 63 % andel av grödorna i växtföljden. I princip skulle man kunna vara självförsörjande på kväve. Spurway- och plantsaftanalyser av kväve under årens lopp tyder dock på att det varierar kraftigt

hur mycket kväve växterna har tillgång till efter en kvävefixerande gröda. Till vitkålen har odlarna i alla de dokumenterade odlingarna tillfört ytterligare växtnäring i form av stallgödsel eller Biofer-produkter och även till en stor del av morotsgrödorna. I flera fall har nollrutor visat att gödslingen har varit i överkant. Vitkål är en näringskrävande gröda och odlarna vill vara på den säkra sidan. Tidigare gjordes i de flesta fall en tillskottsgödsling till vitkål strax innan huvudena började knyta sig. Erfarenheterna i projektet har dock visat att det är risk för kvävebrist i början av säsongen när plantorna håller på att rota ut och mineraliseringen inte kommit igång och man diskuterar nu att merparten av gödslingen kan behöva tillföras vid starten även om förfrukten varit bra. Utom då vitkål odlas på lätt jord.

För övriga ämnen som inte är ”förnyelsebara” gäller principen att bortförseln med skörden måste kompenseras med tillförsel utifrån förr eller senare beroende på hur stort förråd som finns i jorden. Kalium förs bort i stora mängder med grönsaksskördar vilket måste kompenseras på kaliumsvaga jordar. Tar man in stallgödsel, hästgödsel eller liknande utifrån kan det räcka som compensation. Odlarna ser gödslingen med stallgödsel även som en investering för framtiden genom att öka jordens bördighet. Har man inte tillgång till den typen av gödsel i tillräcklig mängd kan de pelleterade produkterna vara ett komplement. Genom att välja lämplig sammansättning kan man undvika att förstärka obalanser i jorden och om möjligt även rätta upp balansen på sikt i växtföljden. Förutom att de finns i många olika kombinationer av kväve, fosfor och kalium innehåller de väldigt varierande mängder av svavel som är ett annat ämne som det lätt blir brist på i en odling som strävar efter att bli självförsörjande på växtnäring. Kalium i Bioferprodukterna kommer främst från rester från jästindustrin. Dessa är rika på kaliumsulfat. Ju mer kalium Bioferprodukten innehåller desto mer svavel ingår också. Svavel kan även tillföras med Kiserit. Kiserit har dock endast använts två år av en odlare i projektet för att tillföra magnesium. Kålväxter och lökväxter behöver mera svavel än många andra växtslag. Även innehållet av natrium kan vara av betydelse. Ett gott tillstånd för kalium, svavel och bor är också viktigt för gröngödslingsgrödorna.

Utvärdering av analyser

Med hjälp av multivariata analysmetoder kan man få en överblick och upptäcka tendenser och mönster i ett material med många variabler. Statistiska samband kan inte likställas med orsakssamband utan måste tolkas i sitt sammanhang. Vid den samlade utvärderingen har resultaten från de statistiska bearbetningarna jämförts med referensvärden för de olika analysmetoderna.

Förklaring av några statistiska begrepp

Objekt är plantproverna.

Variabler är alla analysvärden i plantorna och i jorden där de växt.

Den multivariata analysmetoden brukar beskrivas som att varje objekt representeras av en punkt i en multivariat rymd (eller koordinatsystem) med lika många axlar som antalet variabler. Det fungerar matematiskt men inte i huvudet! För att studera sambanden konstruerar man "fönster" i den här rymden som bara har två axlar, x och y, där så mycket relevant information som möjligt har samlats.

PCA (PrincipalComponentAnalys).

PLS (Partial Least Squares Projection to Latent Structures) är en multivariat regressionsanalys där en eller flera Y-variabler anpassas till flera X-variabler.

Modell brukar man kalla utfallet av en PCA eller PLS.

R^2Y är ett mått på förklaringsgraden.

Q^2 är ett mått på den statistiska säkerheten.

Både R^2Y och Q^2 kan variera mellan 0 och 1, ju högre desto starkare modell.

En PLS modell med högt R^2Y men med lågt Q^2 har en hög förklaringsgrad men låg säkerhet och man får vara mycket försiktig med att dra slutsatser om de samband modellen visar. I en stark modell bör Q^2 inte vara mer än 5–20% lägre än R^2Y .

"Outlier" är objekt som avviker kraftigt från övriga.

Med ett positivt samband (med skörden) menas att ju högre värden i jorden eller plantan desto högre skörd. Med ett negativt samband menas att ju högre värden i jorden eller plantan desto lägre skörd.

Tolkning av PCA-plottar

Objektplotten visar spridningen för objekten, om där finns grupper eller "outliers". Objekt som ligger i närheten av varandra har likartade värden för analyserna i jord och plantor.

I variabelplotten kan man se vilka variabler som samvarierar, d.v.s. ligger i närheten av varandra eller har negativt samband d.v.s. ligger i motsatt del av koordinatsystemet.

Variabelplotten korresponderar med objektplotten så att objekten har höga värden för de variabler som ligger inom samma del av koordinatsystemet. Enklart är att föreställa sig att man lägger den ena plotten på den andra i transparent utskrift. Alla siffror i de här PCA-plottarna är relativa, även + och -, och inget att intressera sig för. Det intressanta är den relativa placeringen för objekt och variabler i förhållande till varandra.

Vitkål

För vitkål finns 2 dataset bestående av olika typer av analyser: De har behandlats separat vid den statistiska utvärderingen.

Dataset 1

Består av markkarteringsanalyser + produktprov. Sedan starten 1999 har jordprov tagits i vitkålsfälten en gång per år och analyserats enligt metoden för markkartering, d.v.s. pH, P-Al, K-Al, Ca-Al, Mg-Al, P-HCl, K-HCl och Cu-HCl samt extraktion av B med hetvatten (Tabell 1). Vitkålshuvudena har analyserats vid skörd på totala halten i torrsubstansen (ts) av C, N, K, P, S, Ca, Mg, Na, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Si, Al, Ni, Mo och Cd (Tabell 2).

Tabell 1. Markkarteringsanalyser i vitkålsfälten

Parameter	43 prov 1999–2004
pH	5,7–7,2
Mull %	1,1–7,9
Total-Kväve mg/100 g jord	108–360
P-Al	2,7–54
P-HCl	41,2–150
K-Al	1,1–56
K-HCl	16,6–620
Mg-Al	1–75
Ca-Al	30,6–400
Cu-HCl mg/kg jord	3,4–42
B-hetvatten	0,2–1,3
K/Mg	0,22–4,06
Ca/Mg	3,33–112,2
Ca/K	4,64–41,64

Tabell 2. Analyser av produktprov på vitkål i projektet samt referensvärden från olika källor

Ämne	Projektet 47 prov 1999–2004	Norra Sv. 6 prov 1993–1995	Bergmann & Neubert 1976	Varo m.fl. 5 prov 1980	Piggott 1986	Förslag riktvärde 2000	Förslag riktvärde 2005
TS %	6,02–10,80	8,57–15,30		8,00			
Kol (C) % av ts	42,9–45,2	38,6–42,5					
Kväve (N)	1,26–3,07	1,48–2,35		2,63–3,75	3,0	1,5–2,5	1,5–2,5
Kalium (K)	1,81–3,06	2,11–3,43	3,0–4,0	3,6–4,3	2,4	2,0–3,5	2,5–3,5
Fosfor (P)	0,21–0,36	0,23–0,39		0,37–0,65	0,26	0,25–0,50	0,25–0,50
Svavel (S)	0,27–0,85	0,41–0,65		0,55–0,78	<0,66	0,50–0,90	0,50–0,90
Kalcium (Ca)	0,23–0,63	0,27–0,55	0,40–0,60	0,50–0,57	0,7	0,20–0,50	0,30–0,70
Magnesium (Mg)	0,09–0,27	0,10–0,19	0,14–0,20	0,15–0,19	0,18	0,20–0,35	0,15–0,25
Natrium (Na)	0,02–0,17	0,04–0,14			0,11		
Bor (B) mg/kg ts	12,5–26,9	10,6–18,7		21,3–27,5		20–100	20–50
Järn (Fe)	19,0–39,0	24,1–33,8	40–100	43,8–51,3	51	30–100	30–100
Mangan (Mn)	7,1–25,7	10,1–55,1	25–50	13,8–36,3		30–200	25–100
Zink (Zn)	8,2–26,8	18,1–21,2		18,8–45,0	34	20–100	20–50
Koppar (Cu)	1,1–2,9	2,7–5,4		3,8–4,9	3,3	5–10	3,0–5,0
Molybden (Mo)	0,24–32,2	0,15–2,30		<1,25		0,1–3,0	0,1–3,0
Nickel (Ni)	0,076–2,0	0,14–0,91		0,25–3,75			
Kisel (Si)	5–41	15–27		12,5–25			
Aluminium (Al)	1,4–12,4	2,8–5,4		<12,5			
Kadmium (Cd)	0,007–0,16	<0,04–0,093		0,063–0,125			

Totalt finns 47 objekt fördelade på 6 år och 11 odlingar. Alla odlingar är inte representerade varje år. I några fall har 2 eller 3 prov tagits på olika behandlingar i samma fält och totalt kommer proverna från 40 olika vitkålsfält (Bilaga 1). Materialet är tillräckligt omfattande och noggrant insamlat och dokumenterat för att statistisk bearbetning ska vara meningsfull, men en rad faktorer medför att de statistiska sambanden mellan skörd och analyser inte blir så starka.

Jordproverna togs under perioden 1999–2001 på hösten i samband med att produktproverna togs. Därefter har de tagits på våren före eventuell

grundgödsling. Det kan medföra att de inte är helt jämförbara över åren. En viktigare faktor är dock troligen att jordanalyserna inte avspeglar växtnäringsstillgången under växtsäsongen särskilt bra; jordanalyserna innefattar få ämnen och gödslingen till årets gröda har anpassats efter våranalyserna.

Vid starten var huvudsyftet att upprätta växtnäringsbalanser över tillförsel och bortförsel av växtnäringsämnen. Därför valde man att analysera de ätliga produkterna på växtnäringsinnehåll, vilket minskar möjligheten att detektera eventuella näringsbrister. Oftast varierar halterna av växtnäringsämnen mera i de yttre bladen och

det som blir skörderesten. Under mognaden sker en naturlig omfördelning av näring från äldre blad till huvud. Vid begränsad tillgång kan de äldre bladen svältas ut kraftigt på vissa ämnen för att försörja de växande delarna. Vid allvarlig brist på något ämne kan inte huvudet växa sig större. Istället för att vitkålshuvudet får extrem brist på ämnet så blir huvudet mindre.

Det är alltid svårt att göra skördeuppskattningar i den här typen av studier jämfört med regelrätta fältförsök med avgränsade provrutor. Eftersom främsta syftet var att upprätta växtnäringsbalanser har man i första hand gjort bedömningar av hur stor bruttoskörd som förts bort från fältet. Det har delvis baserats på provvägningar utefter en diagonal i fält inför skörden och delvis på odlarens egen uppskattning av resultatet efter skörd. De senare åren har man även lagt in begränsade provytor i fält där produktprov tagits och skördemätningar gjorts. I det senare fallet är kopplingen mellan produktprov och skördenivå stark men det avspeglar å andra sidan inte skördenivån på hela fältet, särskilt inte om fältet är ojämnt. En ytterligare komplikation kan vara att produktproverna kommer från 11 olika vitkålssorter.

I flera fall har skörden uppenbarligen främst påverkats av faktorer som knappast har med växtnäringssituationen att göra som t.ex. ogräs och angrepp av klumprotssjuka. I skördeuppskattningarna har försök gjorts att väga in sådana faktorer. Flera olika mått på skörden har lagts in i den statistiska bearbetningen. Omräkningar mellan hektarskördar och skörd per planta har också gjorts eftersom planttätheten kan skilja avsevärt mellan olika odlingar.

En PCA-modell M1, ger en överblick över datset 1, och visar att materialet inte innehåller några "outliers" (Figur 1). Här kan man också se vilka gårdar som ligger i närheten av varandra och alltså har relativt likartade värden i jord och plantor. För vissa gårdar som nr 11 är objekten samlade vilket innebär att växtnäringsförhållandena varit ganska likartade över åren. För andra gårdar som nr 2 och 5 är objekten utspridda vilket visar att vitkålen odlats på olika typer av jordar de olika åren.

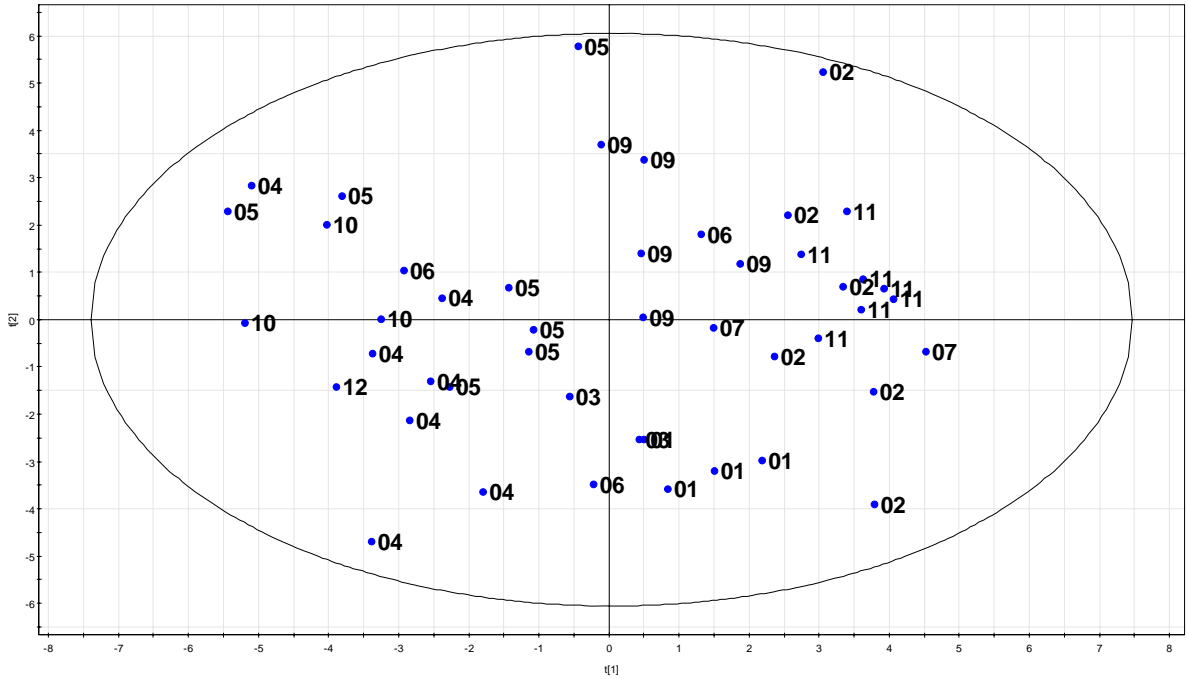
I Figur 2 visas variabelplotten för dataset 1. Där kan man se vilka variabler som samvarierar,

d.v.s. ligger i närheten av varandra eller har negativt samband d.v.s. ligger i motsatt del av koordinatsystemet. Skördevariabeln t/ha ligger nära kvoterna Ca/Mg och K/Mg i jorden och mangan och natrium i produktproverna vilket tyder på ett positivt samband. Skördevariabeln ligger i motsatt del av koordinatsystemet mot de flesta variabler för jordanalyserna, vilket tyder på ett negativt samband. Objekten i vänstra delen av koordinatsystemet har alltså höga värden för jordanalyserna medan objekten på högra sidan hade högre skörd.

Att halterna i jorden genomgående har negativt samband med skörden kan bero på flera faktorer. Det kan vara för höga halter så att det stör upptaget av andra ämnen. Det skulle också kunna vara så att där man har relativt låga värden i jorden har man tillfört mera gödsel och kanske kommit upp i högre växtnäringsstillgång än där man hade högre värden från början. Det kan också ha medfört tillskott av ämnen som inte finns med på jordanalyserna men som varit positiva för grödans utveckling. Den faktiska växtnäringsstillgången under säsongen avspeglas helt enkelt för dåligt i jordanalyserna. En tredje möjlighet är att det handlar om ren samvariation med någon negativ faktor.

Att halterna i plantorna har negativt samband med skörden behöver inte heller betyda att det är skadligt höga halter. Ett negativt samband med skörden kan t.ex. bero på att ämnet finns i överskott och att huvuden som växt dåligt p.g.a. brist på något annat ämne då får högre halter av ämnen som det har god tillgång till.

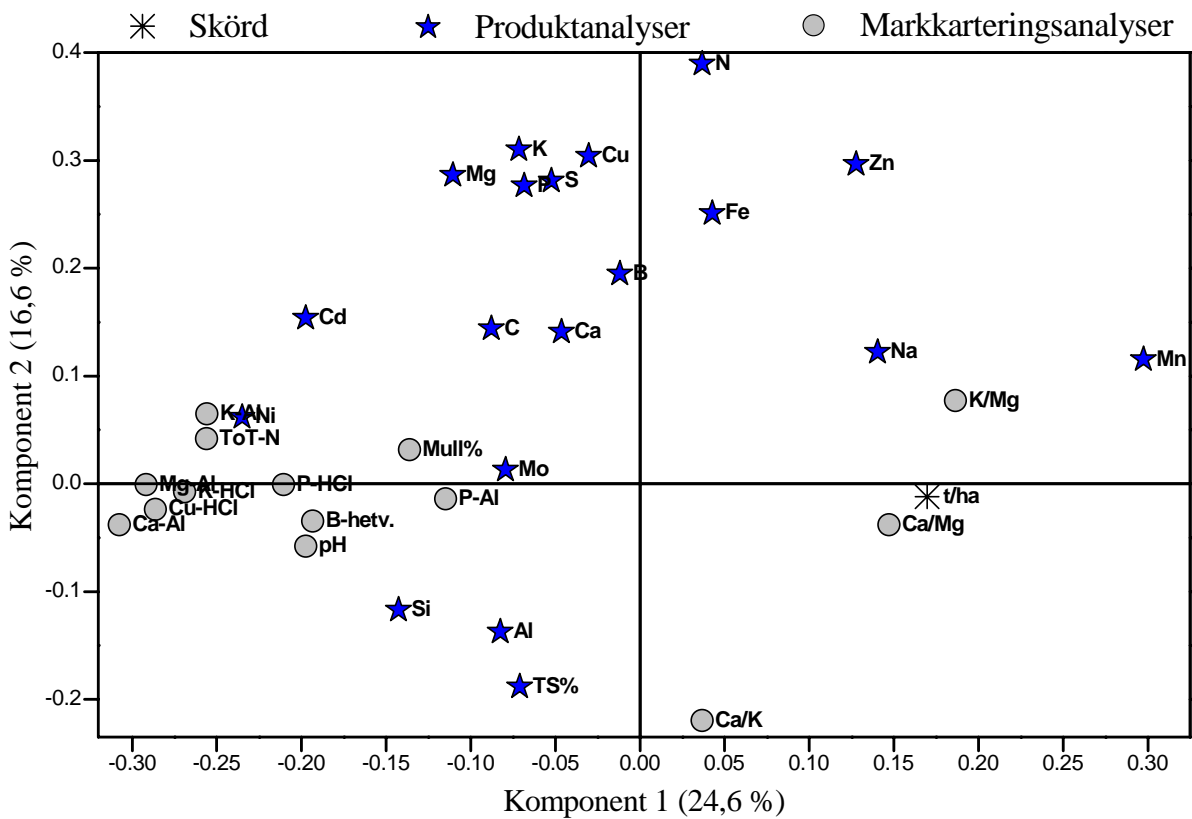
I PLS-modellen M2 ställs skörden (Y-variabel) uttryckt som ton per ha mot analysvärdena i jord och plantor (X-variabler). M2 har en signifikant komponent med ganska låg förklaringsgrad men hög statistisk säkerhet (Figur 3). Starkast positivt samband med skörden visar halten av mangan i vitkålshuvudena medan molybden i vitkålen och total-kväve, kalcium och magnesium i jorden visar starkast negativt samband med skörden. Sambanden diskuteras under avsnittet diskussion och slutsatser (s).



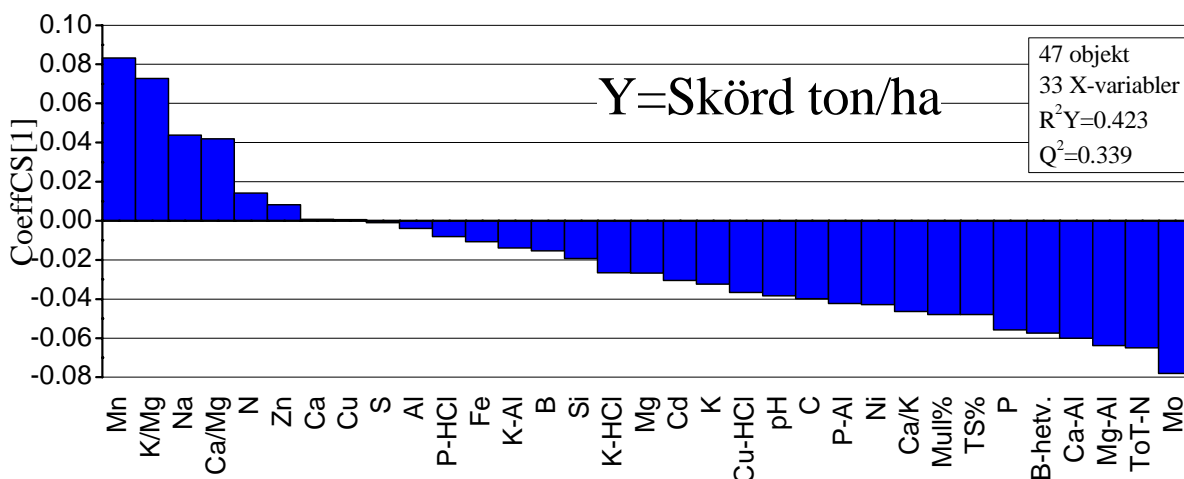
Ellipse: Hotelling T2 (0.95)

SIMCA-P 10.5 - 09/01/2006 12:02:38

Figur 1. Objektplot för M1 (dataset 1 i vitkål, 47 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.



Figur 2. Variabelplot för M1 (dataset 1 i vitkål, 33 variabler).



Figur 3. Regressionskoefficienterna för M2 (dataset 1 i vitkål) sorterade i fallande ordning från positiv till negativ korrelation med vitkålsskörden.

Dataset 2

Består av jordanalyser (Spurway) och plantsaftanalyser. Under växtsäsongen 2002 och 2004 analyserades jorden enligt den s.k. modifierade Spurway-Lawton-metoden (pH och Ec, extraktion av $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P, K, Mg, S, Ca, Na, Cl, Mn och B med HAc). Plantsaften har analyserats vid samma tillfällen på halten av $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P, K, Mg, S, Ca, Na, Cl, Mn, B, Cu, Fe, Zn, Mo, Al, och pH och Ec. Hela materialet omfattar 33 prov på plantsaft och 32

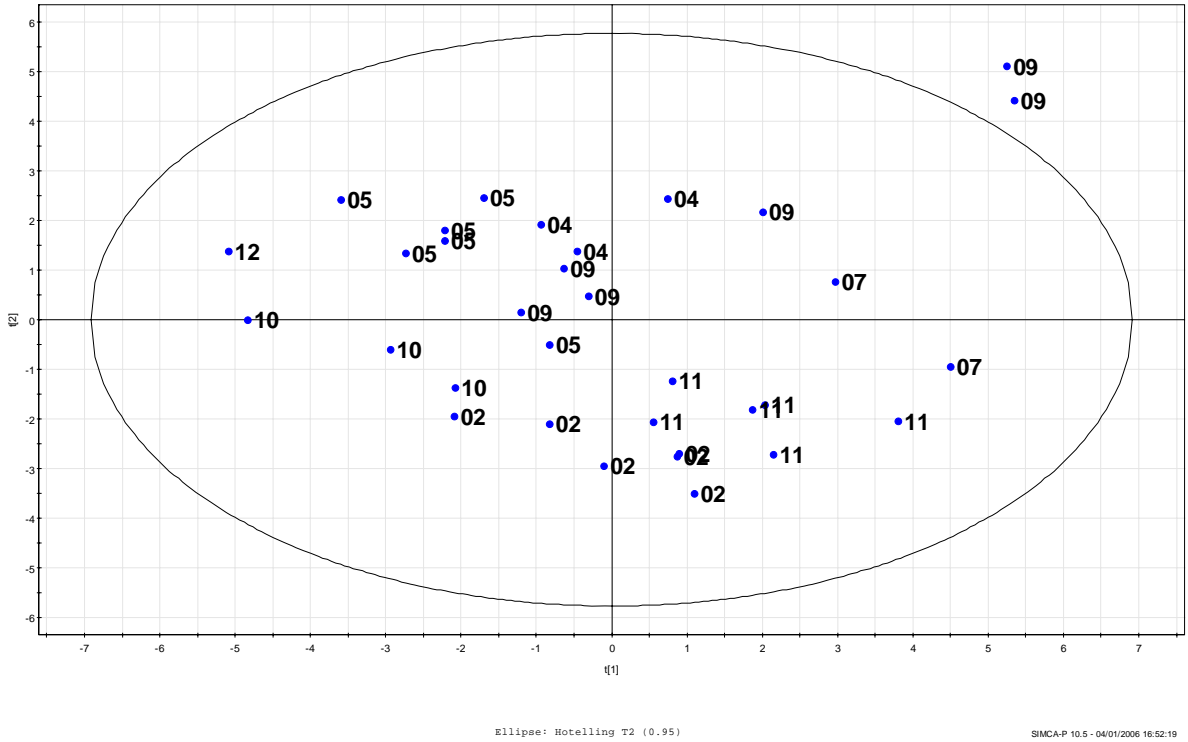
Spurwayanalyser av jorden (Tabell 3 och Bilaga 2). I tabellen har också lagts in de riktvärden för utvärdering av respektive analys som tillämpas av laboratorierna.

PCA-modellen M3 ger en överblick över dataset 2 och visar att objekten har ganska jämn spridning men att det finns två "outliers" (Figur 4), som har höga halter av flera ämnen i jorden (Figur 5). Som man kan förvänta sig ger Spurway-analysen betydligt starkare samband

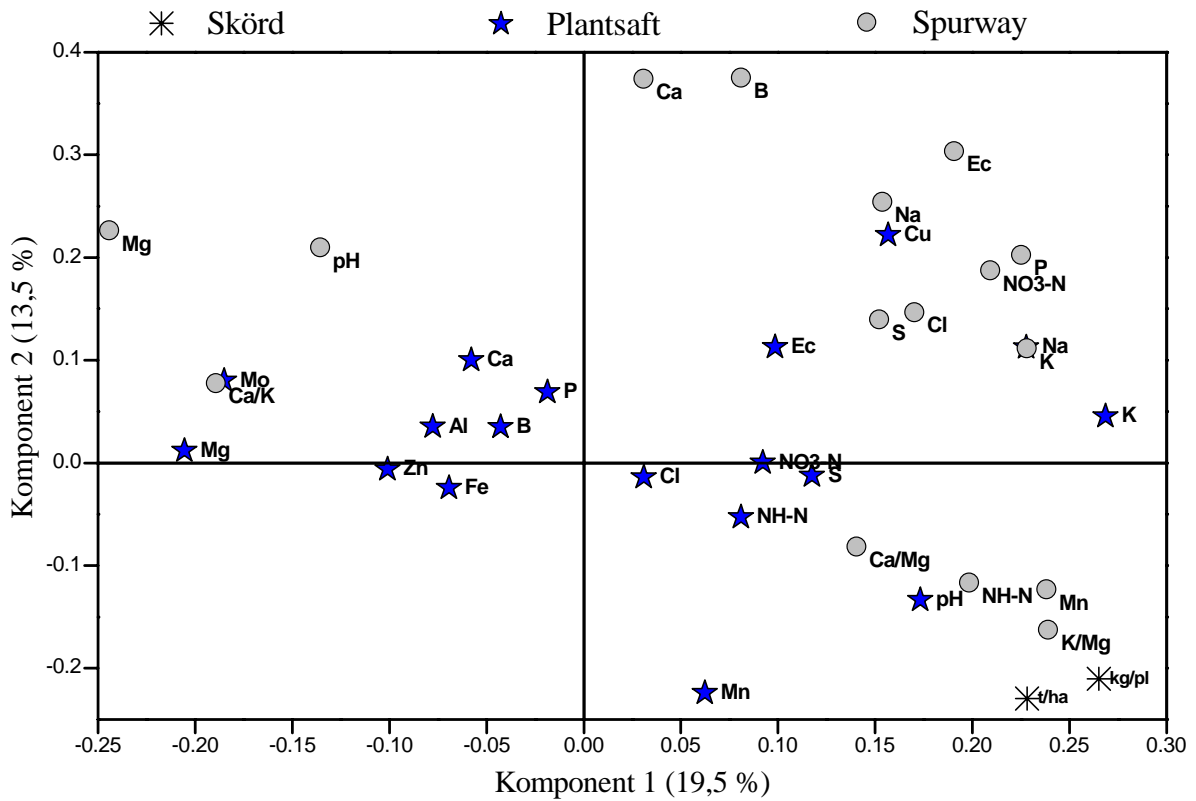
Tabell 3. Spurway-analyser av vitkålsjordarna och analyser av plantsaft samt riktvärden från två analyslaboratorier

Ämne	Plantsaft Projektets värden 2002+2004 33 prov	Börvärde AB LMI	Spurway Projektets värden 2002+2004 32 prov	Börvärde vid kulturstart AB LMI	Optimalvärden i pågående kultur AnalyCen Nordic AB
pH	5,4–6,2	5,9	5,0–7,0	7,2	6,0–7,0
Ledningstal (Ec) mS/cm	5,7–18,9	13	0,2–1,3	1,6	1,5–2,5
Nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) mg/l	1–1137	800	1–93	105	40–60
Ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$)	2–190		1–26		10–15
Fosfor (P)	65–272	250	1–36	60	40–60
Kalium (K)	1924–5294	3200	10–128	140	100–150
Magnesium (Mg)	136–2989	270	11–168	90	30–50
Svavel (S)	242–2099	900	3–69	60	20–30
Kalcium (Ca)	1425–8981	2600	251–958	1000	500–1000
Natrium (Na)	56–797	250	7–54	<40	0–10
Klorid (Cl)	0–2500	900	1–21	<30	0–10
Mangan (Mn)	0,5–13,5	2,7	0,3–2,9	2	3,0–5,0
Bor (B)	0,16–4,09	1,3	0,2–0,7	1,6	0,5–1,0
Koppar (Cu)	0,01–2,46	0,7			0,2–0,4
Järn (Fe)	1,1–8,7	5			1,0–2,0
Zink (Zn)	0,6–6,4	1,8			0,8–2,0
Molybden (Mo)	0–2,38	0,3			
Aluminium (Al)	0,52–4,69	<1			1–5
K/Mg	1,0–28,9	11,9 *	0,14–4,82	1,56 *	3,0–3,3 *
Ca/Mg	3,0–30,8	9,6 *	2,0–58,6	11,1 *	16,7–20,0 *
Ca/K	0,58–2,98	0,81 *	3,1–28,5	7,1 *	5,0–6,7 *

* De börvärden som anges här har räknats fram utifrån laboratoriernas börvärden för respektive ämne och är inget man går ut med som riktvärden.



Figur 4. Objektplot för M3 (dataset 2 i vitkål, 33 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.



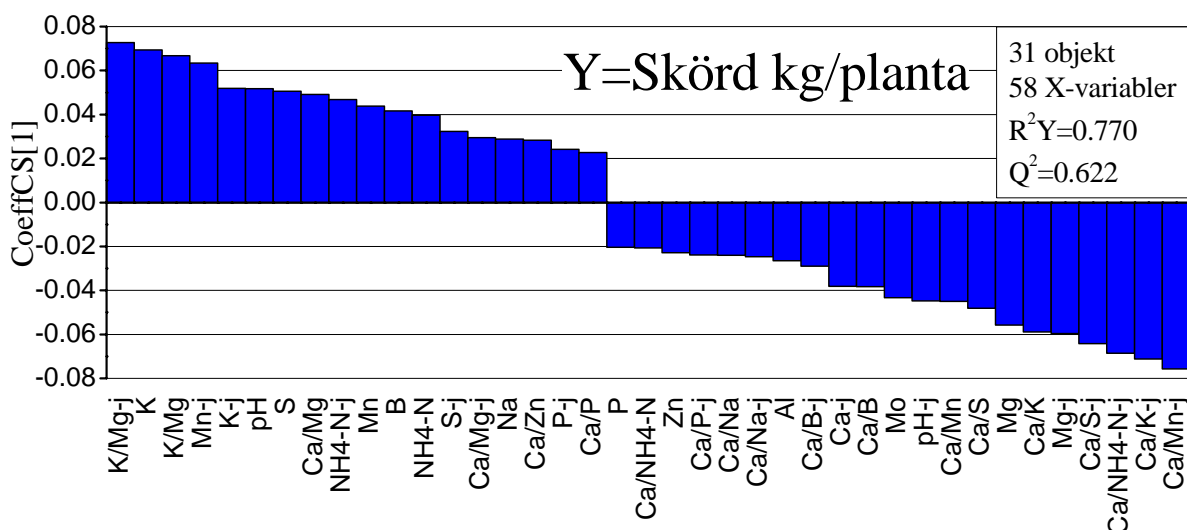
Figur 5. Variabelplot för M3 (dataset 2 i vitkål, 36 variabler).

med skörden än vad markkarteringsanalyserna gör. Analyserna har gjorts under växtsäsongen och innefattar betydligt flera växtnäringsämnen.

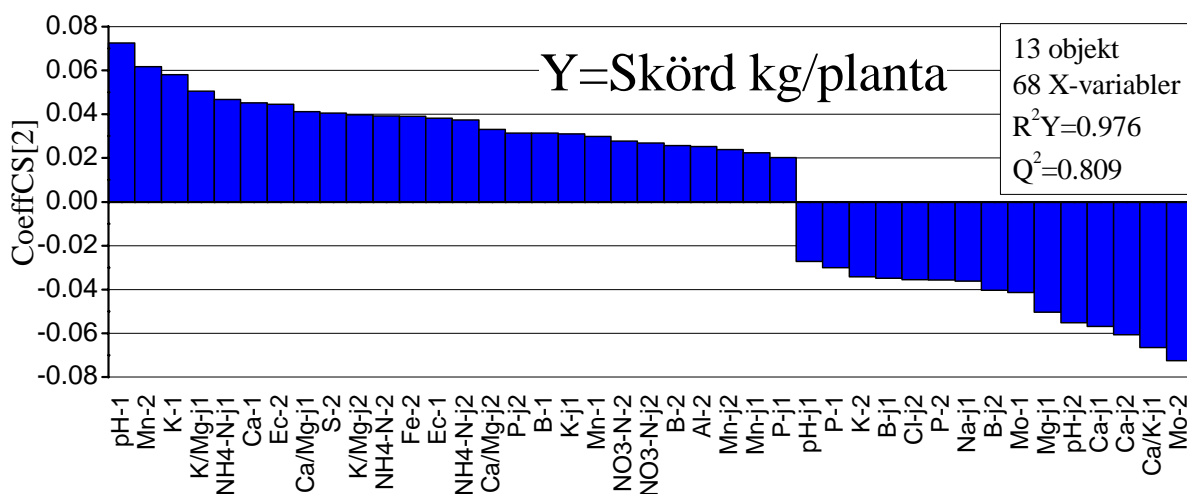
med skörden visar kvoterna för kalcium i jorden mot mangan, kalium, ammoniumkväve och svavel samt magnesium i jord och plantsaft.

I PLS-modellen M4 ställs skörden (Y-variabel) mot analysvärdena i jord och plantsaft (X-variabler). Här har också kvoterna mellan Ca och alla andra ämnen i både plantsaft och jord lagts in, plus K/Mg i plantsaften. Efter utslutning av de två avvikande objekten har M4 en signifikant komponent med relativt hög förklaringsgrad och statistisk säkerhet (Figur 6). Starkast positivt samband med skörden visar kvoten K/Mg i både jord och plantsaft, kalium i jord och plantsaft samt mangan i jorden. Starkast negativt samband

2002 togs proverna i samma provrutor vid två relativt avgränsade tidpunkter under säsongen; vid månadsskiftet juni/juli och vid månadsskiftet aug/sept. Upplägget lämpar sig mycket bra för statistisk bearbetning, även om det hade varit önskvärt med större antal provvytor. Totalt ingick 13 provvytor. I PLS-modellen M5 ställs skörden (Y-variabel) mot analysvärdena i jord och plantsaft vid två tillfällen (X-variabler). M5 har två signifikanta komponenter med hög förklaringsgrad och statistisk säkerhet (Figur 7).



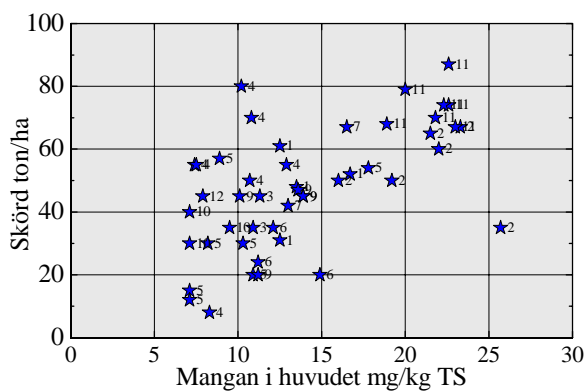
Figur 6. Regressionskoefficienterna för M4 (dataset 2 i vitkål) sorterade i fallande ordning från positiv till negativ korrelation med vitkålsskörden. Variabler med regressionskoefficienter nära 0 har utslutits i figuren. -j framför siffran anger att det är jordprov. Övriga gäller plantsaften.



Figur 7. Regressionskoefficienterna för M5 (delar av dataset 2 i vitkål) sorterade i fallande ordning från positiv till negativ korrelation med vitkålsskörden. Variabler med regressionskoefficienter nära 0 har utslutits i figuren. Siffrorna 1 och 2 syftar på de två provtagningstillfällena, ett j framför siffran anger att det är jordprov. Övriga gäller plantsaften.

Här är det pH, mangan och kalium i plantsaften som har starkast positiv korrelation till skörden medan molybden i plantsaften och kalcium, magnesium och pH i jorden har starkast negativ korrelation till skörden. Kvoten K/Mg i jorden har starkt positivt samband med skörden och kvoten Ca/K i jorden starkt negativ. Sambanden tyder på att kaliumupptaget försvårats av höga halter av kalcium och magnesium i jorden.

Eftersom mangan i plantan tycks ha stor betydelse för skörden kan det vara intressant att titta närmare på sambandet. I Figur 8 har skörden plottats mot mangan i vitkålshuvudet vid skörden.

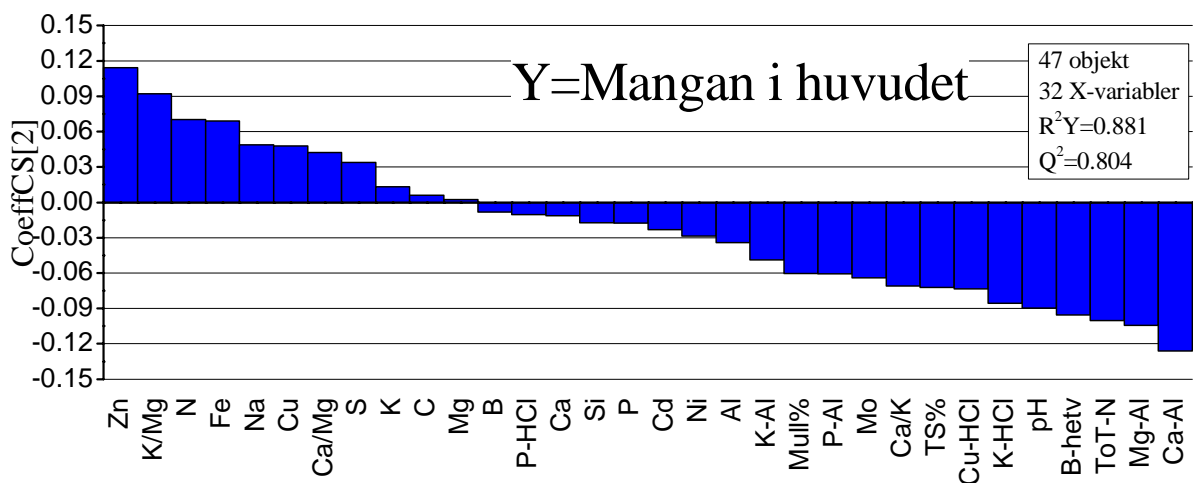


Figur 8. Skörden plottad mot mangan i vitkålshuvudet vid skörd. 47 objekt. Siffrorna anger gårdsnummer.

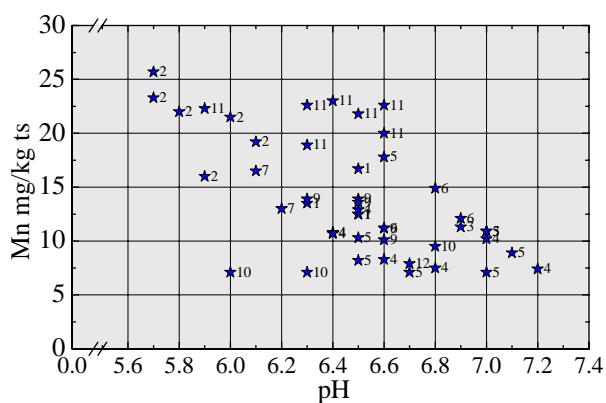
De riktvärden för mangan i vitkålshuvuden som finns i litteraturen (Tabell 2) anger 25–50 mg/kg ts som tillräckligt (Bergmann 1976). Varo m.fl. (1980) redovisar ett medelvärde för mangan på 30 mg/kg ts med spridningen 13,8–45,0 mg/kg ts. De här siffrorna tillsammans med de statistiska

utvärderingarna tyder starkt på att manganbrist varit en skördebegränsande faktor i många vitkålsfält.

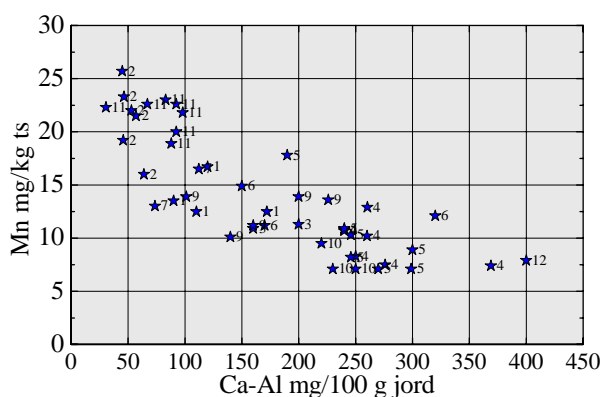
I PLS-modellen M6 ställs mangan i vitkålshuvudet (Y-variabel) mot analysvärdena i jord och plantor (X-variabler). M6 har två signifikanta komponenter med mycket hög förklaringsgrad och mycket hög statistisk säkerhet (Figur 9). Starkast positivt samband med mangan har zink i vitkålshuvudet och kvoten K/Mg i jorden. Starkast negativt samband med mangan i huvudet visar kalcium och magnesium i jorden, starkare än pH-värdet som ju har en välkänt negativ effekt på tillgängligheten av mangan. I figur 10 har mangan i vitkålshuvudet plottats mot jordens pH. Det negativa sambandet är tydligt, men ett par odlingar avviker kraftigt. Odling 10 har lågt innehåll av mangan i förhållande till pH-värdet, odling 11 har däremot högt innehåll av mangan i förhållande till jordens pH. Förklaringen finner vi i Figur 11 och 12 där mangan i vitkålshuvudet plottats mot kalcium respektive magnesium i jorden. Odling 11 har relativt lågt innehåll av både kalcium och magnesium i jorden medan odling 10 har höga värden för kalcium och mycket höga värden för magnesium. I odling 11 har alltså upptaget av mangan liten konkurrens från magnesium och kalcium, i odling 10 hög konkurrens. Det här visar på betydelsen av att inte bara göra en noggrann bedömning av eventuellt kalkningsbehov utan också att valet av kalkningsmedel är viktigt för att inte förstärka redan höga halter av magnesium i jorden.



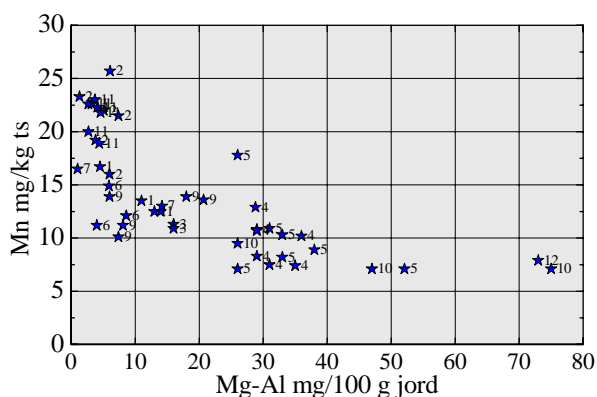
Figur 9. Regressionskoefficienterna för M6 (dataset 1 i vitkål) sorterade i fallande ordning från positiv till negativ korrelation med halten av mangan i vitkålshuvudet vid skörden.



Figur 10. Mangan i vitkålshuvudet vid skörd plottad mot jordens pH (47 objekt). Siffrorna anger gårdsnummer.



Figur 11. Mangan i vitkålshuvudet vid skörd plottad mot kalcium i jorden (47 objekt). Siffrorna anger gårdsnummer.



Figur 12. Mangan i vitkålshuvudet vid skörd plottad mot magnesium i jorden (47 objekt). Siffrorna anger gårdsnummer.

Det starka positiva sambandet mellan mangan och zink i vitkålshuvudet beror sannolikt på att de påverkas likartat av förhållandena i jorden. En jämförelse med de riktvärden för zink i vitkålshuvuden som finns i litteraturen tyder på att även upptaget av zink varit otillräckligt i

många vitkålsfält (Tabell 2). Det starka positiva sambandet mellan mangan och kvoten K/Mg i jorden kan bero på att upptaget av både kalium och mangan hämmas av höga magnesiumhalter i jorden.

Diskussion och slutsatser

Nedan görs en sammanvägning av resultaten från den statistiska utvärderingen med riktvärden och referensvärden för de olika typerna av analyser.

Riktvärden

För produktproverna har referensvärden sammanställts i Tabell 2 (s 8). De flesta riktvärden för optimala halter och gräns för brist bygger på analyser av blad. Produktanalyser är mycket sparsamt redovisade i växtnärlitteraturen och då oftast som "normalvärden" inte som optimala värden. De enda av referensvärdena som verkligen kan betraktas som riktvärden för optimala halter är Bergmann & Neubert (1976) och omfattar bara fem växtnärlämsämnen. Piggott (1986) bygger förmodligen bara på analys av plantor som man bedömt inte lidit av varken brist eller överskott på något växtnärlämsämne. Varo m.fl. (1980) bygger på analys av 5 prov på vitkålshuvuden inköpta från 5 odlarägda grossister i olika regioner i Finland. Proverna de här tre källorna bygger på är med största sannolikhet från konventionella odlingar och från tiden innan miljödebatten påverkat gödslingen i någon större utsträckning. Därför kan man utgå ifrån att proverna kommer från odlingar där tillförsel av kväve, fosfor och kalium med lättlösliga handelsgödselmedel varit kraftig jämfört med vad som anses rimligt idag, vilket medför att riktvärdena för dessa ämnen behöver justeras nedåt.

Som komplement till litteraturuppgifterna har 6 prov på vitkål från norra Sverige tagits med. Proverna kommer från både ekologisk och konventionell odling och utgör inte optimala värden. Skörden varierade mellan 34 och 67 ton/ha och vissa prov visar allvarlig brist på bor och mangan. I början av projektet gjordes ett försök att sätta upp någon form av preliminära riktvärden för innehållet av olika näringsämnen i vitkålshuvudena. Det var bara en grov uppskattning och en justering utifrån projektets resultat har lagts in i Tabell 2.

Riktvärden för Spurwayanalysen och för analysen av plantsaft redovisas i Tabell 3 (s 11). För dessa analyser finns inga litteraturuppgifter utan det är laboratorierna själva som utarbetar sina egna värden. För Spurway anger LMI ett börvärde vid kulturstart d.v.s. i uppgödslad jord, vilket då blir ett teoretiskt värde för vilka halter man skulle få i jorden om grödans hela behov tillförts vid start. Det innebär att när man tar prov senare under säsongen får man själv justera börvärdet utifrån hur mycket näring man tillfört och hur mycket grödan tagit upp. Analycen anger istället ett intervall för optimalvärden i pågående kultur. Gemensamt för båda är att de inte är anpassade till ekologisk odling där växtnäringsförsörjningen bygger på en kontinuerlig mineralisering från organiska gödselmedel. Höga halter i markvätskan är varken sannolikt eller önskvärt. Däremot är balansen mellan olika ämnen viktig.

LMI anger också börvärden för plantsaften medan Analycen utför analyser på plantsaft men överlåter tolkningen till beställaren. Någon direkt koppling mellan riktvärdena i jorden och i plantsaften är svårt att se eftersom det inte är ovanligt att så gott som alla prov i projektet har alldeles för låga halter i jorden men tillräckligt i plantsaften. Till en viss del kan det kanske förklaras av att riktvärdena inte är anpassade för ekologisk odling.

pH

En tydlig negativ koppling mellan skörd och jordens pH har framkommit i den statistiska bearbetningen i vitkålen. D.v.s. höga pH-värden har samband med låg skörd och försämrad tillgänglighet för flera mikronäringsämnen. Höga pH-värden är också kopplade till höga halter av kalcium och magnesium i jorden som konkurrerar med upptaget av kalium och mangan. I markkarteringsanalyserna som tagits vår och höst har pH varierat mellan 5,7–7,2 medan det har varierat mellan 5,0–7,0 i Spurwayanalysen som tagit under säsongen. Det är normalt att pH ligger lite lägre under säsongen jämfört med vår och höst även i ekologisk odling och det har med omsättningen i jorden att göra. Några negativa effekter av de lägsta värdena har inte kunnat spåras i det här materialet.

De rekommenderade värdena på 7,2 respektive 6,0–7,0 är för höga till vitkål. Andra erfarenheter

(Magnusson, 2000) och resultaten från projektet tyder på att det ofta är fördelaktigt med pH värden under 6,0 till kålväxter. Den främsta orsaken till de av tradition höga pH-rekommendationerna till kålväxter är förmodligen bekämpning av klumprotsjuka. Växtnäringsmässigt är det svårt att hitta några fördelar med så höga pH-värden. I konventionell odling motverkas negativa effekter av höga pH-värden genom användandet av försurande gödselmedel och man har större möjligheter att lösa problem med fastlagda mikronäringsämnen med bladgödsling jämfört med i ekologisk odling. Farhågor att kvävefixeringen försämrats för vissa baljväxter kan däremot vara ett skäl att inte låta pH-värdet sjunka för långt under 6. Under ca 5,5 finns ingen anledning att eftersträva.

Kväve (N)

Det är normalt att kvävehalten sjunker till ganska låga nivåer vid skörden av vitkål på senhösten och 1,5 % av ts bedöms som en rimlig undre gräns. Ett fåtal produktprov ligger något under den gränsen. Det tyder inte på någon utbredd kvävebrist och de preliminära riktvärdena för produktproverna bedöms stå sig. Däremot har man misstänkt kvävebrist tidigare under säsongen. Alla proverna ligger under LMI's riktvärde för Spurway och ca 80% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaftsanalysen indikerar brist i ca 60 % av proverna. I den multivariata regressionen M2 visar kväve i produktproverna svagt positivt samband med skörden, och total-N i jorden starkt negativt samband. I M4 och M5 visar kväve i både jord och plantsaft övervägande positivt samband med skörden, starkast för ammoniumkväve. Kvoten mellan kalcium och ammoniumkväve i jorden har starkt negativt samband med skörden i M4. Ammoniumkväve och kalcium anses konkurrera vid upptagningen vilket främst har uppmärksammats som ett problem med kalciumupptaget vid kraftig kvävegödsling med ammoniumhaltiga gödselmedel (Bergmann, 1992, Engels & Marschner, 1993). Här tycks det istället vara upptaget av ammonium som hämmas av höga kalciumhalter i jorden. En annan tolkning kan vara att den pH-sänkande effekten av ammoniumkväve är positiv. Ammoniumkväve kan ha en mera positiv betydelse i ekologisk odling än i konventionell eftersom kväve i organisk form omvandlas till ammonium först

och sedan till nitrat. De flesta växter tar upp ammoniumkväve före nitratkväve (Marschner, 1995). Dock visar de flesta studier att för stor andel av kvävet som ammonium får negativa effekter, var gränsen går varierar för olika växtslag. I den typen av studier har man arbetat med rena näringslösningar vilket knappast motsvarar förhållandena i jorden där mineraliseringen av organiskt kväve sker kontinuerligt samtidigt som det tas upp av växterna.

Resultaten tyder på att kväve varit begränsande under säsongen i flera odlingar, men förmodligen inte i så många som riktvärdena för Spurway anger. De studier som Ernst Witter gjorde inom projektet under 2002 (Ögren & Rölin, 2003) tyder på att kvävebrist i starten kan inverka menligt på utvecklingen ända fram till skörd, trots att kvävetillgången varit god under resten av säsongen. Förmodligen är mineralisering av organiska gödselmedel ofta för långsam i början av säsongen för att ge grödan en bra start. Efter att ha uppmärksammat det problemet har man börjat prova olika metoder att förbättra kvävetillgången på försommaren utan att nödvändigtvis tillföra mera kväve totalt sett. Nedbrukning av förfrukten på hösten i stället för på våren är en metod som några odlare provat. Vissa odlare har börjat tidigarelägga eventuell tillskottsgödsling till ett par veckor före plantering för att omsättningen ska hinna komma igång. Strukturproblem har uppmärksamrats som en viktig faktor som försämrar mineraliseringen.

Kalium (K)

30 % av jordarna ligger i kaliumklass I och II. Enligt det preliminära riktvärde för produktproverna som sattes upp 2000 har bara ett prov för låga värden. Alla proverna ligger under LMI's riktvärde för Spurway och 90% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i ca 40% av proverna. I den multivariata regressionen M2 visar K/Mg starkt positivt samband med skörden och Ca/K starkt negativt. Kalium i jorden och i produktproverna visar svagt negativt samband med skörden. I M4 och M5 visar kalium i plantsaften och kvoten K/Mg i jord och plantsaft mycket starkt positivt samband med skörden. Kvoten Ca/K i jorden visar starkt negativt samband med skörden. Det tyder på att

kaliumbrist har varit begränsande och att kaliumupptaget haft konkurrens från höga halter av både kalcium och magnesium i jorden. Inom projektet har man uppmärksammat behovet av extra tillförsel utifrån på kaliumsvaga jordar med tendens till underskott av kalium i växtföljden. Det preliminära riktvärdet för kalium i vitkålshuvudet är förmodligen satt för lågt och den undre gränsen bör höjas till 2,5% av ts.

Fosfor (P)

Enligt markkarteringsanalyserna ligger 15% av jordarna i fosforklass II, resten i klass III eller högre. Produktproverna tyder inte på fosforbrist mer än i enstaka fall. Alla proverna ligger under riktvärdena för Spurway och över 90% ligger under halva värdet för den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i alla prov utom 1. I den multivariata regressionen M2 har både fosfor i produktproverna och P-Al negativt samband med skörden. I M4 och M5 har fosfor i jorden svagt positivt samband med skörden medan fosfor i plantsaften har svagt negativt samband med skörden. Riktvärdena för fosfor i Spurwayanalysen är helt orealistiska i normala markjordar. Växtnäringsbalanserna har visat överskott på fosfor och restriktionerna för tillförsel av fosfor är på väg att skärpas. Ökad tillförsel kan bara vara motiverat på jordar i de lägsta fosforklasserna.

Under perioden 2000–2003 gjorde Gunilla Persson, Länsstyrelsen i Skåne (personlig komm.) upprepade provtagningar med Spurwayanalyser i konventionella odlingar hos en purjolöksodlare, en lökodlare och en isbergssalladsodlare i Skåne. Målsättningen med provtagningarna var att studera kvävegödsling med hjälp av börvärden. Mellan de olika leden varierade kvävetillförseln, men även fosfortillförseln varierade något mellan olika led. Markens allmänna fosfortillstånd anses vara gott, Gunilla Persson uppskattar att flertalet fält har P-Al klass V. Hos purjolöksodlaren togs 39 prov, medeltal blev 13 mg P/l med variationen 4–27 mg P/l. Purjolöken gödslades som mest med 45 kg P/ha Hos lökodlaren togs 24 prov medeltal blev 27 mg P/l med variationen 15–52 mg P/l. Gödsling var 50 kg P i alla led. Hos isbergssalladsodlaren togs prov endast ett år i två omgångar totalt 24 prov. Medeltal blev 28 mg P/l med variationen 3–52 mg P/l. Fosforgivan

varierade mellan 0–40 kg P/ha. Denna analysserie stärker antagandet att de rekommenderade fosforvärden är orimligt höga.

Förutom miljöaspekter på höga fosforvärden i jorden anses det också finnas risk att det kan orsaka kemiska och biologiska obalanser som försämrar jordens produktivitet (Amarasiri, 1990). På jordar där innehållet av fosfor är högt men tillgängligheten låg kan ökat inslag av baljväxter i växtföljden vara en metod att förbättra tillgången till fosfor för grönsaksgrödorna. (se vidare under avsnittet om morötter s 34).

Svavel (S)

Ca 25 % av produktproverna ligger under det preliminära riktvärdet på 0,50 % svavel i ts. Alla proverna utom ett ligger under LMI's riktvärde för Spurway och 75% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i drygt hälften av proverna. I M2 har svavel i produktprovet inget samband med skörden. I M4 och M5 har svavel i plantsaften positivt samband med skörden. Svavel i jorden enligt Spurway har ett positivt samband med skörden i M4. De flesta kålväxter behöver minst lika mycket svavel som fosfor. Svavel tillfördes tidigare i tillräckliga mängder via nedfall. Allteftersom nedfallet av svavel har minskat har brister i grödor börjat uppstå. Inom projektet har man misstänkt svavelbrist i vissa fall. Svavel lakas lätt ur jorden och behöver tillföras regelbundet. Stallgödselns innehåll av svavel är betydande, men den största delen är organiskt bunden och inte direkt tillgänglig för grödan. Enligt riktlinjer för gödsling och kalkning 2006 (Jordbruksverket, 2005) kan man på sikt räkna med att mängden svavel och kväve som mineraliseras från stallgödseln har rätt proportion för spannmål och gräs d.v.s. N/S-kvoten är ca 10. Innehållet av svavel i olika Biofer-produkter varierade 2005 mellan 0,2–12,3%. Ju mer kalium som ingår desto mer svavel ingår också. För att få en högre kaliumhalt i Bioferprodukter används rester från jästindustrin som innehåller kalium i form av kaliumsulfat.

Kalcium (Ca)

Några officiella normvärden för Ca-Al i grönsaksjordar finns inte. På förfrågan anger Analycen ca 100 mg/100 g jord som ett lämpligt

värde. Enligt riktlinjer för gödsling och kalkning 2006 (Jordbruksverket, 2005) används Ca-Al främst för bestämning av basmättnadsgraden. På jord med gott kalkstillstånd anses brist ovanlig. Störst risk för brist är det på mulljord och lätta jordar. Känsliga grödor är vallbaljväxter och potatis och för att motverka rostfläckighet i potatis anges minst 70 mg/100 g jord för måttligt känsliga sorter, och 100 mg/100 g jord för känsliga sorter (Jordbruksverket, 2005). Ca 30% av jordarna ligger under 100 mg/kg jord, ca 40% ligger på 200 eller högre. Beroende på vilket riktvärde man väljer för produktproverna har alla eller inget för låga halter. Alla proverna ligger under LMI's riktvärde för Spurway och över hälften ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Alla prover utom ett ligger med mycket god marginal över riktvärdena för plantsaften, en tredjedel ligger på dubbla riktvärdet eller högre. I M2 har Ca/Mg positiv korrelation med skörden medan Ca-Al har negativ. Kalcium i produktprovet visar inget samband med skörden. I M4 och M5 visar kalcium och kvoten Ca mot flera ämnen i jord och plantsaft starkt negativt samband med skörden. I M5 visar kalcium i plantsaften vid den tidiga provtagningen positiv korrelation med skörden. Sammantaget tyder det här starkt på att kalciumhalten i många vitkålsfält är för hög och hämmar upptaget av främst kalium och mangan. Riktvärdena för kalcium i jorden enligt Spurway behöver sänkas. Upptaget av kalcium anses inte primärt vara kopplat till Ca-halten i jorden utan till rottillväxt och vattentillgång samt transpirationsströmmen genom plantan. Det är bara på extremt Ca-fattiga jordar som upptaget begränsas av absolut brist. Det preliminära förslaget till riktvärde i produktprovet är sannolikt för lågt och den nedre gränsen för brist ligger nog snarare på 0,30% i ts.

Magnesium (Mg)

För Mg-Al i grönsaksjordar anger Analycen minst 10 mg/100 g jord som lämpligt värde Enligt Ståhlberg m.fl. (1976) varierar gränsen för magnesiumbrist mellan 2–10 Mg-Al. De lägre värdena gäller lätta sandjordar och de högre kaliumrika leror. Enligt riktlinjer för gödsling och kalkning 2006 (Jordbruksverket, 2005) går gränsen för brist vid 4–10 mg/100 g. Den lägre siffran är nedre gräns för jordar med låga och den högre nedre gräns för höga lerhalter. Störst risk för brist anges det vara på mullfattiga sandjordar

med lågt pH, organogena jordar och jordar med höga K-AL tal. Sockerbetor och potatis uppges vara känsliga för brist. Som provtagningsintervall rekommenderar man vid varje omkartering, normalt vart 10 år.

Endast två jordar i projektet ligger under 2 i Mg-Al och 4 ligger mellan 2–4, medan 26 prov ligger över 10. Endast 4 av produktproverna ligger över det preliminära riktvärdet på 0,20% Mg i ts. Drygt hälften av proverna ligger under LMI's rekommendationer för Spurway och en fjärdedel ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i ca 10% av proverna. Hälften av proverna ligger kring dubbla riktvärdet eller högre i plantsaften. I M2 har Mg-Al starkt negativt och magnesium i produktprovet svagt negativt samband med skörden. Både K/Mg och Ca/Mg har starkt positivt samband med skörden. I M4 och M5 har magnesium i jorden starkt negativt samband med skörden medan K/Mg och Ca/Mg i både jord och plantsaft har starkt positivt samband med skörden. Magnesium i plantsaften har starkt negativt samband med skörden i M4. Sammantaget tyder resultaten på för höga halter av magnesium i många av jordarna och att brist i plantorna är ovanligt. Det preliminära riktvärdet i produktproverna är med största sannolikhet satt för högt och den nedre gränsen bör snarare ligga kring 0,15 % av ts.

Natrium (Na)

Alla produktprov utom 5 ligger under det enda referensvärdet för natrium 0,11 % natrium i ts. Tre av proverna ligger något över det högsta önskvärda värdet som LMI anger för Spurway. Alla prover utom 2 ligger över Analycens övre gräns för optimala värden. Plantsaften indikerar låga värden i ca 60 % av proverna. I M2 har natrium i vitkålshuvudet positivt samband med skörden. I M4 har Na i plantsaften ett svagt positivt samband med skörden medan kvoten Ca/Na i både jord och plantsaft har ett svagt negativt samband med skörden. I M5 har Na i jorden ett negativt samband med skörden. Natrium är såvitt man vet inte ett nödvändigt växtnäringsämne för kål. En del växtslag kan till viss del kompensera kaliumbrist med att ta upp mera natrium om det finns tillgängligt. Vitkål anses uppskatta god tillgång till natrium även om kalium finns i tillräcklig mängd. Andra växtslag som också anses uppskatta natrium är morötter,

rödbetor och selleri. De flesta organiska gödselmedel innehåller mer eller mindre natrium och man kan förvänta sig högre halter i jorden i ekologisk odling jämfört med i konventionell odling. I England har det sedan länge varit vanligt med rekommendationer att tillföra 75–150 kg natrium per ha i konventionell odling (Coke, 1972). Innehållet av natrium i olika Biofer-produkter varierade 2005 mellan 0,6–6,3%. Resultaten tyder på att ökad tillförsel av natrium till vissa vitkålssfält kan vara positivt. Skadligt höga halter av natrium kan främst komma från bevattningstvatten med hög salthalt, vilket är vanligast runt kusterna. Hushållskomposter kan också innehålla mycket natrium.

Klorid (Cl)

Inget prov överskrider LMI's rekommenderade högsta värde i jorden medan knappt 30% överskrider Analycens övre gräns för optimala värden. Plantsaften indikerar låga värden i ca 20 % av proverna. I M4 har klorid inget tydligt samband med skörden. I M5 har klorid i jorden ett negativt samband med skörden. Klor är ett nödvändigt växtnäringsämne men i så små mängder att det räknas som mikronäringsämne. Kålväxter tar dock gärna upp stora mängder om det finns tillgängligt och det anses då förbättra vattenbalansen i växten. De flesta organiska gödselmedel innehåller mer eller mindre klorid. Skadligt höga halter kan främst komma från bevattningstvatten med hög salthalt, vilket är vanligast runt kusterna. Hushållskomposter kan också innehålla mycket klorid. Innehållet av klorid redovisas inte i produktbladen för Biofer-produkter. På en förfrågan svarar man att innehållet av klorid är praktiskt taget obefintligt i alla dessa produkter. Resultaten tyder inte på att höga kloridhalter varit något problem i vitkålsfälten.

Bor (B)

Bara ca 15 % av proverna har bor-värden omkring 1 mg/kg jord som anses utgöra gränsen för brist för bor-krävande grödor (hetvattenextraktion). Ungefär en tredjedel har värden under 0,5. Ca 80 % av produktproverna ligger under det preliminära riktvärdet på 20 mg/kg ts. Alla proverna ligger långt under LMI's rekommendationer för Spurway och 60% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i ca 70 % av proverna. I M2 visar bor i jorden ett

negativt och bor i plantan ett mycket svagt negativt samband med skörden. I M4 och M5 har bor i plantsaften ett positivt samband med skörden. Bor i jorden har ett negativt samband med skörden i M5 och Ca/B i både plantsaft och jord har ett negativt samband med skörden i M4.

Det mesta talar för att tillgången till bor varit underoptimal i många av vitkålsfälten. Växternas behov av bor anses öka med ökande kalciumhalter i växten genom att mera bor då binds i en inaktiv form (Bergmann, 1992). Negativt samband mellan skörd och bor i jorden trots ganska säkert konstaterad brist beror förmodligen på att extraktionsmetoderna för bor löser ut mera bor med stigande pH medan tillgången för plantorna tvärtom minskar med stigande pH (Magnusson, 2000). I det här fallet kan det också handla om samvariation eftersom skörden hade negativt samband med pH i jorden.

Låga värden för bor både i jorden och i produktproverna uppmärksammades tidigt i projektet och borgödsling med 1–2 kg rent bor per ha i samband med vårbruket har införts till de flesta grönsakskulturerna i växtföljden. Eftersom marginalen till skadliga effekter av höga borhalter i jorden anses liten är det klokt att följa värdena i jorden vid regelbunden tillförsel. Kål och morötter anses höra till de växtslag som är minst känsliga för höga borhalter. Dit räknas också sallat, lök, kålrot, bondbönor, rödbetor, mangold, sockerbeta och lucern. Känsligast anses bönor, jordgubbar, svartvinbär, hallon och många fruktträd vara. Däremellan placeras majs, ärt, rädisa, potatis, tomater, vete, korn och havre (Bergmann 1992). Bor blir mindre tillgängligt för plantorna med stigande pH och då behövs större tillförsel för att få effekt.

Borbrist hämmar rottillväxten (Dell & Hwang, 1997) och medför därmed försämrat upptag av vatten och näring. God tillgång till bor anses motverka svamp- och bakterieangrepp, däribland klumprotsjuka (Dixon & Webster, 1988; Bergmann, 1992; Dixon, 1999). Bor anses också ha betydelse för plantornas frosttolerans (Schorrocks, 1997). Med tanke på att bor på senare år visat sig vara viktigt även för människor är god tillgång till bor för grödorna även ett plus för konsumenterna.

Järn (Fe)

Beroende på vilka referensvärden man väljer indikerar produktproverna brist i mellan 80 och 100 % av proverna. Plantsaften indikerar låga värden i ca 80 % av proverna. I M2 visar järn i produktprovet mycket svagt negativt samband med skörden. I M4 visar järn inget tydligt samband med skörden. I M5 visar järn i plantsaften positivt samband med skörden. Förutom högt pH och höga kalciumhalter i jorden anses markpackning och syrebrist i jorden vara de viktigaste orsakerna bakom dåligt upptag av järn i plantorna.

Mangan (Mn)

Alla produktproverna ligger under det preliminära riktvärdet. Alla prover utom 4 ligger under LMI's riktvärde för Spurway och alla ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i drygt hälften av proverna. I M2 visar Mn i produktproverna starkast positivt samband med skörden av alla variablerna. I M4 visar Mn i jorden och Mn i plantsaften starkt positivt samband med skörden. Starkast negativt samband med skörden har Ca/Mn i jorden. I M5 har Mn i plantsaften starkt positivt samband med skörden vid provtagning 2 och svagare positivt samband vid provtagning 1. Mangan i jorden visar svagt positivt samband med skörden vid båda provtagningstillfällena. I M6 visar Mg-Al, Ca-Al och jordens pH mycket starkt negativt samband med mangan i vitkålshuvudet medan K/Mg visar starkt positivt samband med mangan i vitkålshuvudet. Det tyder på att förutom av högt pH hämmas Mn upptaget av höga halter av magnesium och kalcium i jorden. Magnesium tycks ha starkast negativ effekt på manganupptaget eftersom kvoterna för både kalium och kalcium mot magnesium har positivt samband med skörd och manganhalter i vitkålen.

Risken för manganbrist uppmärksammades tidigt i projektet och manganbrist har pekats ut i de årliga rapporterna som en trolig skördebegränsande faktor, vilket bekräftas av den statistiska bearbetningen. Flera av odlarna har avstått från kalkning de tidigare planerat att genomföra. Bladgödsling kan vara motiverat på jordar där man konstaterat manganbrist p.g.a. högt pH och/eller höga halter av magnesium och kalcium i jorden. På sådana jordar kan också en näringsrik plantuppdagningsjord med lågt pH ge

plantorna en bättre start genom att plantorna innehåller mera mangan vid utplanteringen (Magnusson, 2004; 2005). Ligger pH värdet kring 5,5 är en manganhalt i jorden på ca 1 mg/l troligen tillräckligt (Magnusson, 2002b) och enstaka låga värden i plantsaften behöver inte åtgärdas.

Mangan har en väldokumenterad betydelse för plantornas resistens mot patogener. Huber & Wilhelm (1988) presenterade en lista på över 50 sjukdomar orsakade av olika patogener som rapporterats motverkas av mangan. Mangan hämmar t.ex. tillväxten för vanlig skorv (*Streptomyces scabies*) i potatis. Graham & Webb (1991) hävdar att mangan kan komma att visa sig vara det viktigaste mikronäringsämnet för plantornas förmåga att utveckla motståndskraft mot svampsjukdomar både i skott och rötter. Det finns också indikationer på att mangan har en specifik funktion för rottillväxten som är oberoende av manganbehovet för skotttillväxten (Nable & Loneragan, 1984). Mangan anses också ha betydelse för plantornas frosttolerans (Kaniuga et al., 1978).

Zink (Zn)

Beroende på vilka riktvärden man väljer har alla respektive alla utom ett produktprov underoptimala värden. Plantsaften indikerar låga värden i drygt 80 % av proverna. I M2 har zink i produktproverna svagt positivt samband med skörden. I M4 visar zink i plantsaften ett svagt negativt samband med skörden och Ca/Zn ett svagt positivt. I M5 visar zink inget tydligt samband med skörden. I M6 har zink i vitkålshuvudet starkast positivt samband av alla variabler med Mn i vitkålshuvudet. Det är troligt att tillgången till zink är underoptimal i flera jordar. Orsaken är främst högt pH och tillgängligheten för zink följer ofta den för mangan. Ökat inslag av baljväxter i växtföljden kan vara en metod att förbättra tillgången till zink för grönsaksgrödorna. Förutom att de kan sänka pH kring rötterna och därmed göra mera zink tillgängligt så kan zink tas upp i djupare jordlager och deponeras i ytskiktet (refereras i Magnusson, 2000). Fleråriga grödor har visat sig ge bättre effekt än ettåriga.

Koppar (Cu)

Enligt Ståhlberg m.fl. (1976) och Jordbruksverket (2005) bör värdet för Cu-HCl vara minst 6–8

mg/kg jord. På mulljordar behöver värdet vara minst det dubbla. Närmare hälften av jordarna har värden under 6. Alla produktproverna har värden under det preliminära riktvärdet. Alla prover utom ett ligger under riktvärdet i plantsaften. I M2 har Cu-HCl negativt samband med skörden medan Cu i produktprovet inte visar något samband. I M4 och M5 har inte koppar i plantsaften något tydligt samband med skörden. Det preliminära riktvärdet för koppar som sattes 2000 har diskuterats i de årliga utvärderingarna och bedömts som för högt eftersom alla prov ligger långt under den nedre gränsen. I diskussioner har LMI sagt att deras riktvärde för koppar i plantsaften kan vara för högt.

Generellt blir koppar mera tillgängligt vid lägre pH i jorden, Jordbruksverket (2005) anger att koppar är lättast tillgängligt mellan pH 5–6. I vitkålen är sambandet mellan jordens pH och kopparhalten i huvudena svagt. Det var det också i prover på broccoli och blomkål i norra Sverige (Magnusson, 2000). Koppar är knepigt att studera i plantor eftersom halterna kan ändras kraftigt på kort tid, troligen mycket beroende på utvecklingsstadium, men väderlek och årsmån anses också spela in. I en normalt mognande planta kan koppar lätt omfördelas från åldrade blad till växande delar. Vid hög kvävetillgång hämmas den processen, men även allvarlig kopparbrist hindrar omfördelning (Loneragan et al., 1980). Höga kvävenivåer medför därför att det krävs högre kopparhalter i plantorna för att de inte ska lida brist. Prov på kålväxter från norra Sverige har genomgående betydligt högre kopparhalter än projektets vitkålsprover; vitkålshuvuden (6 prov) 2,7–5,4 mg/kg ts, blomkålshuvuden (122 prov) 2,1–40,0 mg/kg ts, broccolihuvuden (87 prov) 2,6–28,1 mg/kg ts, salladskålshuvuden (32 prov) 3,3–6,8 mg/kg ts (Magnusson, 2000; 2002a). Högre kopparhalter i marken i delar av norra Sverige skulle eventuellt kunna förklara en del av skillnaderna (Eriksson m.fl. 1997).

Molybden (Mo)

Inga produktprover ligger under det preliminära riktvärdet och många prov har förhållandevis höga molybdenhalter. Ett av proverna har extremt hög halt av molybden, 32,2 mg/kg ts, (en koll med analyslaboratoriet har bekräftat att värdet är korrekt). Plantsaften indikerar låga värden i drygt hälften av proverna. I M2 visar molybden i

produktproverna det starkaste negativa sambandet med skörden av alla variabler. I M4 visar molybden i plantsaften ett relativt starkt negativt samband med skörden. I M5 visar Molybden i plantsaften vid provtagningstidpunkt 2 det starkaste negativa sambandet med skörden av alla variabler. Molybden i plantsaften vid provtagning 1 visar också starkt negativt samband med skörden. I relation till de värden för molybden i plantor som anses normala tyder det mesta på att värdena i projektet är tillräckliga och i många fall onödigt höga.

Molybden är det enda kända mikronäringsämnet som blir mera tillgängligt med stigande pH i jorden och risken för brist är alltså störst vid låga pH värden. Upptaget hämmas av kraftig svavelgödsling men främjas av god tillgång till fosfor (ref i Magnusson, 2000). I norra Sverige ansågs risken för molybdenbrist i kål tidigare vara stor främst med tanke på att jordarna har relativt lågt pH om de inte kalkats. Behandling av småplantor med natriummolybdat vid utplanteringen rekommenderades. I de växtnäringsstudier som genomförts i grönsaker där sedan slutet av 1980-talet visade sig dock molybdenbrist i fält vara mycket ovanligt, trots att pH-värdena gick ända ned till 4,4 (Magnusson, 2000). I det materialet ingick dessutom både konventionella och ekologiska odlingar, och svavelrika pH-sänkande NPK tillfördes i många konventionella odlingar. En tydlig effekt att svavel och pH-sänkningen minskade upptaget av molybden syntes, men sällan till bristnivåer. Inga symptom på molybdenbrist i plantorna syntes och inga effekter på skörden. En möjlig förklaring kan finnas i klimatet. Jordtemperaturen anses ha obetydlig effekt på molybdenupptaget till skillnad från upptaget av många andra näringsämnen (Moraghan & Mascagni, 1991). Låga jordtemperaturer skulle alltså främja upptaget av molybden i förhållande till andra ämnen. Det finns också många rapporter om att upptaget av molybden ökar i jordar med hög vattenhalt och extra höga molybdenhalter kan vara ett tecken på dålig dränering (ref. i Magnusson, 2000). Molybden anses också hållas i en tillgänglig form i organiska gödselmedel, även vid låga pH-värden (ref i Magnusson, 2000).

Nickel (Ni)

Att nickel är nödvändigt för högre växter har man inte vetat säkert förrän sedan slutet av 1980-talet. Nickel är nödvändigt för kväveomsättningen i växterna. Nickelhalter på 0,1–0,5 mg/kg ts i fullt utvuxna blad anges som normala, medan halter över 10–100 mg/kg ts kan vara skadliga (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Produktproverna indikerar låga värden för ca en fjärdedel av proverna i jämförelse med referensvärdena. I M2 visar nickel i produktproverna ett negativt samband med skörden. I Spurway och plantsaft ingår inte nickel.

Kisel (Si)

Jämfört med referensvärdena i Tabell 5 tycks kisel i vitkålen ligga inom normala gränser, men är låga jämfört med andra litteraturuppgifter. Takahashi & Miyake (1977) rapporterar ett medelvärde på 0,27% i ts (= 2 700 mg/kg ts !) för 85 olika dikotyledoner, gräs tar upp ännu mera kisel. Kisel i vitkålen visar inget starkt samband med skörden i den statistiska utvärderingen. Kisel anses inte (ännu) nödvändigt för de flesta växter vi odlar men rapporterna om positiva effekter av kisel är många. En ofta rapporterad effekt är ökad motståndskraft mot angrepp av svampar och insekter (Mengel & Kirkby, 1987; Asher, 1991; Bergmann, 1992) och det anses ha störst betydelse vid kraftig kvävegödsling (Takahashi & Miyake, 1977). Kalkning har rapporterats minska upptaget av kisel i många grödor (Grosse-Brauckmann, 1957; Khalid et.al., 1978; Naidu et.al., 1991).

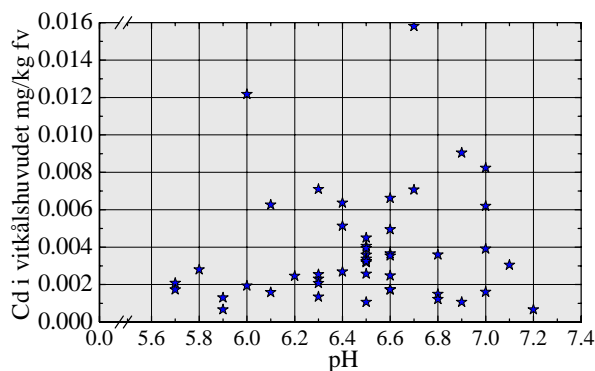
Aluminium (Al)

Aluminium i produktproverna ser ut att ligga inom normala gränser, men med några lite högre värden. Ca 75% av proverna ligger över LMI's rekommenderade högsta värde i plantsaften. Aluminium i vitkålshuvudet visar inget tydligt samband med skörden i den statistiska utvärderingen. Aluminium räknas inte som nödvändigt växtnäringsämne utan man är främst intresserad av risken för skadligt höga halter i jorden. De högsta halterna i vitkålshuvudena och plantsaften kan bero på att jord följt med proverna. Sådana prover har också ofta förhöjda halter av järn och kisel av samma skäl. Aluminium blir mera tillgängligt vid låga pH-värden och det är ett av skälen till att man inte bör låta pH-värdet sjunka långt under 5,5. Vid höga halter aluminium i markvätskan kan

rötterna ta skada, däremot brukar det inte medföra att några stora mängder aluminium tas upp i plantorna.

Kadmium (Cd)

Jämfört med referensvärdena i Tabell 5 tycks kadmium i produktproverna ligga inom normala gränser. Kadmium i vitkålshuvudena visar svagt negativt samband med skörden i M2. Omräknat till halter i friskvikten blir värdena 0,0007–0,0158, vilket är långt under det diskuterade gränsvärdet på 0,1 mg/kg friskvikt för livsmedel. Generellt anses mera kadmium tas upp med sjunkande pH i jorden, men många andra faktorer spelar också in. I de här proverna finns istället en tendens till högre halter med stigande pH (Figur 13). Samma tendens för kadmiumupptaget har även iakttagits i broccoli och blomkål (Magnusson, 2000). För morötter tycks dock sambandet vara det motsatta (Figur 27, s 38).



Figur 13. Kadmium i vitkålshuvudet vid skörd plottad mot pH i jorden. 47 objekt.

Ca/K

Höga halter av kalcium i jorden hämmar upptaget av kalium (Bergmann, 1992; Marschner, 1995). Kaliumfixering kan också försämra tillgängligheten för kalium på uppkalkade jordar, vilket gör att det där krävs kraftigare kaliumgödsling jämfört med på en kalciumfattigare jord (refereras i Magnusson, 2000). Den statistiska bearbetningen tyder på att konkurrens från kalcium i jorden varit en viktig faktor för underoptimalt upptag av kalium.

K/Mg

Ståhlberg m. fl. (1976) skriver att "Vår hittills föreliggande erfarenhet pekar på att kvoten mellan K-Al och Mg-Al bör ligga omkring 2.

Lägre värden kan accepteras i de höga kaliumklasserna och högre i de låga". I riktlinjer för gödsling och kalkning 2006 (Jordbruksverket, 2005) anges att kvoten ej bör vara högre än 2,5 vid K-AL klass I-II och 2,0 vid K-AL klass III, och 1,5 vid K-AL klass IV-V. Är kvoten lägre än 0,7 vid klass IV rekommenderas kaliumgödsling enligt klass III (Kjellquist, 1988). I internationell litteratur anges en kvot K/Mg i jorden på 0,5 som lämplig (Jokinen, 1981) eller en kvot på 2–5 (Bergmann, 1992). Ca 85 % av proverna har en kvot för Al-analyserna av K/Mg under 2, 65 % har en kvot under 1 och 25 % har en kvot under 0,5. Spurwayanalyserna ger samma bild. Många av de låga värdena kommer från jordar i låga kaliumklasser. I många jordar är det alltså för mycket magnesium i förhållande till kalium. Undantag från detta är gård 7 och 11 som istället har haft höga kvoter, och på gård 7 har symtom på magnesiumbrist i vitkålen konstaterats.

Ca/Mg

I internationell litteratur anges en kvot Ca/Mg i jorden på 5,5–6 som lämplig, vid högre värden ökar risken för magnesiumbrist (Jacoby, 1961; Jokinen, 1981). Endast 3 prov har en kvot Ca/Mg i Al-analyserna under 5,5, två prov har en kvot mellan 5,5 och 6,0. Alla övriga ligger över 6,0 och i många fall mycket över. I Spurwayanalyserna är förhållandet likartat. I majoriteten av jordarna är det alltså för mycket kalcium i förhållande till magnesium. Trots det visar kvoten Ca/Mg ett positivt samband med skörden. Förklaringen är troligen att kalium i jorden varit så lågt i förhållande till magnesium att konkurrensen från kalcium mot magnesiumupptaget varit positiv.

Det ser ut som man lätt kommer in i en ond cirkel vid för kraftig kalkning; för att balansera de höga kalciumhalterna behöver man höja magnesium och för att balansera höga halter av kalcium och magnesium behöver man höja kalium. Men då förvärrar man konkurrensen från Ca och Mg för upptaget av mangan och höjer även pH värdet vilket ytterligare försämrar Mn upptaget och även upptaget av andra mikronäringsämnen som bor.

Det är stora skillnader mellan vitkål och morötter när det gäller kvoterna K/Mg, Ca/Mg och Ca/K i plantsaften relaterat till jorden. Det diskuteras i avsnittet om morötter (s 38).

Morot

För morot finns 2 dataset bestående av olika typer av analyser: De har behandlats separat vid den statistiska utvärderingen.

Dataset 1

Består av markkarteringsanalyser + produktprov. Sedan starten 1999 har jordprov tagits i morotsfälten en gång per år och analyserats enligt metoden för markkartering, d.v.s. pH, P-Al, K-Al, Ca-Al, Mg-Al, P-HCl, K-HCl och Cu-HCl samt extraktion av B med hetvatten (Tabell 4). 2003 och 2004 analyserades jordarna även på NH₄-N och NO₃-N enligt KCl-metoden (totalt 13 prov). Morötterna har analyserats vid skörd på totala halten i torrsubstansen (ts) av C, N, K, P, S, Ca, Mg, Na, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Si, Al, Ni, Mo och Cd (Tabell 5).

Tabell 4. Markkarteringsanalyser i morotsfälten. Jordar med mullhalter under respektive över 7% redovisas var för sig. B och Cu anges i mg/kg jord, övriga i mg/100 g jord

Ämne	Mull <7%	Mull >7%
	34 prov	8 prov
pH	5,5–7,0	5,4–7,2
Mull %	1,8–6,5	7,8–41,3
Total-Kväve, mg/100 jord	100–300	285–1300
P-Al	2,8–28	2,1–30,0
P-HCl	32,9–86	56–140
K-Al	3,1–17,2	4,5–25
K-HCl	11,4–110	24–263
Mg-Al	1,6–17	12–38
Ca-Al	29–234,3	270–690
NH ₄ -N-KCl (11+2 prov)	4,0–27,0	5,7–17,6
NO ₃ -N-KCl (11+2 prov)	4,8–40,7	97,1–99,5
Cu-HCl, mg/kg jord	2,1–14,7	6–56
B-hetv.	0,2–1,1	0,5–2,6
K/Mg	0,24–5,21	0,26–0,87
Ca/Mg	5,31–36,05	9,46–23,14
Ca/K	3,49–45,0	13,5–69,7

Tabell 5. Analyser av produktprov på morötterna i projektet samt referensvärden från olika källor

Ämne	Projektet 45 prov 1999–2004	Norra Sv. 52 prov 1993–1999	Varo m.fl. 5 prov 1980	Piggott 1986	Livsmedels tabeller 1986	Livsmedels tabeller 2002
TS %	9,09–12,57	8,88–13,65	11,0		11,0	12,5
Kol (C) % av ts	41,7–44,5	41,7–44,9				
Kväve (N)	0,68–1,48	0,83–1,62	1,27–2,00	0,85–0,95	1,45	0,77
Kalium (K)	1,46–3,66	0,78–3,39	2,73–4,64	1,40–1,90	2,86	1,63
Fosfor (P)	0,13–0,39	0,15–0,25	0,31–0,51	0,33–0,65	0,28	0,22
Svavel (S)	0,09–0,17	0,09–0,13	0,11–0,16			
Kalcium (Ca)	0,22–0,39	0,17–0,33	0,22–0,38	0,30–0,35	0,29	0,18
Magnesium (Mg)	0,10–0,16	0,08–0,16	0,09–0,16	0,12–0,15	0,13	0,11
Natrium (Na)	0,05–0,62	0,04–0,83			0,38	0,15
Bor (B) mg/kg ts	12,4–26,4	12,0–24,2	21,8–36,4			
Järn (Fe)	15,6–37,0	25,5–90,2	30,9–67,3		21,8	34,4
Mangan (Mn)	6,6–58,1	5,7–104,5	13,6–62,7		32,7	
Zink (Zn)	9,7–37,4	11,6–44,9	22,7–53,6		30,9	24,0
Koppar (Cu)	2,2–6,4	2,2–27,9	3,4–5,6		4,5	
Molybden (Mo)	0,034–2,6	0,038–0,48	<0,9			
Nickel (Ni)	0,086–2,4	0,25–1,6	0,27–0,36			
Kisel (Si)	5–84	17–106	9–90			
Aluminium (Al)	1,6–32,7	2,6–145	1–55			
Kadmium (Cd)	0,1–0,57	0,05–0,33	0,18–0,36			

Totalt finns 45 objekt fördelade på 6 år och 9 odlingar. Alla odlingar är inte representerade varje år. I några fall har 2 eller 3 prov tagits på olika behandlingar i samma fält och totalt kommer proverna från 42 olika morotsfält (Bilaga 3).

Liksom för dataset 1 i vitkål är materialet tillräckligt omfattande och noggrant insamlat och dokumenterat för att statistisk bearbetning ska vara meningsfull. Men förutom de faktorer som

tagits upp när det gäller vitkål (sid) som gör att de statistiska sambanden blir svaga finns några ytterligare komplikationer i morötterna.

I en direktsådd gröda som morötter har man också alla faktorer som påverkar groning och uppkomst och som i de flesta fall troligen inte har med växtnäringsituationen att göra. Ett glest och/eller ojämnt bestånd är betydligt vanligare i direktsådda grödor än i planterade.

Produktproverna kommer från 7 olika morotssorter.

I vissa fall har skörden uppenbarligen främst påverkats av faktorer som knappast har med växtnäringssituationen att göra som t.ex. glesa bestånd, för mycket ogräs eller stora angrepp av skadegörare t.ex. morotsbladloppa och morotsfluga. I skördeuppskattningarna har försök gjorts att väga in sådana faktorer. Flera olika mått på skörden har lagts in i den statistiska bearbetningen. Omräkningar har gjorts mellan hektarskördar och kg per meter utifrån antalet löpmeter per ha som varierat avsevärt mellan olika odlingar.

En PCA-modell M7, ger en överblick över dataset 1 och visar att objekten har en mycket ojämn spridning med två "outliers", och flera objekt som ligger nära gränsen (Figur 14). Gemensamt för objekten i högra halvan är att de har hög mullhalt i jorden 9,2–41,3%. Det medför att värdena för växtnäringssämnen i jorden blir höga jämfört med i mineraljordar eftersom halterna uttrycks per viktsenhet. En viss jordvolym av en mulljord väger mycket mindre än samma jordvolym av en mineraljord. Omräknat till mängder per ha i matjordsskiktet blir det inte så höga värden som det ser ut. Eftersom inga volymviktsbestämningar gjorts i projektet går det inte att räkna om värdena så att de blir jämförbara. Uteslutning av mulljordarna har testats men då blir andra objekt "outliers" och om man utesluter dem kommer nya. Uppenbarligen är variationen väldigt stor i provytorna.

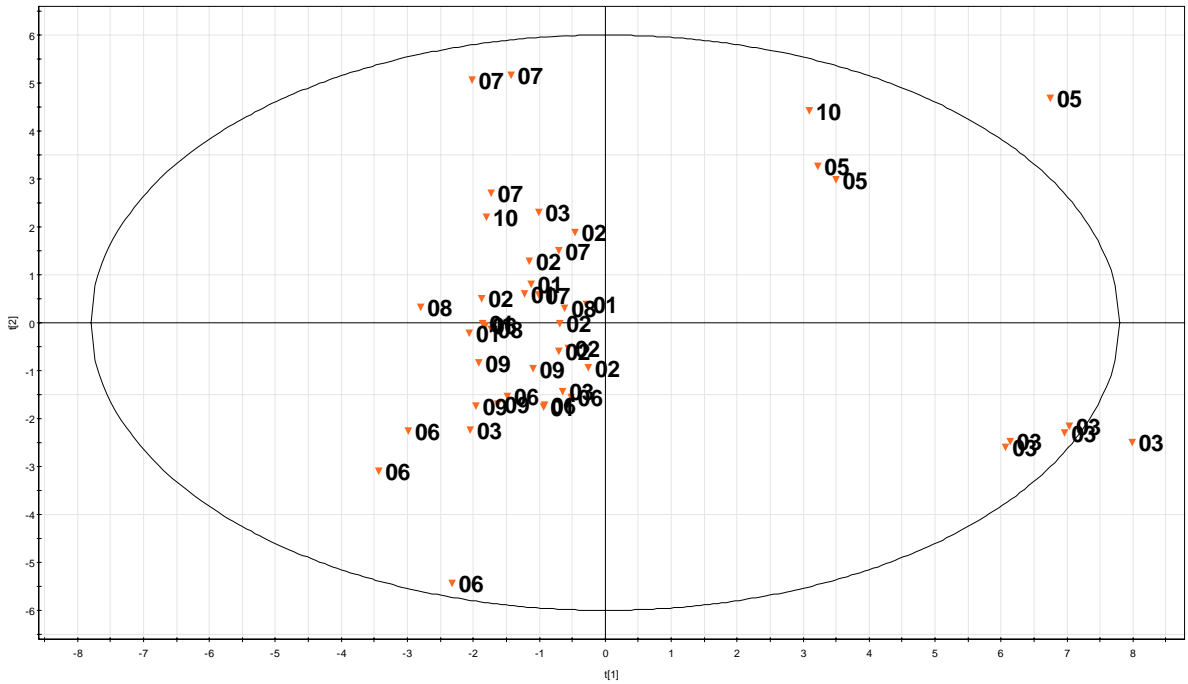
I Figur 15 visas variabelplotten för M7. Skördevariabeln t/ha ligger nära kvoten Ca/Mg vilket tyder på ett positivt samband. Skördevariabeln ligger också ganska nära ts-halten i produktproverna vilket är förvånande. Erfarenhetsmässigt brukar ts-halten i plantorna alltid ha ett mer eller mindre starkt negativt samband med tillväxt och skörd. Antingen säger det här att våra skördeuppskattningar inte stämmer med den verkliga skörden. Eller så skulle det kunna vara så att morotens ts-halt ökar när den avmognar vilket då kan vara kopplat till högre skörd.

En ny PCA-modell M8, där alla jordvariabler utom mullhalt och pH uteslutits ger en mycket

jämnare spridning av objekten (Figur 16). Det visar att det var halterna i jorden som gjorde vissa objekt till "outliers" i M7, inte innehållet i morötterna. Variabelplotten (Figur 17) visar att även här har skörden starkast positivt samband med ts-halten i morötterna, medan det inte går att se något positivt samband mellan skörden och något av näringsämnena. Om skördeuppskattningen är relevant kan det vara så att samtidigt som ts-halten ökar så sjunker halten av växtnäringssämnen i ts vid avmognaden. Omräkning till halter i friskvikten kan ge en något annorlunda bild eftersom den blir högre i ett prov med hög ts-halt.

Ytterligare en PCA-modell M9, med halterna av växtnäringssämnen i morötterna omräknade till halter i friskvikten ger en annorlunda variabelplot (Figur 19). Här ligger skördevariabeln närmare flera ämnen i morötterna, främst magnesium. Här ligger också ts-halten nära skördevariabeln men också mycket nära halten av kol (C) i morötterna. Det tyder på att tillväxten vid avmognaden främst består av en inlagring av kolhydrater vilket kanske mera har samband med blastens kondition och växtnäringssinnehåll än innehållet i morötterna som snarare späds ut i den processen.

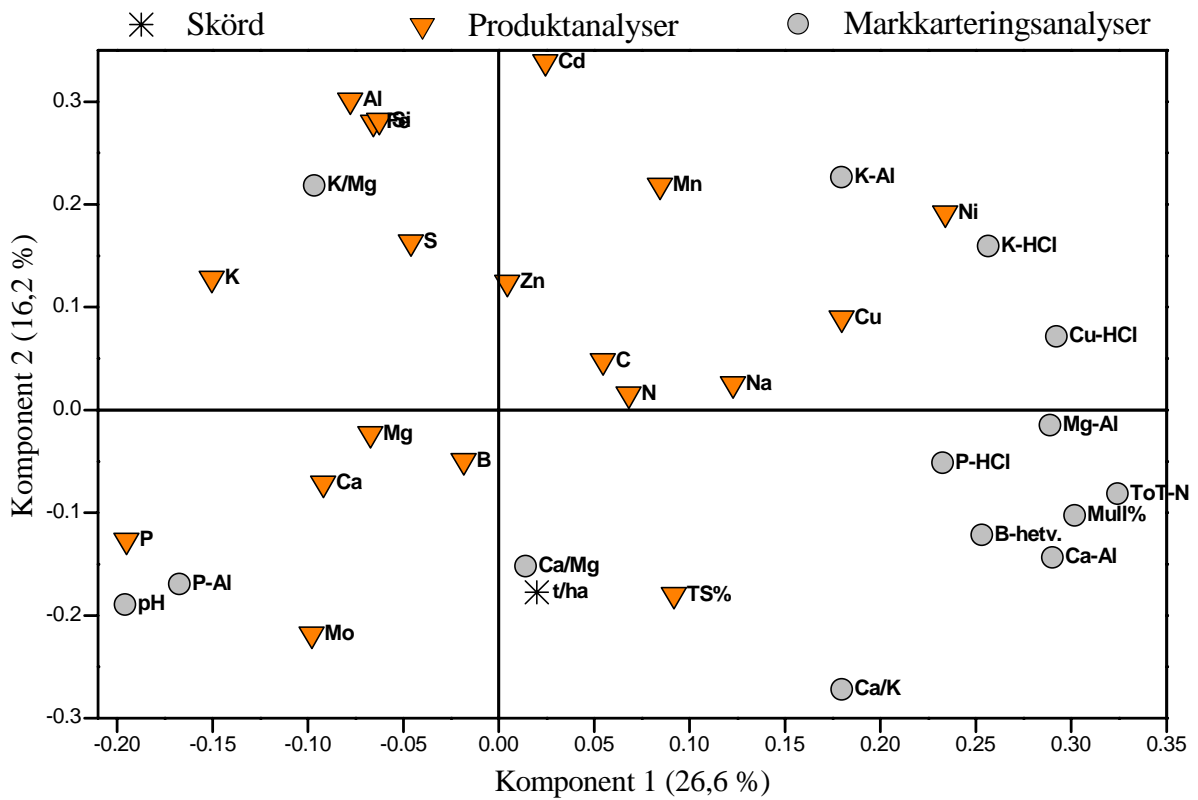
Alla tänkbara PLS-modeller med dataset 1 har testats, men alla ger väldigt låg förklaringsgrad och mycket låg statistisk säkerhet. Att t.ex. dela upp materialet efter mullhalt hjälper inte. Troligen är inte den stora variationen i jorden orsaken till att sambanden blir så svaga. Troligen har skördens storlek helt enkelt ganska svagt samband med halterna av växtnäringssämnen i morötterna. Sambandet mellan skörden och växtnäringssinnehållet i blasten är förmodligen betydligt starkare.



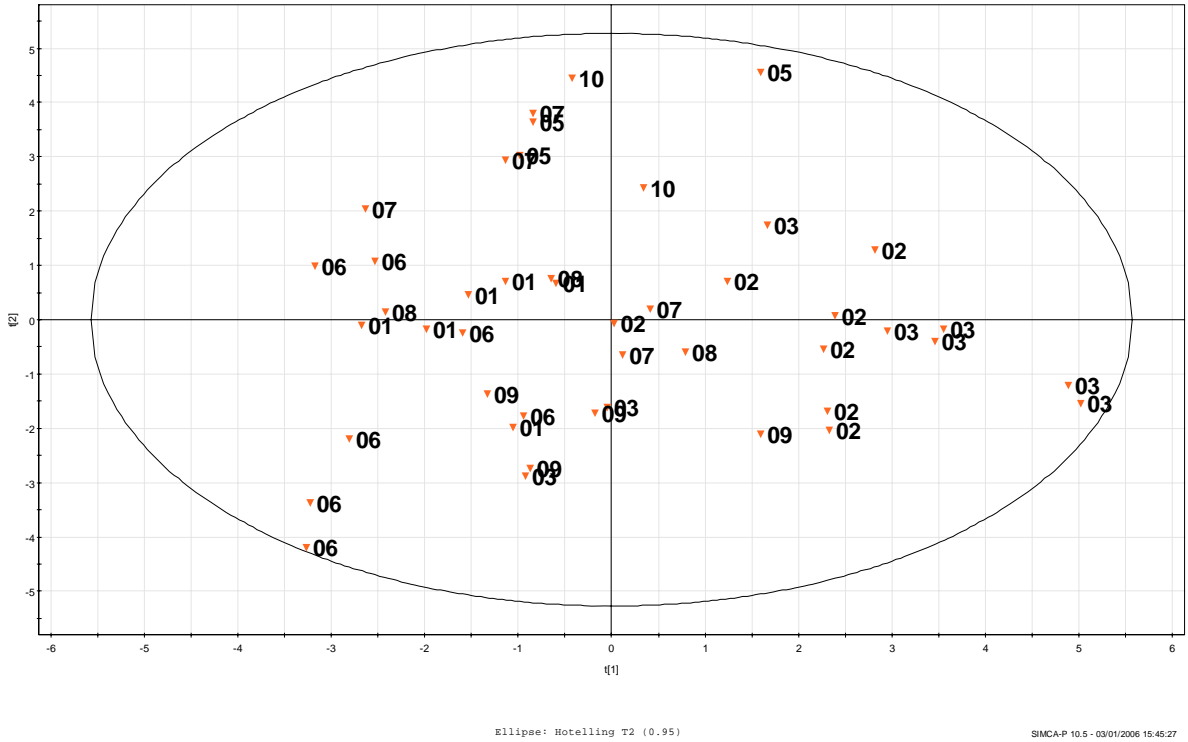
Ellipse: Hotelling T2 (0.95)

SIMCA-P 10.5 - 03/12/2005 16:37:49

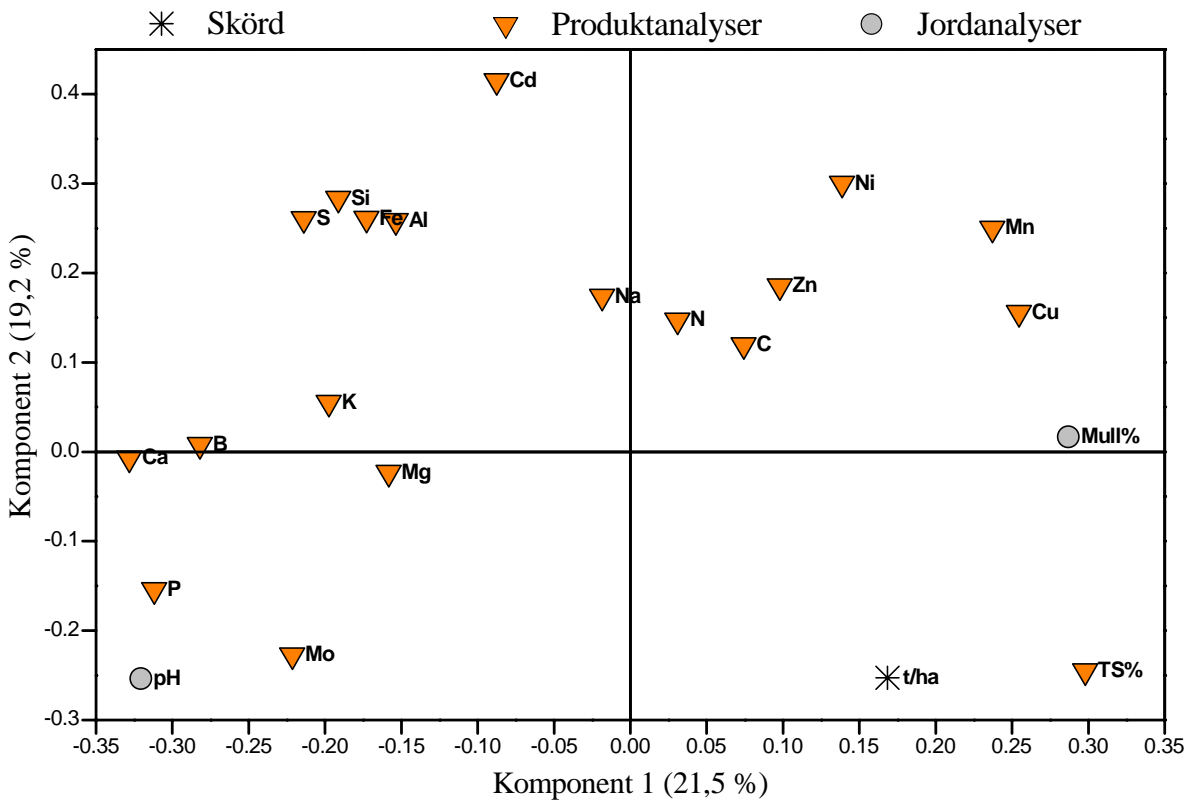
Figur 14. Objektplot för M7 (dataset 1 i morot, 45 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.



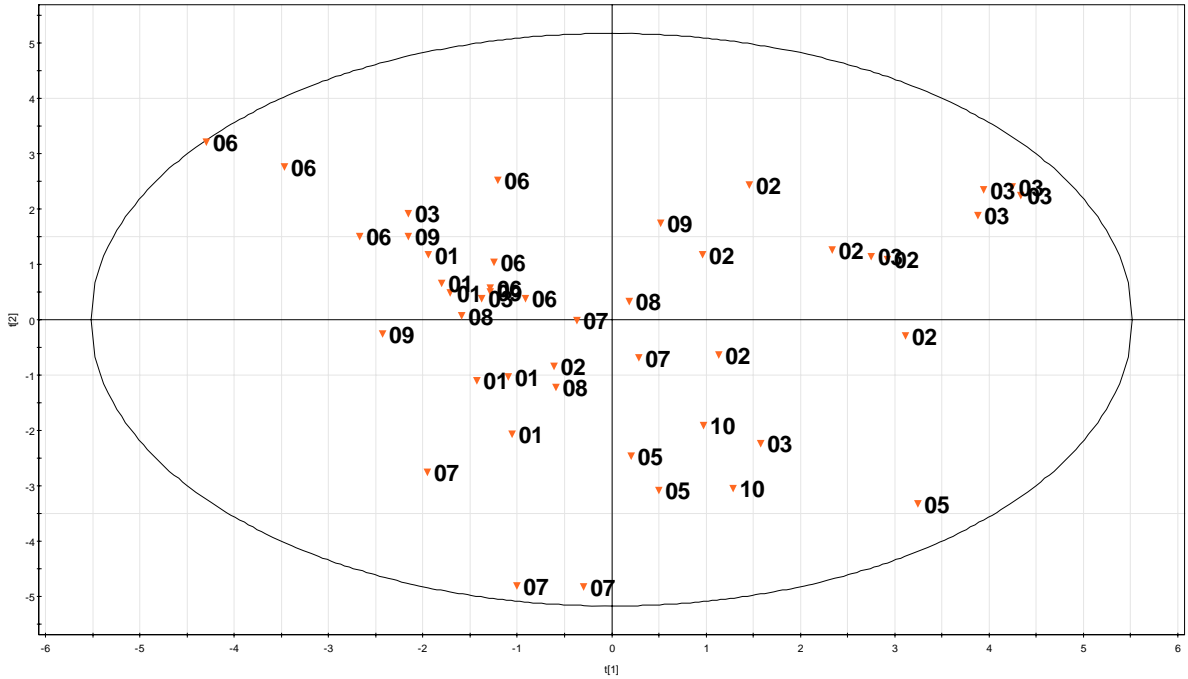
Figur 15. Variabelplot för M7 (dataset 1 i morot, 33 variabler).



Figur 16. Objektplot för M8 (dataset 1 i morot, 45 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.



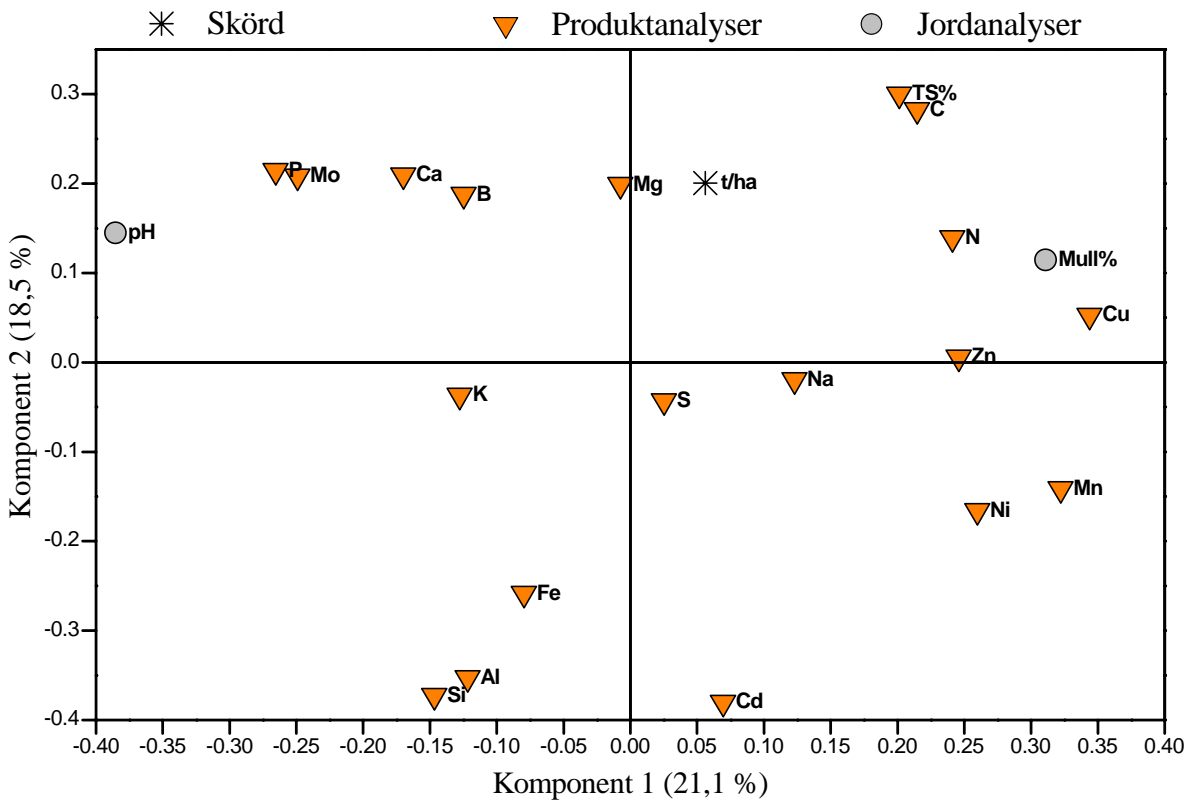
Figur 17. Variabelplot för M8 (dataset 1 i morot, 22 variabler)



Ellipse: Hotelling T2 (0.95)

SIMCA-P 10.5 - 03/01/2006 17:21:48

Figur 18. Objektplot för M9 (dataset 1 i morot, 45 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.



Figur 19. Variabelplot för M9 (dataset 1 i morot, 22 variabler)

Dataset 2

Består av jordanalyser (Spurway) och plantsaftanalyser under växtsäsongen. Under perioden 2002–2004 har jorden analyserats vid olika tillfällen under säsongen enligt den s.k. modifierade Spurway-Lawton-metoden (pH och Ec, extraktion av NO₃-N, NH₄-N, P, K, Mg, S, Ca, Na, Cl, Mn och B med HAc). Plantsaften har analyserats vid samma tillfällen på halten av

NO₃-N, NH₄-N, P, K, Mg, S, Ca, Na, Cl, Mn, B, Cu, Fe, Zn, Mo, Al, och pH och Ec. Hela materialet omfattar 34 prov på plantsaft och 33 Spurwayanalyser av jorden (Tabell 6 och Bilaga 4). Eftersom halterna i jorden uttrycks som mg/liter jord i Spurwayanalysen blir värdena i jorden jämförbara oberoende av volymvikt och mullhalt. Provtagningsstidpunkterna har varierat från 25 juni till 26 september.

Tabell 6. Spurway-analyser av morotsjordarna och analyser av plantsaft samt riktvärden från två analyslaboratorier

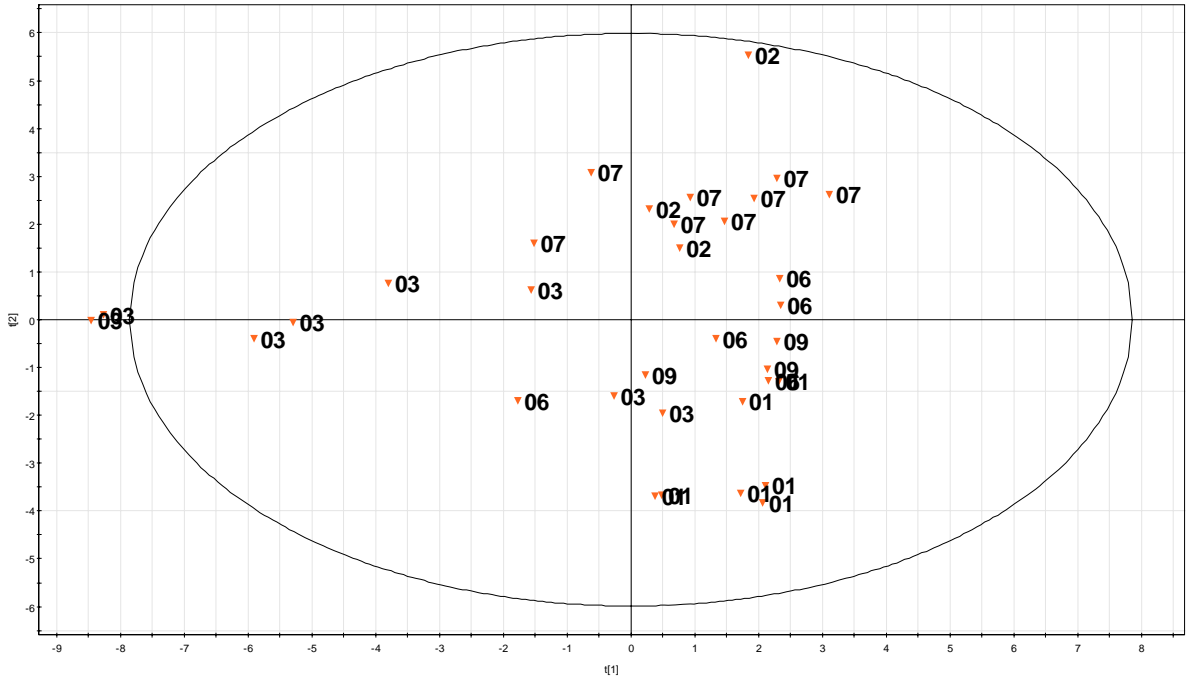
Ämne	Plantsaft		Spurway		
	Projektets värden 2002+2004 34 prov	Börvärde AB LMI	Projektets värden 2002+2004 33 prov	Börvärde vid kulturstart AB LMI	Optimalvärden i pågående kultur AnalyCen Nordic AB
pH	5,7–6,5	6,0	5,2–6,8	6,0	6,0–7,0
Ledningstal (Ec) mS/cm	11,7–20,9	15	0,2–1,3	1,2	1,0–2,0
Nitratkväve (NO ₃ -N) mg/l	0–967	320/200	0–75	60	30–50
Ammoniumkväve (NH ₄ -N)	9–60		0–18		10–15
Fosfor (P)	94–396	150	0–49	30	30–50
Kalium (K)	3816–8825	5000	9–109	130	65–100
Magnesium (Mg)	231–970	500	26–100	80	30–40
Svavel (S)	240–1300	500	5–77	35	20–30
Kalcium (Ca)	812–4056	2500	278–1004	800	500–1000
Natrium (Na)	109–2360	600	4–48	<50	0–10
Klorid (Cl)	282–2800	1500	0–11	<40	0–10
Mangan (Mn)	1–23,6	7	0,3–2	1,5	3,0–5,0
Bor (B)	0,99–5,62	2,5	0,2–0,8	1,3	0,5–1,0
Koppar (Cu)	0,24–4,91	0,5			0,2–0,4
Järn (Fe)	0,7–24,1	4			1,0–2,0
Zink (Zn)	1–4	1,5			0,8–2,0
Molybden (Mo)	0–18	0,1			
Aluminium (Al)	0,09–23,65	<2			1–5
K/Mg	4,5–26,4	10 *	0,18–3,93	1,63 *	2,17–2,5 *
Ca/Mg	2,3–5,9	5 *	6,04–19,57	10,0 *	16,7–25,0 *
Ca/K	0,13–0,79	0,5 *	3,72–78,50	6,15 *	7,69–10,0 *

* De börvärden som anges här har räknats fram utifrån laboratoriernas börvärden för respektive ämne och är inget man går ut med som riktvärden.

En PCA-modell M10, ger en överblick över dataset 2 och visar att objekten har relativt ojämn spridning med två "outliers" och ett objekt som är på gränsen till att vara "outlier" (Figur 20). I variabelplotten (Figur 21) ser man att de två avvikande objekten har höga värden i både jord och plantor för svavel och kalcium, höga kvävehalter i jorden och höga värden för mangan, magnesium, natrium och bor i plantsaften. Skörden uttryckt som kg/meter och kg/ha har ett ganska starkt samband med varandra. Eftersom antalet löpmeter per ha varierar kraftigt, mellan 13 300 och 20 000 meter, har även det lagts in som en variabel. Det tycks inte ha haft någon stor inverkan på skörden per ha.

I variabelplotten kan man också se hur starkt sambandet är mellan jord och plantanalys för olika ämnen, dvs. hur nära varandra de ligger. Här är ett starkt samband mellan jord- och plantanalys för svavel, kalcium och fosfor och ett ganska starkt samband för magnesium, kalium och klorid.

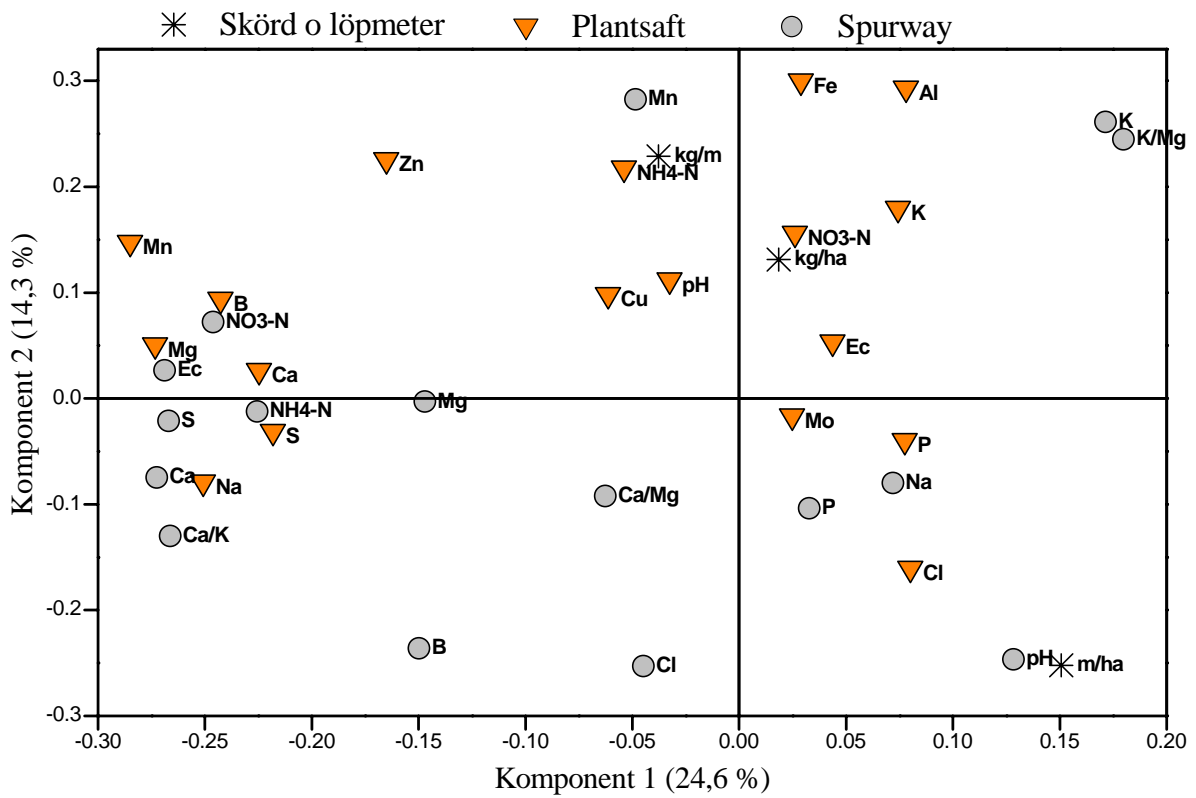
I PLS-modellen M11 ställs skörden uttryckt som ton per ha (Y-variabel) mot analysvärdena i jord och plantsaft (X-variabler). Antal meter per ha och skörden per meter ingår också som X-variabler. M11 har 4 signifikanta komponenter med hög förklaringsgrad och ganska hög statistisk säkerhet (Figur 22).



Ellipse: Hotelling T2 (0.95)

SIMCA-P 10.5 - 04/01/2006 11:16:04

Figur 20. Objektplot för M10 (dataset 2 i morot, 34 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.

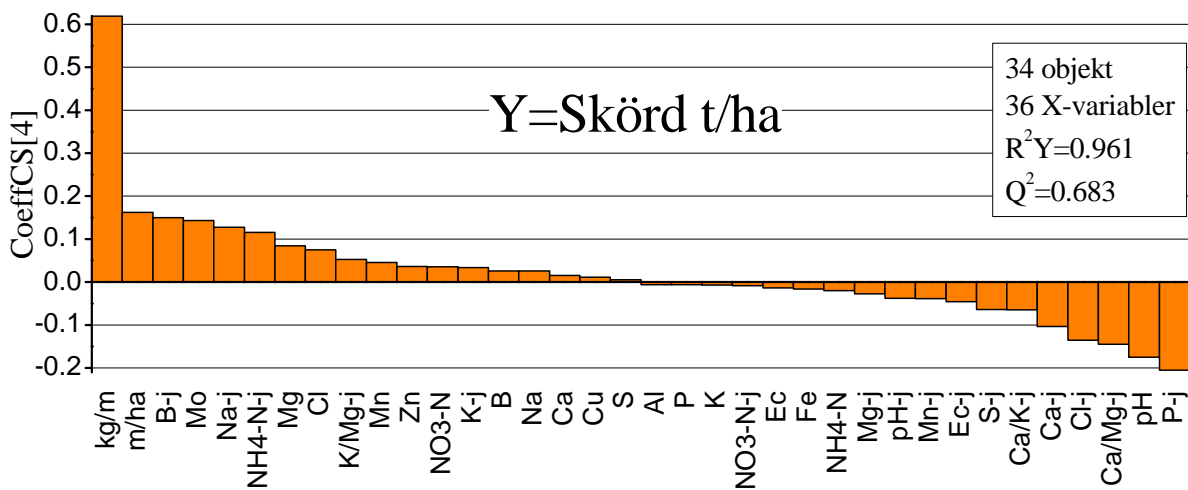


Figur 21. Variabelplot för M10 (dataset 2 i morot, 37 variabler).

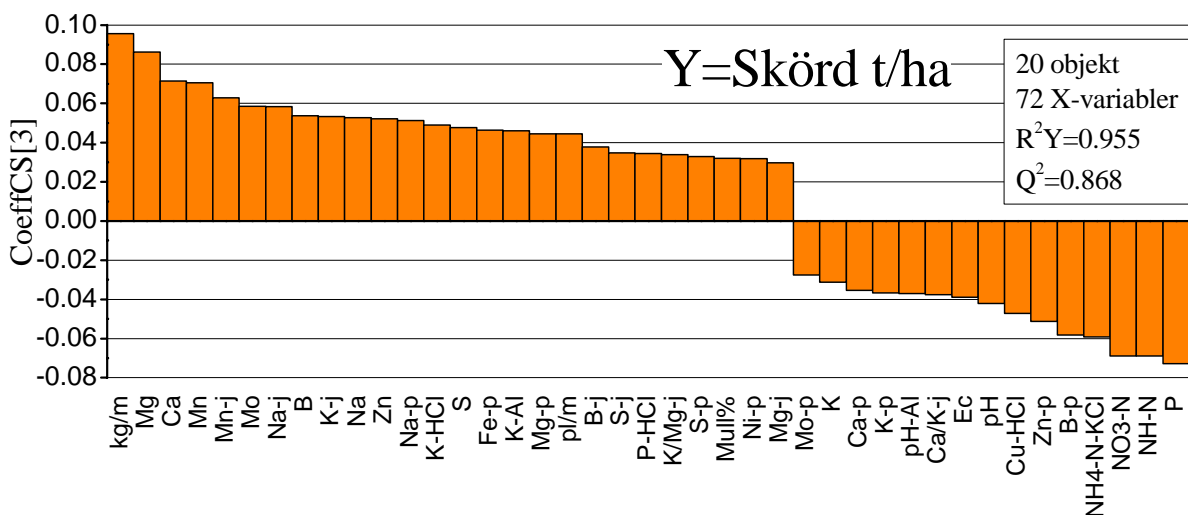
Det helt dominerande positiva sambandet med hektarskörden har kg/m. Långt därefter kommer m/ha följt av bor, natrium och ammoniumkväve i jorden och molybden och magnesium i plantsaften. Starkast negativt samband med skörden har fosfor, kalcium och klorid i jorden samt pH i plantsaften..

I PLS-modellen M12 har variablerna från båda dataseten kombinerats för de objekt där båda typerna av analyser genomförts. Det är totalt 20 objekt men vissa Spurwayanalyser och analyser av plantsaft har tagit på samma fält och har då

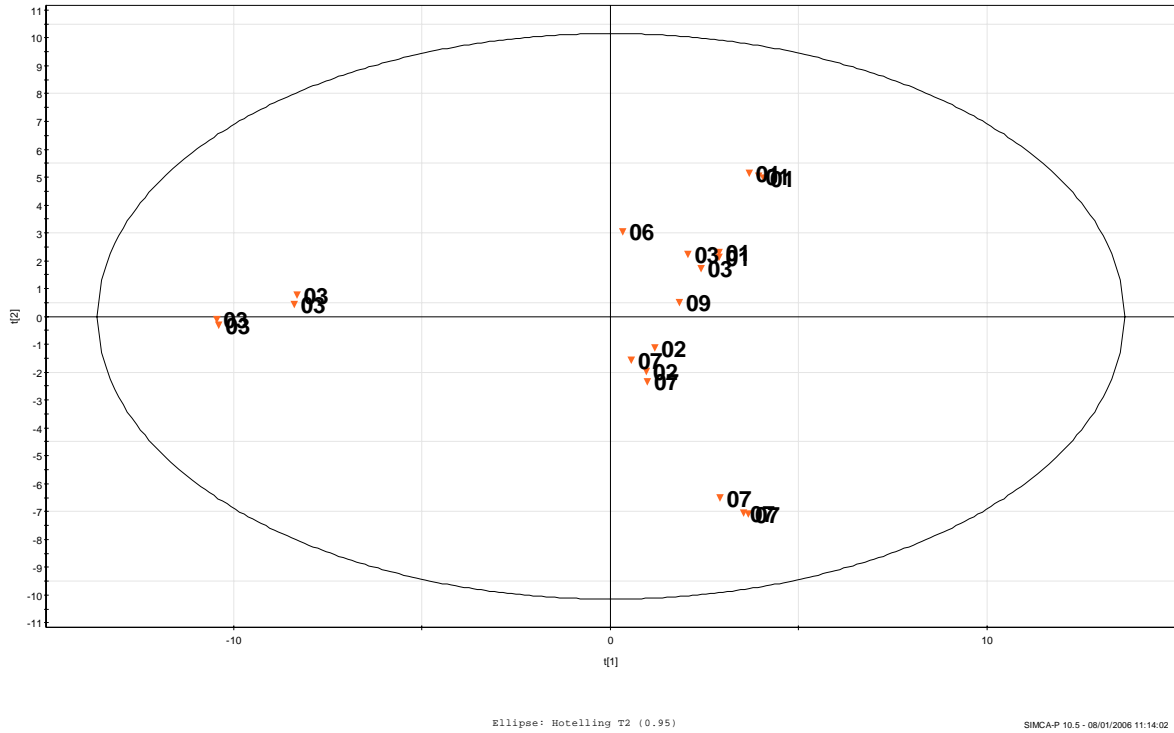
samma värden för markkarteringsanalyserna och ibland även för produktproverna. Det innebär att variationen i materialet är mindre än om alla objekt hade unika värden för alla analyser. M12 ger 4 signifikanta komponenter med mycket hög förklaringsgrad och statistisk säkerhet (Figur 23). Starkast positivt samband med skörden har magnesium, kalcium och mangan i plantsaften samt mangan i jorden. Starkast negativt samband med skörden har fosfor och kväve i plantsaften och ammoniumkväve i jorden. I PCA-modellen M13 för samma variabler (Figur 24) kan man se att objektens spridning är ojämn.



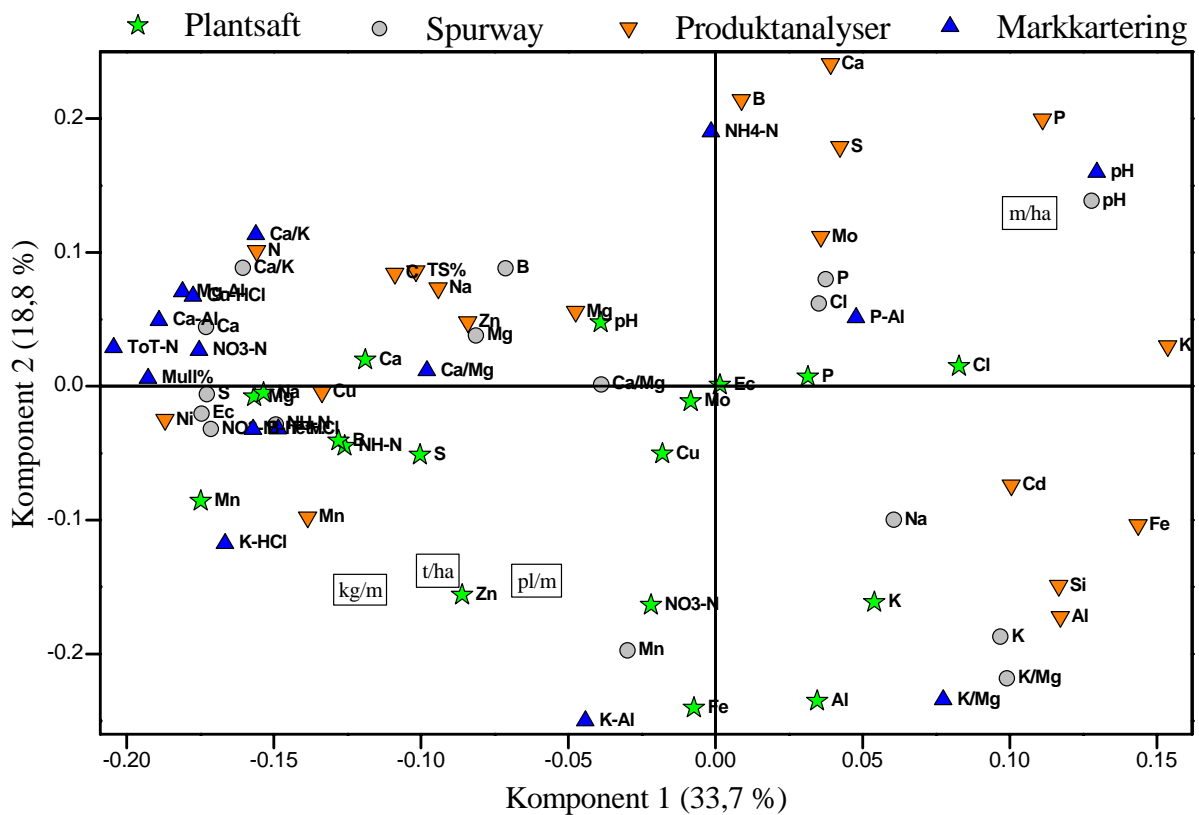
Figur 22. Regressionskoefficienterna för M11. (dataset 2 i morot) sorterade i fallande ordning från positiv till negativ korrelation med morotsskörden. De analysvärden som inte har någon ändelse gäller plantsaften, -j anger Spurwayanalyser.



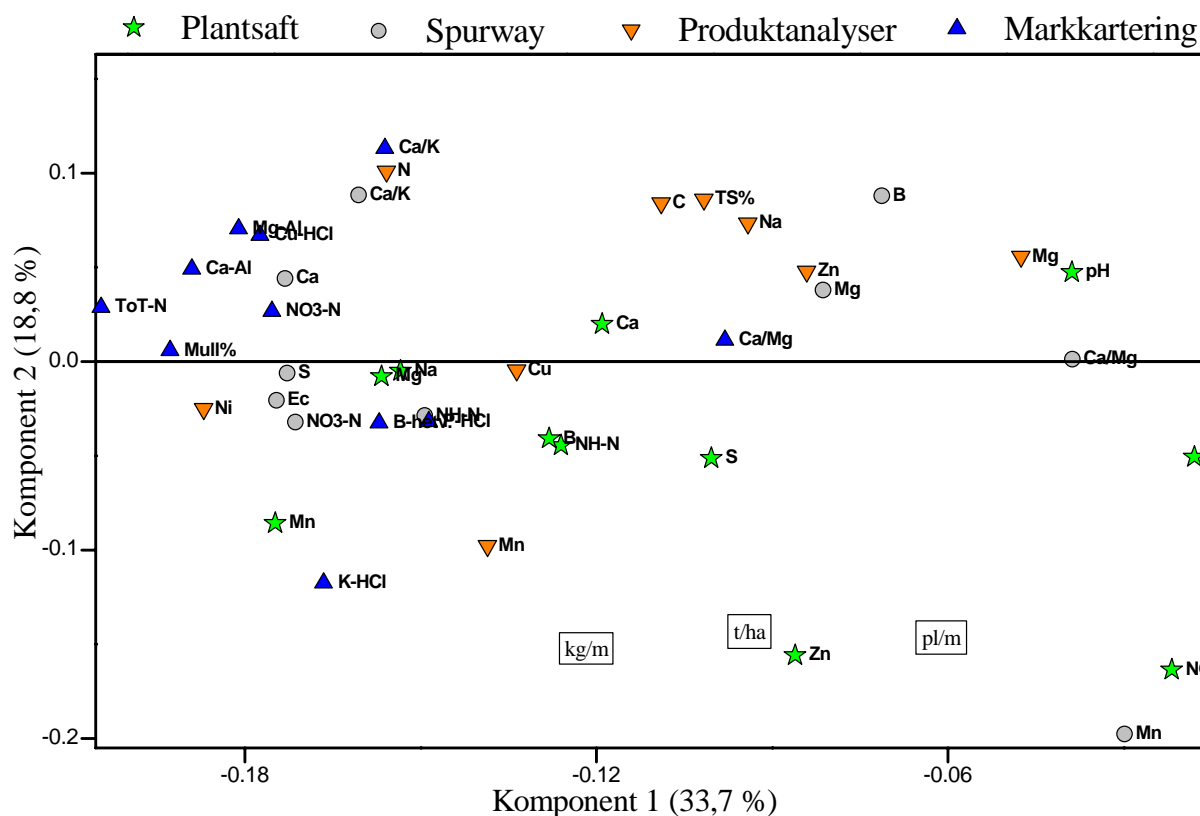
Figur 23. Regressionskoefficienterna för M12. (delar av dataset 1+2 i morot) sorterade i fallande ordning från positiv till negativ korrelation med morotsskörden. De analysvärden som inte har någon ändelse gäller plantsaften, -j anger Spurwayanalyser, -p anger produktanalyser, ändelserna -Al, -HCl och -KCl anger markkarteringsanalyser.



Figur 24. Objektplot för M13 (delar av dataset 1+2 i morot, 20 objekt). Siffrorna anger de olika gårdarna i projektet.



Figur 25. Variabelplot för M13 (delar av dataset 1+2 i morot, 73 variabler).



Figur 26. Förstoring av vänstra delen av variabelplot för M13 (delar av dataset 1+2 i morot, 73 variabler).

I variabelplotten (Figur 25) ligger alla skördevariablerna nära varandra och nära zink i plantsaften. De ligger också relativt nära mangan i jord, plantsaft och morötter. I variabelplotten kan man också se hur nära varandra de olika analysmetoderna för ett visst ämne ligger. Överensstämmelsen mellan Al och Spurway-analysen är god för pH, fosfor, kalcium och kvoterna K/Mg och Ca/K. Många variabler trängs i den vänstra delen av variabelplotten och en förstoring har gjorts för att särskilja dem (Figur 26).

Diskussion och slutsatser

Den statistiska utvärderingen ger inga starka entydiga resultat som kan hjälpa till att bedöma hur växtnäringssituationen påverkat skörden i morötterna. Ett försök till tolkning av resultaten görs främst med hjälp av referensvärden.

Referensvärden

För produktproverna har referensvärden sammanställts i Tabell 5 (s 24). De flesta riktvärden för optimala halter och gräns för brist bygger på analyser av morotsblasten. Analyser av morötterna är mycket sparsamt redovisade i

växtnäringsslitteraturen och då oftast som "normalvärden" inte som optimala värden. De enda av referensvärdena som möjligen kan betraktas som riktvärden för optimala halter är Piggott (1986). Varo m.fl. (1980) bygger på analys av 5 prov på morötter inköpta från 5 odlarägda grossister i olika regioner i Finland. Dessa prover är med största sannolikhet från konventionella odlingar och från tiden innan miljödebatten påverkat gödslingen i någon större utsträckning. Därför kan man utgå ifrån att de kommer från odlingar där tillförsel av kväve, fosfor och kalium med lättlösliga handelsgödselmedel varit kraftig jämfört med vad som anses rimligt idag, vilket medför att värdena för dessa ämnen är för höga för att tjäna som riktvärden. I Livsmedelstabeller (1986; 2002) som anger normala halter i livsmedel har man sänkt värdena för morötter kraftigt mellan de senaste utgåvorna. Vi har varit i kontakt med dem för att få veta på vilket sätt underlaget förändrats men p.g.a. att ansvarig personal är nyanställd har man inte kunnat få fram sådana uppgifter ännu. De senare värdena ser mera relevanta ut i förhållande till värdena i projektet. I brist på riktvärden för mikronäringssämnen mangan, bor, järn och zink kan man sätta en preliminär gräns

vid 20 mg/kg ts. Under den är det sannolikt att plantorna lidit brist.

Som komplement till litteraturuppgifterna har 52 prov på morötter från norra Sverige tagits med. Proverna kommer från både ekologisk och konventionell odling där skörden varierat mellan 10 och 55 ton/ha. De utgör inte optimala värden.

Riktvärden för Spurwayanalysen och för analysen av plantsaft redovisas i Tabell 6 (s 29). Båda laboratorierna rekommenderar lägre nivåer i jorden för morötter än för vitkål. För övrigt gäller samma kommentarer till riktvärdena som för vitkål (s 16).

pH

I den statistiska bearbetningen blir sambandet mellan skörd och jordens pH oftast mer eller mindre negativt. Intrycket är dock att morötter är mindre känsliga för höga pH-värden än vitkålen.

Kväve (N)

Produktproverna tyder inte på att kvävebrist varit något problem i morötterna utan visar snarare väl höga värden i ca hälften av proverna. Alla prov utom tre ligger under LMI's riktvärden för Spurway och ca 80% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaftanalysen indikerar brist i knappt hälften av proverna och väl höga värden i ca 30% av proverna. I M11 har ammoniumkväve i jorden positivt samband med skörden, i M12 starkt negativt. Kväve i plantorna visar inget tydligt samband med skörden i M11 men starkt negativt i M12. Höga halter ammoniumkväve i jorden anses hämma upptaget av kalcium och magnesium i plantorna (Bergmann, 1992). Odlarnas egen erfarenhet är att det är betydligt riskablare att ligga för högt i kväve än för lågt till morötter. Skörden kan bli imponerande men mycket får kasseras. Eftersom vädret styr mineraliseringen är risken stor att för mycket kväve blir tillgängligt när morötterna ska avmogna. En frisk grön blast som håller för maskinskörd förutsätter dock att plantorna inte lider av allvarlig kvävebrist.

Kalium (K)

Hälften av jordarna ligger i kaliumklass I och II. Produktproverna tyder inte på brist i mer än enstaka fall. Alla prov ligger under LMI's rekommendationer för Spurway och knappt

hälften ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i ca 30% av proverna, dock inga extremt låga värden. I M12 visar kalium i jorden positivt samband med skörden och kalium i morötterna negativt. Morötterna tycks ha betydligt lättare att ta upp kalium jämfört med vitkål, se nedan under diskussion om kvoterna (s 38).

Fosfor (P)

Enligt markkarteringsanalyserna ligger 25% av jordarna i fosforklass II, resten i klass III eller högre. Beroende på vilka referensvärden man väljer för produktproverna ligger närmare hälften, alternativt så gott som alla prover lågt. Alla prov utom två ligger under riktvärdena för Spurway medan plantsaften indikerar brist i ca 40%. Även om LMI:s börvärden för fosfor är lägre för morot än för vitkål kan man anta att de är i högsta laget. I M11 har fosfor i jorden starkast negativt samband med skörden av alla variabler. I M12 har P i plantsaften starkast negativt samband med skörden av alla variabler medan P-HCl har positivt samband med skörden. Växtnäringsbalanserna har visat överskott på fosfor och restriktionerna för tillförsel är på väg att skärpas. Ökad tillförsel kan bara vara motiverat på jordar i de lägsta fosforklasserna.

Förutom miljöaspekter på höga fosforvärden i jorden anses det också finnas risk att det kan orsaka kemiska och biologiska obalanser som försämrar jordens produktivitet (Amarisiri, 1990). Höga fosforhalter kan konkurrera med upptaget av zink, men den främsta risken som framhålls är att mykorrhizasvamparna slås ut. Det får inte bara effekt på näringsupptagningen utan även på motståndskraften mot jordburna svampsjukdomar (refereras i Amarisiri, 1990). Flera studier har visat att baljväxter kan öka tillgängligheten för fosfor genom att de har en förmåga att sänka pH-värdet i rotzonen kraftigt (Marschner, 1983; 1995; Römheld, 1986). De flesta baljväxter koloniserar också gärna av mykorrhiza, vilket ytterligare kan förstärka den positiva effekten på fosfors tillgänglighet för efterföljande gröda. På jordar där innehållet av fosfor är högt men tillgängligheten låg kan ökat inslag av baljväxter i växtföljden vara en metod att förbättra tillgången till fosfor för grönsaksgrödorna.

Svavel (S)

Produktproverna tyder inte på någon allvarlig svavelbrist i morötterna. Alla prover utom 5 ligger under LMI's riktvärde för Spurway och ca 60% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i ca 45 % av proverna, dock bara enstaka riktigt låga värden. I M12 visar svavel i jorden och i plantsaften positivt samband med skörden. Morötter räknas inte till de grödor som har stort behov av svavel men plantorna kan ha lidit brist under säsongen i vissa fält. Innehållet av svavel i olika Biofer-produkter varierade 2005 mellan 0,2–12,3%.

Kalcium (Ca)

Några officiella normvärden för Ca-Al i grönsaksjordar finns inte. På förfrågan anger Analycen ca 100 mg/100 g jord som ett lämpligt värde. Enligt riktlinjer för gödning och kalkning 2006 (Jordbruksverket, 2005) används Ca-Al främst för bestämning av basmättnadsgraden. På jord med gott kalkstillstånd anses brist ovanlig. Störst risk för brist är det på mulljord och lätta jordar. Känsliga grödor är vallbalväxter och potatis och för att motverka rostfläckighet i potatis anges minst 70 mg/100 g jord för måttligt känsliga sorter, och 100 mg/100 g jord för känsliga sorter (Jordbruksverket, 2005).

Ungefär en tredjedel av morotsjordarna ha Ca-Al värden under 100 mg/100 g jord. Beroende på vilka referensvärden man väljer för produktproverna ligger inga eller närmare hälften lågt. Alla prov utom 5 ligger under LMI's riktvärde för Spurway och ca 60% ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i ca 75 % av proverna. I M12 visar kalcium i plantsaften positivt samband med skörden men kalcium i morötterna negativt. Kvoterna Ca/K och Ca/Mg i jorden visar negativt samband med skörden i både M11 och M12. Upptaget av kalcium anses inte primärt vara kopplat till Ca-halten i jorden utan till rottillväxt och vattentillgång samt transpirationsströmmen genom plantan. Det är bara på extremt Ca-fattiga jordar som upptaget begränsas av absolut brist. Resultaten tyder inte på för låga kalciumvärden i jorden. Markpackning och igenslamning av jorden p.g.a. kraftiga regn i början av säsongen kan ha försämrat upptaget av kalcium, trots god tillgång i jorden.

Magnesium (Mg)

För Mg-Al i grönsaksjordar anger Analycen minst 10 mg/100 g jord som lämpligt värde. Enligt Ståhlberg m.fl. (1976) varierar gränsen för magnesiumbrist mellan 2–10 Mg-Al. De lägre värdena gäller lätta sandjordar och de högre kaliumrika leror. Enligt riktlinjer för gödning och kalkning 2006 (Jordbruksverket, 2005) går gränsen för brist vid 4–10 mg/100 g. Den lägre siffran är nedre gräns för jordar med låga och den högre nedre gräns för höga lerhalter. Störst risk för brist anges det vara på mullfattiga sandjordar med lågt pH, organogena jordar och jordar med höga K-AL tal. Sockerbetor och potatis uppges vara känsliga för brist. Som provtagningsintervall rekommenderar man vid varje omkartering, normalt vart 10 år.

Endast en jord i projektet ligger under 2 i Mg-Al och 5 ligger mellan 2–4, medan 17 prov ligger över 10. Produktproverna indikerar inte brist i mer än enstaka fall. Alla prov utom tre ligger under LMI's riktvärden för Spurway medan bara 4 ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i knappt 60% av proverna, i några fall på halva riktvärdet. I M12 har Mg i plantsaften, i morötterna och i jorden positivt samband med skörden, starkast för plantsaften. Morötterna tycks ha betydligt svårare att ta upp magnesium jämfört med vitkål, se nedan under diskussion om kvoterna (s 38).

Natrium (Na)

En del produktprov har mycket låga värden för natrium. Ca 20 % av proverna ligger under 0,1% i ts. Inget prov överskrider LMI's rekommenderade högsta värde i jorden. Alla prover utom två ligger över Analycens övre gräns för optimala värden. Plantsaften indikerar låga värden i ca hälften av proverna. I M11 visar natrium i jorden positivt samband med skörden. I M12 visar natrium i jorden, i plantsaften och i morötterna positivt samband med skörden. Natrium är såvitt man vet inte ett nödvändigt växtnäringssämne för morötter. En del växtslag kan till viss del kompensera kaliumbrist med att ta upp mera natrium om det finns tillgängligt. Morötter anses liksom vitkål uppskatta god tillgång till natrium även om kalium finns i tillräcklig mängd. Det finns också uppgifter om att morötterna blir sötare och godare med extra natriumtillförsel (Bergmann, 1992). De flesta organiska

gödselmedel innehåller mer eller mindre natrium och man kan förvänta sig högre halter i jorden i ekologisk odling jämfört med i konventionell odling. I England har det sedan länge varit vanligt med rekommendationer att tillföra 75–150 kg natrium per ha i konventionell odling (Coke, 1972). Även i modernare engelska gödslings-rekommendationer anges att på sandiga jordar tillföra 375 kg jordbrukssalt (=148 kg Na/ha), (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2000). Enligt Yara (www.yara.se) ger en övergödning med natrium sötare smak och en tendens till högre skörd av morötter. De rekommenderar natrium i form av 300 kg/ha Probeta N. Probeta N innehåller 10 % natrium. Innehållet av natrium i olika Biofer-produkter varierade 2005 mellan 0,6–6,3%. Skadligt höga halter av natrium kan främst komma från bevattningstvatten med hög salthalt, vilket är vanligast runt kusterna. Hushållskomposter kan också innehålla skadligt mycket natrium. Resultaten tyder på att ökad tillförsel av natrium till vissa morotsfält kan vara positivt.

Klorid (Cl)

Inget prov överskrider LMI's rekommenderade högsta värde i jorden. Bara ett prov ligger något över Analycens övre gräns för optimala värden. Plantsaften indikerar låga värden i hälften av proverna. I M11 har klorid i plantsaften svagt positivt samband med skörden och klorid i jorden negativt. De flesta organiska gödselmedel innehåller mer eller mindre klorid och man kan förvänta sig högre halter i jorden i ekologisk odling jämfört med i konventionell grönsaks och potatisodling som inte använder kaliumklorid. Skadligt höga halter kan främst komma från bevattningstvatten med hög salthalt, vilket är vanligast runt kusterna. Hushållskomposter kan också innehålla skadligt mycket klorid. Innehållet av klorid redovisas inte för biofer-produkter. På en förfrågan svarar man att innehållet av klorid är praktiskt taget obefintligt i alla dessa produkter. Resultaten tyder inte på att höga kloridhalter varit något problem i morotsfälten.

Bor (B)

Hälften av produktproverna ligger under 20 mg/kg ts som man kan uppskatta som en generell gräns för tillräckliga halter av bor. Bara ca 25% har B-värden omkring det rekommenderade 1 mg/kg jord (hetvattenextraktion). De högsta värdena är på mulljordar. Ca 40% har värden

under 0,5. Alla proverna ligger under LMI's rekommendationer för Spurway och ca en tredjedel ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i över 60% av proverna. I M11 och M12 visar B i jorden och i plantsaften positivt samband med skörden medan B i morötterna visar negativt samband med skörden i M12. Trots att man sedan några år börjat tillföra bor är innehållet i jorden troligen fortfarande underoptimalt. Bor blir mindre tillgängligt för plantorna med stigande pH och då behövs större tillförsel för att få effekt.

Borbrist hämmar rottillväxten (Dell & Hwang, 1997) och medför därmed försämrat upptag av vatten och näring. God tillgång till bor anses motverka svamp- och bakterieangrepp (refereras i Bergmann, 1992). Bor anses också ha betydelse för plantornas frosttolerans (Schorrock, 1997). Med tanke på att bor på senare år visat sig vara viktigt även för människor är god tillgång till bor för grödorna även ett plus för konsumenterna.

Järn (Fe)

Om man sätter 20 mg/kg ts som en nedre gräns indikerar produktproverna brist i ca 30% av proverna. Plantsaften indikerar låga värden i drygt hälften av proverna. I M12 har järn i morötterna positivt samband med skörden. Förutom högt pH och höga kalciumhalter i jorden anses markpackning och syrebrist i jorden vara de viktigaste orsakerna bakom dåligt upptag av järn i plantorna.

Mangan (Mn)

Om man sätter 20 mg/kg ts som en nedre gräns indikerar produktproverna brist i ca 70% av proverna. Alla prover utom 5 ligger under LMI's riktvärde för Spurway och alla ligger under den nedre gränsen som Analycen anger som optimal. Plantsaften indikerar låga värden i närmare 60% av proverna. I M11 är kopplingen mellan skörd och mangan i jord och plantsaft mycket svag. I M12 visar mangan i jord och plantsaft starkt positivt samband med skörden. Resultaten tyder på att tillgången till mangan är underoptimal i flera av morotsfälten.

Mangan har en väldokumenterad betydelse för plantornas resistens mot patogener. Huber & Wilhelm (1988) presenterade en lista på över 50 sjukdomar orsakade av olika patogener som

rapporterats motverkas av mangan. Mangan hämmar t.ex. tillväxten för vanlig skorv (*Streptomyces scabies*) i potatis. Graham & Webb (1991) hävdar att mangan kan komma att visa sig vara det viktigaste mikronäringsämnet för plantornas förmåga att utveckla motståndskraft mot svampsjukdomar både i skott och rötter. Det finns också indikationer på att mangan har en specifik funktion för rottillväxten som är oberoende av manganbehovet för skotttillväxten (Nable & Loneragan, 1984). Mangan anses också ha betydelse för plantornas frosttolerans (Kaniuga et al., 1978).

Zink (Zn)

Om man sätter 20 mg/kg ts som en nedre gräns indikerar produktproverna brist i drygt hälften av proverna. Plantsaften indikerar låga värden i ca 15 % av proverna. I M12 har Zn i plantsaften positivt och Zn i morötterna negativt samband med skörden. Det är lite förvånande att riktvärdet för zink i plantsaften är så mycket lägre än för mangan med tanke på att upptaget i plantorna brukar vara ungefär lika stort för båda.

Koppar (Cu)

Om man sätter 3 mg/kg ts som en nedre gräns indikerar produktproverna brist i drygt hälften av proverna. Ca 40% av mineraljordarna har värden för Cu-HCl under 6 och en av jordarna med hög mullhalt har Cu-värde under 15. Plantsaften indikerar låga värden i ca en tredjedel av proverna. Koppar i plantorna visar inget tydligt samband med skörden i M11 och M12. Cu-HCl visar ett negativt samband med skörden i M12.

Molybden (Mo)

Det finns dåligt med referensvärden för molybden i morötter. För molybden i morotsblasten anges 0,5–1,4 mg/kg ts vara optimalt (Bergmann & Neubert, 1976; Mills & Jones, 1992). I morotsproverna från norra Sverige analyserades även blasten och en jämförelse mellan halterna i blast och rot visar att roten innehåller ungefär en tiondel så mycket molybden som blasten. Det tyder på att gränsen för brist i morötterna går ungefär vid 0,05 mg/kg ts. Det skulle betyda att ca 10 % av produktproverna har för låga halter av molybden. Plantsaften indikerar låga värden i ca hälften av proverna. I M11 och M12 har molybden i plantsaften positivt samband med skörden. Molybden är det enda kända mikronäringsämnet

som blir mera tillgängligt med stigande pH i jorden och risken för brist är alltså störst vid låga pH värden. Upptaget hämmas av kraftig svavelgödsling i jorden men främjas av god tillgång till fosfor (Ref i Magnusson, 2000). I variabelplottarna (Fig. 15, 17, 19, 21 och 25) ligger molybden i morötter och plantsaft oftast nära fosfor i både jord, morötter och plantsaft samt pH i jorden. Proverna från norra Sverige kommer från jordar med pH 4,7–7,3 och de som har lägst halter av molybden i blast och rötter kommer från lätta jordar med lågt pH som gödslats med pH-sänkande handelsgödsel med hög svavelhalt.

Nickel (Ni)

Att nickel är nödvändigt för högre växter har man inte vetat säkert förrän sedan slutet av 1980-talet. Nickel är nödvändigt för kväveomsättningen i växterna. Nickelhalter i morötter på 0,26–0,98 mg/kg ts har rapporterats från USA (Shacklette, 1980). Nickelhalter på 0,1–0,5 mg/kg ts i fullt utvuxna blad anges som normala, medan halter över 10–100 mg/kg ts kan vara skadliga (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). I proverna från norra Sverige är halten nickel i samma storleksordning i både rötter och blast men oftast något högre i blasten. Tre av projektets prover ligger strax under 0,1 mg/kg ts. Nickel blir mera lättillgängligt med sjunkande pH och i variabelplottarna ligger nickel ofta nära mangan (Fig. 15, 17, 19, 25 och 26).

Kisel (Si)

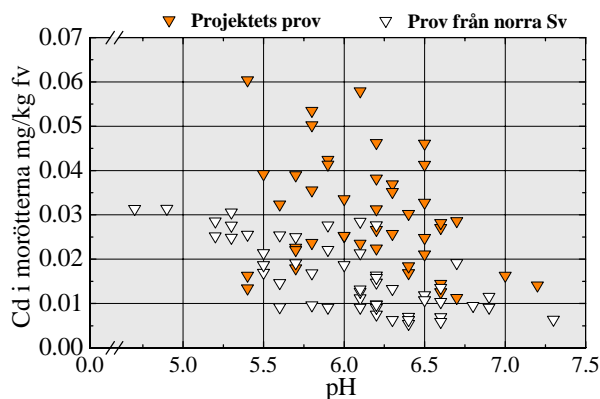
Jämfört med referensvärdena i Tabell 5 tycks kisel i morötterna ligga inom normala gränser, men är låga jämfört med andra litteraturuppgifter. Takahashi & Miyake (1977) rapporterar ett medelvärde på 0,27% i ts (= 2 700 mg/kg ts !) för 85 olika dikotyledoner, gräs tar upp ännu mera kisel. Kisel i morötterna visar inget tydligt samband med skörden i den statistiska utvärderingen. Kisel anses inte (ännu) nödvändigt för de flesta växter vi odlar men rapporterna om positiva effekter av kisel är många. En ofta rapporterad effekt är ökad motståndskraft mot angrepp av svampar och insekter (Mengel & Kirkby, 1987; Asher, 1991; Bergmann, 1992) och det anses ha störst betydelse vid kraftig kvävegödsling (Takahashi & Miyake, 1977). Kalkning har rapporterats minska upptaget av kisel i många grödor (Grosse-Brauckmann, 1957; Khalid et al., 1978; Naidu et al., 1991).

Aluminium (Al)

Aluminium i morötterna ser ut att ligga inom normala gränser. Drygt 60% av proverna ligger över LMI's rekommenderade högsta värde i plantsaften. Aluminium i morötterna eller plantsaften visar inget tydligt samband med skörden i den statistiska utvärderingen. Aluminium räknas inte som nödvändigt växtnäringssämne utan man är främst intresserad av risken för skadligt höga halter i jorden. De högsta halterna i morötterna och plantsaften kan bero på att jord följt med proverna. Aluminium blir mera tillgängligt vid låga pH-värden och det är ett av skälen till att man inte bör låta pH-värdet sjunka långt under 5,5. Vid höga halter aluminium i markvätskan kan rötterna ta skada, däremot brukar det inte medföra att några stora mängder aluminium tas upp i plantorna.

Kadmium (Cd)

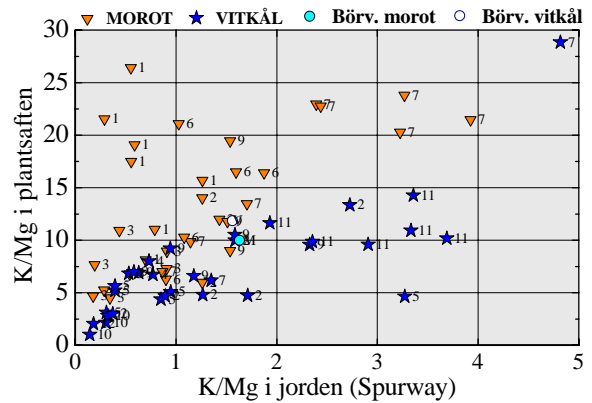
Jämfört med referensvärdena i Tabell 5 tycks kadmium i morötterna ligga inom normala gränser. Kadmium i morötterna visar inget tydligt samband med skörden i den statistiska utvärderingen. Omräknat till halter i friskvikten blir värdena 0,0113–0,0604, vilket betyder att alla ligger under det föreslagna gränsvärdet på 0,1 mg/kg friskvikt i livsmedel. Generellt anses mera kadmium tas upp med sjunkande pH i jorden, men många andra faktorer spelar också in. För morötter finns en tendens till högre halter vid lägre pH både i projektets prover och i proverna från norra Sverige (Figur 27). Här skiljer sig morötter från vitkålen som också genomgående har lägre kadmiumhalter än morötterna (Fig 13, s 23).



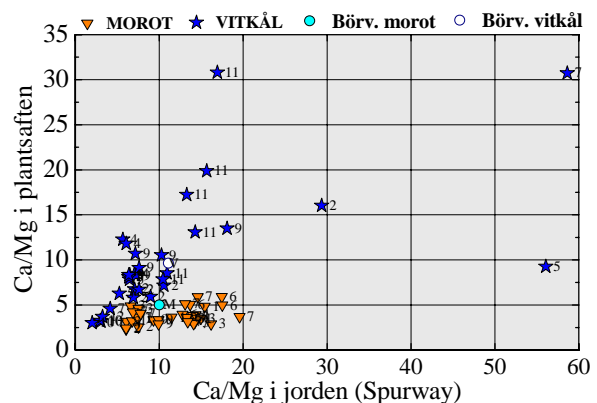
Figur 27. Kadmium i morötterna plottad mot pH i jorden för projektets prover (47 objekt) och prover från norra Sverige (52 objekt).

K/Mg, Ca/Mg och Ca/K

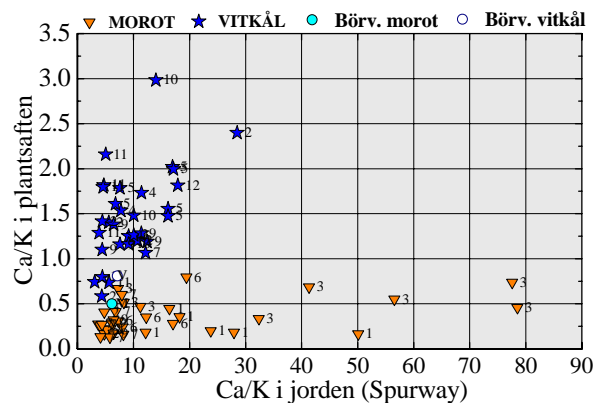
Vitkål och morot skiljer sig mycket när det gäller innehållet i plantsaften. Morötterna har mycket högre kvoter för K/Mg än vitkålen i förhållande till kvoten i jorden (Figur 28). För kvoterna Ca/Mg och Ca/K är förhållandet det omvända (Figur 29 och 30).



Figur 28. Kvoten K/Mg i plantsaften plottad mot K/Mg i jorden för morot (34 objekt) och vitkål (33 objekt). Siffrorna anger gårdsnummer.



Figur 29. Kvoten Ca/Mg i plantsaften plottad mot Ca/Mg i jorden för morot (34 objekt) och vitkål (33 objekt). Siffrorna anger gårdsnummer.



Figur 30. Kvoten Ca/K i plantsaften plottad mot Ca/K i jorden för morot (34 objekt) och vitkål (33 objekt). Siffrorna anger gårdsnummer.

Upptaget i vitkålen ser ut att påverkas betydligt mera av förhållandena i jorden än upptaget i morötterna. Det kan handla om artspecifika skillnader i näringsupptaget. En viktig faktor är naturligtvis att det handlar om större mängder av växtnäring som tas upp i en vitkålsgröda jämfört med i en morotsgröda. Men skillnaderna är kanske inte riktigt så stora som man tror (Tabell 7). Om man räknar på en avsaluskörd på 60 ton för vardera blir innehållet i skörd+rest för vitkål: N 107+65=171 kg, K 143+87=230 kg, P 15+8,4=23,4 kg. För morot: N 67+58=125 kg, K 149+91=241 kg, P 14,4+4,2=18,6 kg. Värdena i tabellen för skörderesten i vitkålen kan innebära en underskattning. Om man istället använder värden från Balvoll (1995) blir det för vitkål: N

150+150=300 kg, K 150+162=312 kg, P 24+24=48 kg. För morot: N 90+60=150 kg K, 180+150=330 kg, P 18+12=30 kg.

Det är alltså främst kväve som vitkålen tar upp mera av, även fosfor till viss del men för kalium ligger morötter något högre. Svavel tar vitkålen upp mycket mera av 31,8+24,6=56,4 kg mot morot 7,8+9,6=17,4 kg. I de här siffrorna ingår inte vitkålels rotsystem som säkert innehåller betydande mängder växtnäring. Viktigare än totala upptaget är kanske ändå att morötterna har långsammare upptag första halvan av säsongen, i alla fall för kväve enligt N-expert (refereras av Båth, 2003). Morötterna kan också dra nytta av samarbete med mykorrhizasvampar i jorden.

Tabell 7. Innehållper 10 t skörd i skörd och skörderester för vitkål och morötter

Ämne	VITKÅL SKÖRD Projektet 47 prov	VITKÅL SKÖRD Norra Sv 6 prov	VITKÅL REST * Norra Sv 6 prov	MOROT SKÖRD Projektet 45 prov	MOROT SKÖRD Norra Sv 52 prov	MOROT REST Norra Sv 52 prov
TS ton/10 ton skörd	0.90	0.91	0.55	1.08	1.10	0.36
Kol (C) kg/10 ton	392.3	393.0	225.1	473.4	475.3	152.8
Kväve (N)	17.8	17.3	10.7	11.1	14.4	9.7
Kalium (K)	23.8	24.1	14.5	24.9	29.1	15.2
Fosfor (P)	2.5	2.8	1.4	2.4	2.1	0.7
Svavel (S)	5.3	5.0	4.1	1.3	1.2	1.6
Kalcium (Ca)	4.0	3.5	14.3	3.1	2.6	5.6
Magnesium (Mg)	1.3	1.3	1.8	1.3	1.4	1.7
Natrium (Na)	0.6	0.7	0.9	2.0	1.6	0.6
Bor (B) g/10 ton	15.3	14.2	15.6	21.2	21.1	11.4
Järn (Fe)	23.4	26.1	43.6	24.8	52.9	126.3
Mangan (Mn)	13.5	18.9	25.0	19.7	19.6	30.6
Zink (Zn)	12.4	17.8	11.0	21.4	34.2	11.4
Koppar (Cu)	1.66	3.16	2.46	4.19	8.35	2.79
Molybden (Mo)	1.68	1.12	3.18	0.29	0.12	0.20
Nickel (Ni)	0.38	0.50	0.53	0.38	0.73	0.29
Kisel (Si)	15.32	17.93	83.90	29.58	34.03	49.73
Aluminium (Al)	3.85	3.54	12.66	10.27	16.46	33.13
Kadmium (Cd)	0.03	0.05	0.12	0.27	0.15	0.06

* Siffrorna för skörderesterna i vitkål är osäkra, det är få prov och väldigt lite skörderest i två av proverna. Mängden skörderester varierar säker mycket beroende på sort och gödsling.

Litteratur

- Amarasiri S.L (1990) Phosphorus management in intensive vegetable cultivation. In Phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania, pp. 453–460. Manila: Intern. Rice Research Inst.
- Asher C.J (1991) Beneficial elements, functional nutrients, and possible new essential elements. In Micronutrients in agriculture. 2nd ed, ed. Mortvedt J.J, Cox F.R, Shuman L.M & Welch R.M, pp. 703–723. Madison: SSSA Book Series No.4.
- Balvoll, G (1995). Grönsaker. Gødsling: avling – kvalitet-miljø. Föredrag vid kurs i grönsksdyrking vid NLH. Manuskript.
- Bergmann W (1992) Nutritional disorders of plants - development, visual and analytical diagnosis. Jena: Fisher Verlag.
- Bergmann W & Neubert P (1976) Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Jena: VEB Gustav Fisher.
- Båth, B (2003) Växtnäringsförsörjning och gödsling i ekologisk grönsaksodling. I: Ascard J & Rehnstedt C (red.) 2003. Ekologisk odling av grönsaker på friland. Kurspärm Jordbruksverket.
- Cooke G.E (1972) Fertilizing for maximum yield. London: Crosby Lockwood and Son Ltd.
- Dell B & Huang L (1997). Physiological response of plants to low boron. In Boron in soils and plants: Reviews, ed. Dell B, Brown P.H pp. 103–120. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Dixon G.R & Webster M.A (1988). Antagonistic effects of boron, calcium and pH on pathogenesis caused by *Plasmodiophora brassicae* Woronin (clubroot) –A review of recent work. *Crop Res.* 28:83-95.
- Dixon G 1999. Keeping clubroot on the run. *Grower*, april 1999 p 28–29
- Engels C & Marschner H (1993) Influence of the form of nitrogen supply on root uptake and translocation of cations in the xylem exudate of maize (*Zea Mays* L.). *J Exp Bot* 44, 1695–1701.
- Eriksson J, Andersson A & Andersson R (1997) Current status of Swedish arable soils. Stockholm: Naturvårdsverket Förlag.
- Graham R.D & Webb M.J (1991). Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In Micronutrients in agriculture. 2nd ed, ed. Mortvedt J.J, Cox F.R, Shuman L.M & Welch R.M, pp. 329–370. Madison: SSSA Book Series No.4.
- Grosse-Brauckmann E (1957) Die Kieselsäureaufnahme von Getreide unter dem Einfluss von Stickstoff, Kalk und Phosphorsäure. *Landw Forsch* 9, 196–203.
- Huber D.M & Wilhelm N.S (1988). The role of manganese in disease resistance. In Manganese in soils and plants, ed. Graham R.D, Hannam R.J & Uren N.C, pp. 155–173. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Jacoby B (1961) Calcium-magnesium ratios in the root medium as related to magnesium uptake by citrus seedlings. *Plant Soil* 15, 74–80.
- Jokinen R (1981) The magnesium status of Finnish mineral soils and the requirement of the magnesium supply. *Magnesium-Bull* H 1a 3, 1–5.
- Jordbruksverket (2005). Riktlinjer för gödsling och kalkning 2006. Rapport 2005:21.
- Kabata-Pendias A & Pendias H (1992) Trace elements in soils and plants. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.
- Kaniuga Z, Zabek J & Sochanowics B (1978). Photosynthetic apparatus in chilling-sensitive plants. *Planta* 144, 49–56.
- Khalid R.A, Silva J.A & Fox R.L (1978) Residual effects of calcium silicate in tropical soils. I. Fate of applied silicon during five years of cropping. *Soil Sci Soc Am J* 42, 89–94.
- Kjellquist (1998). K/Mg-kvoten. *Växtpressen* 3:1998.
- Livsmedelstabeller (1986). Statens Livsmedelsverk. Liber Tryck AB, Stockholm.
- Livsmedelstabell, energi och näringsämnen (2002). Livsmedelsverket. Levanders Grafiska AB, Kalmar.
- Loneragan J.F, Snowball K & Robson A.D (1980) Copper supply in relation to content and redistribution of copper among organs of the wheat plant. *Ann Bot (Lond)* 45, 621–632.
- Marschner H (1983) Nutrient mobility, root growth and root-induced changes in the rhizosphere as factors of nutrient availability in soils of semiarid and arid areas. *Proc 17th Coll Intern Potash Inst Bern, Schweiz* 17, 107–128.
- Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. San Diego CA: Academic Press.
- Magnusson M (2000). Soil pH and nutrient uptake in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) in northern Sweden. Multielement studies by means of plant and soil analyses.

- Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria 220, Umeå. 564 s.
- Magnusson M (2002a). Mineral fertilizers and green mulch in Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* [Lour.] Rupr.): effect on nutrient uptake, yield and internal tipburn. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 52, 25–35.
- Magnusson M (2002b). Manganbrist smyger sig på. Fakta Trädgård 3. SLU, Uppsala.
- Magnusson M (2003). Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling. s 7–15. I: Ascard J & Rehnstedt C (red.) 2003. Ekologisk odling av grönsaker på friland. Kurspärm Jordbruksverket.
- Magnusson M (2004, 2005). Utvärdering av jordblandningar för ekologisk produktion av småplantor, resultat 2003 och 2004. Ekoforsks hemsida: <http://www.evp.slu.se/ekoforsk>.
- Magnusson M & Rölin Å (2005). Soil and plant analyses in organic vegetable production - evaluation of grower's use of analyses in a documentation project. In "Fertilisation strategies for improved use of plant nutrients in potato and field vegetable production" NJF-seminarium Malmö 12–13 oktober 2005. NJF:s website <http://www.njf.nu/>
- Moraghan J.T & Mascagni H.J (1991) Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In *Micronutrients in agriculture*. 2nd ed, ed. Mortvedt J.J, Cox F.R, Shuman L.M & Welch R.M, pp. 371–425. Madison: SSSA Book Series No.4.
- Mengel K & Kirkby E.A (1987) *Principles of plant nutrition*. 4th ed. Bern: International Potash Institute.
- Mills H.A & Jones J B (1996) *Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens: Micro-Macro Publishing Inc.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (2000) *Fertiliser recommendations for Agricultural and Horticultural Crops (RB209) 7:e upplagan*.
- Nable R.O & Loneragan J.F (1984) Translocation of manganese in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L. cv. Seaton Park). II Effect of leaf senescence and of restricting supply to part of a split root system. *Austr J Plant Physiol* 11, 113–118.
- Naidu R, Haynes R.J, Gawandar J.S, Morrison R.J & Fitzpatrick R.W (1991) Chemical and mineralogical properties and soil solution composition of acid soils from the South Pacific Islands. In *Plant-soil interactions at low pH*, ed. Wright R.J, Baligar V.C & Murrmann R.P, pp. 43–53. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Piggott T.J (1986) Vegetable crops. In *Plant analysis. An interpretation manual*, ed. Reuter D.J & Robinson J.B, pp. 148–187. Melbourne: Inkata Press.
- Römheld V (1986) pH-Veränderungen in der Rhizosphäre verschiedener Kulturpflanzenarten in Abhängigkeit vom Nährstoffangebot. *Kali-briefe* 18, 13–30.
- Shacklette H.T (1980) Elements in fruits, and vegetables from areas of commercial production in the Conterminous United States. *US Geol Surv Prof Pap* 1178, 1–149.
- Shorrocks V.M (1997). The occurrence and correction of boron deficiency. In *Boron in soils and plants: Reviews*, ed. Dell B, Brown P.H & Bell R.W, pp. 121–148. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ståhlberg S m.fl. (1976) Riktlinjer för kalkning och gödning efter markkarta. Statens lanbrukskemiska laboratorium. Meddelande 46
- Takahashi E & Miyake Y (1977) Silica and plant growth. *SEFMIA Proceedings* 603–611.
- Varo P, Lähelmä O, Nuortamo M, Saari E & Koivistoinen P (1980) Mineral element composition of Finnish food. VII. Potatoe, Vegetables, Fruits, Berries, Nuts and Mushrooms. *Acta Agric Scand Suppl* 22, 89–113.
- Ögren E (1999). Växtnäringsberäkningar och växtnäringsutnyttjande i ekologisk grönsaksodling på friland - ett dokumentationsprojekt under år 1999. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 40 s.
- Ögren E (2000). Växtnäringsberäkningar och växtnäringsutnyttjande i ekologisk grönsaksodling på friland - ett dokumentationsprojekt under år 2000. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 54 s.
- Ögren E & Rölin Å (2001). Växtnäringsberäkningar och växtnäringsutnyttjande i ekologisk grönsaksodling på friland – ett dokumentationsprojekt genomfört under 2001 i Västmanland, Sörmland, Värmland, Västra Götaland och Örebro län samt sammanfattning av projektperioden 1999–2001. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 92 s.
- Ögren E & Rölin Å (2002). Faktorer som ökar odlingssäkerheten och växtnäringsutnyttjandet för ekologisk grönsaksodling sett ur ett helhetsperspektiv – ett dokumentationsprojekt

- under 2002. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 80 s.
- Ögren E & Rölin Å (2003). Faktorer som ökar odlingssäkerheten och växtnäringssutnyttjandet för ekologisk grönsaksodling sett ur ett helhetsperspektiv – ett dokumentationsprojekt under 2003. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 123 s.
- Ögren E & Rölin Å (2003). Inventering av lagringssjukdomar i vitkål och morot vid olika växtföljder och gödslingsnivåer- ett dokumentationsprojekt genomfört under år 2003 i Västmanland, Sörmland, Värmland, Västra Götaland samt Närke. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 40 s.
- Ögren E & Rölin Å (2004). Faktorer som ökar odlingssäkerheten och växtnäringssutnyttjandet för ekologisk grönsaksodling sett ur ett helhetsperspektiv – ett dokumentationsprojekt under 2004. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 72 s.
- Ögren E & Rölin Å (2005). Utvärdering av dokumentationsprojekt kring växtnäringssfrågor i ekologisk grönsaksodling 1999–2005. Åtta odlares tankar kring växtnäringstillförsel och växtnäringssutnyttjande i ekologisk grönsaksodling. Länsstyrelsen i Västmanlands län, s.

Personlig kommunikation
Persson, G. Länsstyrelsen i Skåne