

## Kaliumdynamiken i ekologisk vallodling

Ylva Andrist<sup>1,2</sup> och Ingrid Öborn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Macaulay Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, Skottland,

<sup>2</sup>Institutionen för markvetenskap, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala

### Introduktion

Trots att kalium är ett av de viktigaste växtnäringsämnen, så har det ofta kommit i skymundan för kväve och fosfor. Detta gäller inte minst under senare år när frågan om övergödning gjort att man inom jordbruket jobbat hårt med att minimera förlusterna av kväve och fosfor till den externa miljön. Frågan är om kaliumtillförseln minskat som en följd av försiktigare gödsling med stallgödsel och minskad användning av PK gödsel på jordar med gott fosfortillstånd

I ekologisk odling har stort fokus varit på att klara kväveförsörjningen med hjälp av kvävefixerande grödor och grön gödsling samtidigt som många jordar varit uppgödslade med fosfor sedan decennier tillbaka. Det finns ett flertal rapporter som visar på negativa fältbalanser för kalium i ekologisk odling inte minst där vall ingår i växtföljden. Genom skörd av vall- och grönfodergrödor bortförs mycket kalium från fältet i jämförelse med vid odling av t ex spannmålsgrödor. På djurgårdar med grovfoder är det också en mycket stor inomgårdscirkulation av kalium kopplat till foder och gödselhantering där det är lätt att få näringsförluster inte minst av kalium som hela tiden föreligger i löslig form. Inom ekologisk produktion blir inköpt foder oftast den huvudsakliga tillförselkällan av kalium till gården samtidigt som det sker en 'export' av kalium i mjölk, försålda djur och eventuella avsalugrödor, särskilt potatis och sockerbetor. Om man tittar på kaliumflödena från ett fältperspektiv så är mängden som utlakas (2-46 kg/ha och år) oftast betydligt större än den som tillförs med luftnedfall (1-2 kg/ha och år och utsäde (ca 3 kg/ha och år).

Syftet med den här studien är att undersöka K-dynamiken i mark-växtsystemet under odlingssäsongen på tre platser under vallproduktion. För att ta hänsyn till årsmånsvariationer så har studien utförts över tre år. För att få fram en tidstrend så har data från två tidigare växtföljdsomlopp utvärderats. Dessutom har vi studerat och beräknat vilka källor i marken som levererat kalium till grödan, eftersom uttaget varit större än tillförseln. Vittring av markmineral kan svara för ett viktigt K-tillskott i ekologisk odling. Markens förmåga att leverera K varierar kraftigt beroende på jordart och vilka markmineral som finns. För att få en långsiktigt hållbar produktion är det viktigt att kunna kvantifiera vittringsbidraget.

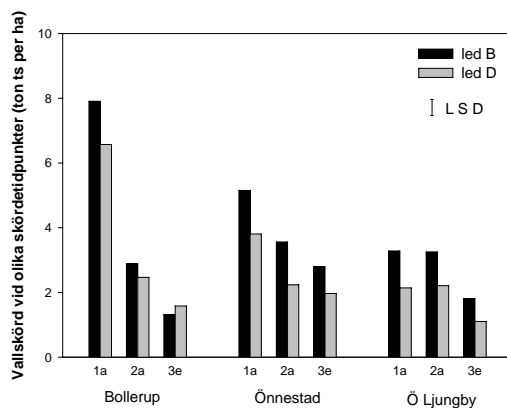
## Material och Metoder

Studien har utförts i de 'Försök med miljömedvetna och uthålliga odlingsformer' som bedrivs av Hushållningssällskapet i Kristianstad på tre platser i Skåne: Bollerup, Önnestad och Östra Ljungby sedan 1988. I försöket är det sex olika 6-åriga växtföljder och vi har valt att närmare studera två av dem, de ekologiska och konventionella odlingsystemen med vall och kreatursgödsel. Vallarna har varit två (Bollerup, Önnestad) eller tre årig (Östra Ljungby). Vallgrödorna (gräs/klöver) provtogs och analyserades för kaliumhalt ett flertal gånger (från april till oktober) 2002, och tre gånger per odlingssäsong 2003 och 2004 (i samband med de tre vallskördarna). Jordprov togs i matjorden samt i hela markprofilen (0-5, 5-15, 15-25, 25-50, 50-70 cm) och analyserades med avseende på K-innehåll (K-AL, K-HCl, total-K och markmineralogi. K-fältbalanser (kg/ha/år) har beräknats för dessa år men även för de två tidigare växtföljdsomloppen med hjälp av data på inflöden (handelsgödsel och flytgödsel) och utflöden (skördeborttag) för att följa trenderna i gröda och mark.

## Resultat och diskussion

### Trender i skörd och kaliumhalt inom året (tre skördar)

Biomassaskördarna i det konventionella (led B) och ekologiska (led D) systemet vid de tre skördetidpunkterna visas i figur 1. I Bollerup är första skörden mer än dubbelt så hög som andra och tredje skörden medan skillnaderna mellan skördarna är mindre i de andra försöken. Skörden i det konventionella systemet är högre än i det ekologiska i Bollerup vid första skörd och vid samtliga skördetidpunkter i Önnestad och Östra Ljungby.



Figur 1. Vallskörderna som medeltal för 2001-2004 för de olika skördetidpunkterna (1a, 2a och 3e skörden) i det konventionella (led B) och ekologiska (led D) systemet (ton ts per ha). Det var ingen skillnad mellan första (vall I) och andraårsvallen (vall II) och därför är dessa siffror ett medeltal för vall I och vall II (skördar som skiljer sig mer än stapeln vid LSD är signifikant olika).

Om vi tittar på kaliumhalten i vallgrödan vid de tre skördetidpunkterna (Tabell 1) så är den signifikant lägre i tredje skörden i alla försöken jämfört

med i första och andra skörden. I Bollerup och Östra Ljungby sjunker kaliumhalten från 2,1 respektive 2,2% till 1,9 respektive 1,8%, medan kaliumnivåerna är betydligt högre i Önnestad. Att kaliumhalten sjunker under odlingssäsongen kan både bero på att vallens botaniska sammansättning förändras och att mängden växttillgängligt kalium minskar.

Tabell 1. Kaliumhalten i gräs/klövervall (% av torrsubstansen) efter första, andra och tredje vallskörden. Siffrorna är medeltal för 2001-2004. Det är ingen signifikant skillnad i kaliumhalt mellan första och andra årsvallen. Det var inte heller någon signifikant skillnad mellan det konventionella (led B) och ekologiska (led D) systemet inom respektive försöksplats. Därför har dessa värden slagits samman i den statistiska analysen. Statistiskt signifikanta skillnader mellan plaster och skördetipunkter föreligger där de små bokstäverna efter siffrorna är olika.

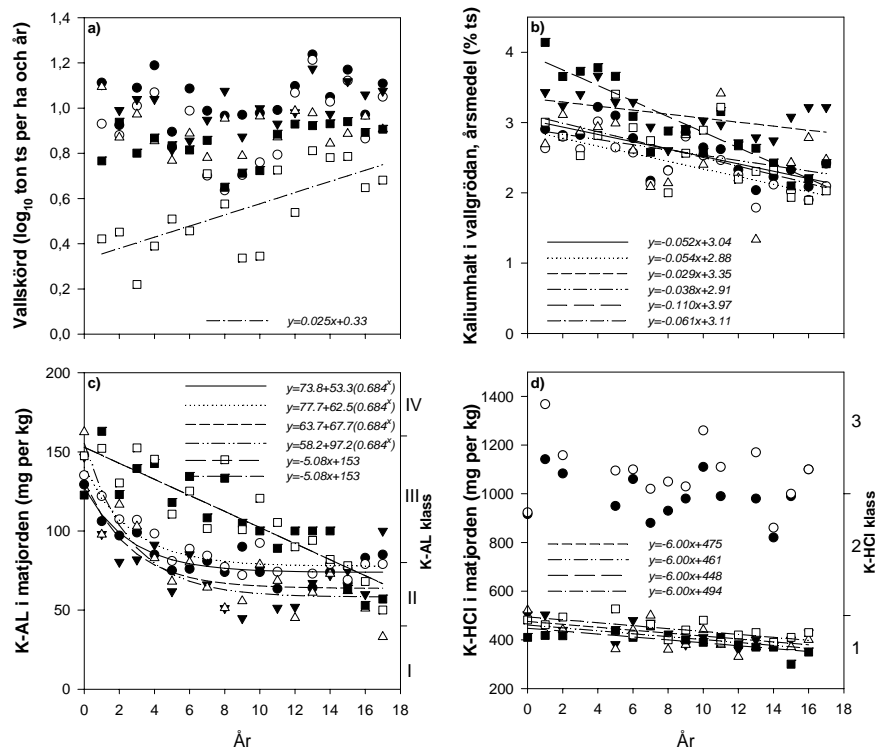
Försöksplats	Kaliumhalt i vall (%) vid olika skördar		
	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 3
Bollerup	2.1 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>
Önnestad	2.9 <sup>c</sup>	2.6 <sup>d</sup>	2.8 <sup>d</sup>
Ö Ljungby	2.2 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	1.8 <sup>e</sup>

#### Långtidstrender i vallskörd och kaliumhalt i vallen

Figur 2a visar hur vallskörden (summan av 1a, 2a och 3e skörden) utvecklats under de tre växtföljdsomloppen. I Bollerup och Önnestad har det inte skett någon signifikant förändring över tiden och det har det inte heller gjort i det konventionella ledet (led B) i Östra Ljungby. Däremot har den ekologiska vallskörden (led D) ökat i Östra Ljungby. Enligt de utvärderingar som gjorts av tidigare växtföljdsomlopp (Ivarsson och Gunnarsson, 2001) kan detta ha berott på svårigheter att etablera den ekologiska vallgrödan, särskilt under första växtföljdsomloppet.

Om man däremot tittar på utvecklingen av kaliumhalten i vallen (Figur 2b) (medeltal för 1a, 2a och 3e skörd) så har det skett en signifikant sänkning i alla försöken och både i det konventionella och ekologiska systemet. Det första försöksåret (1987) var det 3-4% kalium (av torrsubstansen) i samtliga vallprov och efter tre växtföljdsomlopp är kaliumhalten nere runt 2% för alla platser och led utom i Önnestad konventionellt där den ligger runt 3%. Skördesiffrorna tyder dock på att kalium inte är den begränsande faktorn för biomassaskörden utan att det är vallens kvalitet som förändrats.

Det är lite svårt att säga hur lågt kaliumvärdena i vallen kan sjunka (men troligen ner mot 0,5-1%) innan man kan förvänta en negativ inverkan på skörden och det kan också vara beroende av skördetidpunkt dvs grödans utvecklingsstadium. Innan den 'kritiska' punkten är nådd kan man dock förvänta sig ökad risk för torkkänslighet, utvintring och angrepp av sjukdomar och skadegörare som en effekt av låg saltkoncentration i växtcellerna. I växten är kalium ett viktigt ämne bl a för att bibehålla 'spänsten' i cellerna och för att reglera öppning och stängning av klyvöppningarna.



Figur 2. Observerade och beräknade förändringar i vallgrödan (medeltal för vall I och vall II) och matjorden (medeltal för växtföljden) i led B (konventionellt) och D (ekologiskt) under försöksperioden (18 år). År 0 motsvarar 1987. Regressionslinjer visas bara för de trender som är signifikanta (lutningen  $\neq 0$ ,  $p < 0.05$ ). a) Vallskörd ( $\log_{10}$  ton torrsbstans (ts) per ha och år),  $R^2=0.57$ , s.e.=0.14; b) Kaliumhalt i vallgrödan, årsmedeltal (% ts),  $R^2=0.52$ , s.e.=0.37; c) K-AL (mg per kg jord), Bollerup och Önnestad  $R^2=0.75$ , s.e.=12 (exponentiell), Ö Ljungby  $R^2=0.78$ , s.e.=14 (linjär); d) K-HCl (mg per kg jord) (K-HCl har korrigerats för K-AL), Ö Ljungby och Önnestad  $R^2=0.48$ , s.e.=35. ● — Boll led B, ○ ... Boll led D, ▼ --- Önn led B, Δ - . . — Önn led D, ■ — — ÖLj led B, och □ - . - . ÖLj led D. I figurerna c och d visas K-AL respektive K-HCl talen till höger.

### Långtidstrender för K-AL och K-HCl i matjorden

Om vi tittar på utvecklingen i matjorden som den avspeglas i analyser av K-AL (Figur 2c) och K-HCl (figur 2d) kan man se att det i Bollerup och Önnestad varit en snabb sänkning i K-AL under det första växtföljdsomloppet (från klass III till klass II) men att värdena sedan planat ut och varit relativt stabila under omlopp två och tre. I Östra Ljungby däremot så har K-AL sjunkit under hela 18-årsperioden.

På samtliga platser och i både det konventionella och ekologiska leden har det varit negativa grödbalanser för kalium under hela försöksperioden. Att K-AL värdena i Bollerup och Önnestad sjönk snabbt i början för att sedan stabiliseras trots ett nettouttag av kalium tyder dels på att jordarna var uppgödslade vid försökets start men också på att K-AL är en dynamisk pool som 'fylls på' från kalium som sitter hårdare bundet i marken och/eller att

alven är en viktig kaliumkälla. K-HCl värdena i Bollerup är 2-3 gånger så höga som i Önnestad och Östra Ljungby. K-HCl har minskat signifikant i Östra Ljungby och Önnestad medan det inte skett någon signifikant förändring i Bollerup. Utvecklingen av förekomsten av förrådskalium, K-HCl, redovisas i figur 2d. Där har K-HCl korrigerats för K-AL, dvs K-AL värdet har dragits bort från K-HCl värdet för att ge en bild av eventuella förändringar i potentiellt växttillgängligt kalium (K-HCl poolen).

Hur har underskottet i kaliumbalanserna täckts?

Totala kaliumunderskottet för hela försöksperioden (18 år) har beräknats genom en summering av kaliumbalanserna för de tre växtföljdsomloppen. I Tabell 2 har vi beräknat hur detta underskott har täckts. En del av underskottet kan hänföras till en minskning i K-AL i matjorden, en del till en minskning i K-HCl (korrigerat för K-AL) i matjorden och resterande underskott antas ha tagits ut genom rotupptag från alven och/eller frigörelse från markens mineral.

I Bollerup är det totala kaliumunderskottet för tre växtföljdsomlopp 1090 och 1350 kg K per ha för det konventionella (B) respektive ekologiska (D) ledet. Av detta kan 200 respektive 230 kg per ha förklaras av en minskning av K-AL i matjorden medan resterande 890 och 1120 kg per ha kommer från upptag i alven och frigörelse från markens mineral. Den stora andelen lermineral och glimmermineral, tillsammans med en god markstruktur som gynnar rotutveckling, har bidragit till att marken kunnat leverera i snitt 50-60 kg K per hektar och år.

I Önnestad är det totala kaliumunderskottet i samma storleksordning som i Bollerup, 1010 och 980 kg per ha. Däremot har en större del av underskottet täckts genom en minskning i K-AL och K-HCl i matjorden, sammanlagt motsvarande 440-450 kg per hektar. Det betyder att 530-670 kg per hektar, eller 29-37 kg per ha och år, tagits upp från alven och/eller frigjorts från markens mineral.

Östra Ljungby har haft minst förmåga att leverera kalium till grödorna, endast 2-3 kg per hektar och år kommer från alven och/eller markmineralen. Av det totala underskottet på 380-390 kg K per hektar så kan 250 kg förklaras av en minskning i K-AL och 90 kg av en minskning av K-HCl i matjorden.

Tabell 2. Totala kaliumunderskottet för hela försöksperioden (18 år) beräknat genom summering av kaliumbalanserna för de tre växtföljdsomloppen. Siffrorna anges i 'kg per ha och 18 år' för matjorden (0-25 cm) och avser led B (konventionellt) och D (ekologiskt). En del av underskottet kan hänföras till en minskning i K-AL, en del till en minskning i K-HCl (korrigerat för K-AL) och resterande underskott antas ha tagits ut från 'andra källor' (alven och/eller frigjorts från markens mineral)

K (kg per ha och 18 år)		Bollerup		Önnestad		Ö Ljungby	
		B	D	B	D	B	D
Totala K-underskottet		-1090	-1350	-1010	-980	-380	-390
K-källor	Minskning i						
	K-AL (matjorden)	-200	-230	-230	-340	-250	-250
	$_{\text{korr}}K_{\text{HCl}}$ (matjorden)	0	0	-110	-110	-90	-90
	Andra K-källor	-890	-1120	-670	-530	-40	-50

Frågan är nu hur länge vi kan ha odlingsystem med en negativ kaliumbalans utan att det inverkar på skördens storlek eller ger en sämre kvalitet på grödan. Detta är något som behöver uppmärksammas närmare i fortsatta studier och då bör även andra näringsämnen beaktas. Det finns stora kaliumförråd i marken men frigörelsehastigheten kan komma att bli begränsande. Mycket tyder på att K-HCl är en bra indikation på markens kaliumlevererande förmåga och mer arbete skulle behöva göras för att bättre kunna tolka K-HCl värdena inom rådgivningen för att bedöma gödslingsbehov och olika odlingsystems långsiktiga uthållighet.

### Publikationer från projektet

Andrist-Rangel, Y., Simonsson, M., Andersson, S., Öborn, I. and Hillier, S. 2006. Mineralogical budgeting of potassium in soil: a basis for understanding standard measures of potassium status. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 169, 605-615.

Andrist-Rangel, Y., Edwards, A.C., Hillier, S. and Öborn, I. 2007. Long-term K dynamics in organic and conventional mixed cropping systems as related to management and soil properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122, 413-426.

Andrist-Rangel, Y., Simonsson, M., Andersson, S., Hillier, S. & Öborn, I. 2006. Kaliumförsörjning till vall. *Svenska Vallbrev* Nr 7. Dec 2006.

Öborn, I., Andrist-Rangel, Y., Askegaard, M., Grant, C.A., Watson, C.A. and Edwards, A.C. 2005. Critical aspects of potassium management in agricultural production systems. *Soil Use and Management* 21, 102-112.