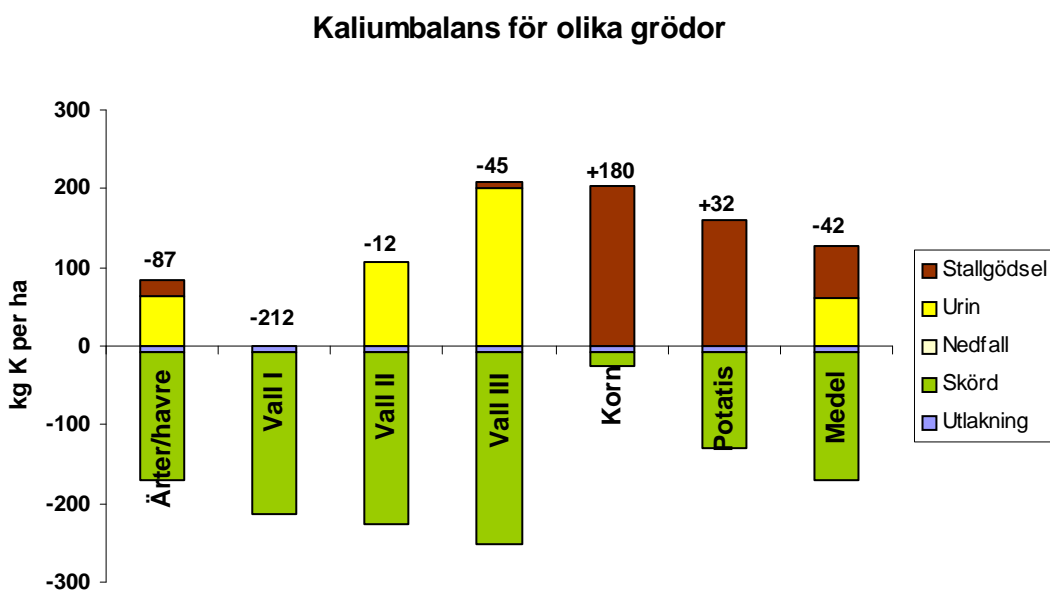


Kaliumdynamiken i ekologisk växtodling med tonvikt på vall

Ylva Andrist och Ingrid Öborn, Institutionen för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Box 7014, 750 07 Uppsala

Bakgrund

Tidigare studier har rapporterat om negativa K-balanser i vallintensiva odlingssystem. Figur 1 visar en K-balans räknad för hela växtföljden i ett ekologiskt odlingssystem (Bengtsson m fl, 2003; Öborn m fl, 2001). Man kan se att de år då vall odlats har balansen varit som mest negativ. Arbetet under 2002 har gått ut på att i vallintensiva odlingssystem följa K-dynamiken i mark och växt över odlingssäsongen samt att karakterisera jordarna i avseende på mineralogi för att kunna få en bild av olika jordars potential att leverera K till grödan fram till sista skördetillfället.



Figur 1. Fältbalans för kalium (siffrorna ovanför staplarna) i växtföljden i den ekologiska odlingen på Öjebyn 1997. Stallgödsel spreds till korn, potatis och ibland till ärtor/havre (med insädd), och urin spreds på 2- och 3-års vallen (data Helena Bengtsson m fl, Mat21). I medeltal visar kaliumbalanserna för 1997 på ett underskott av 42 kg per ha men det bör då påpekas att 1997 var ett mycket bra skördeår och att underskottet därför var större än ett år med lägre skörd. (Öborn m fl, 2001)

Material och metoder

Platsbeskrivning

I studien ingår tre lokaler i f.d. Kristianstad län i Skåne; Bollerup i sydöst, Önnestad i nordost och Östra Ljungby i nordväst. De tre platserna skiljer sig med avseende på klimat och modermaterial (Tabell 1).

Tabell 1. Karakterisering av provplatserna Bollerup, Önnestad och Östra Ljungby

	Bollerup	Önnestad	Östra Ljungby
Koordinater	55° 28'N; 14° 03'E	56° 03'N; 14° 02'E	56° 12'N; 13° 04'E
Årsmedeltemp (°C)	7.6	7.2	7.2
Årsnederbörd (mm)	660	550	740
Modermaterial	Svallsediment (ej kalkhaltig)	Svallsediment (kalkhaltig)	Sediment (ej kalkhaltig)
Jordart	Sandig lera	Lerig grovmo	grovsand
Berggrund	Ordovicisk lerskiffer	Krita kalksten, sandsten	Granit, gneiss

Försöksuppläggning

Hushållningssällskapets långliggande odlingssystemförsök har utnyttjats för studien. Fältförsöken lades ut 1986. I försöken finns 5 försöksled (odlingssystem): A - Konventionell utan kreatur, B - Konventionell med kreatur, C – Biodynamisk med kreatur (komposterad stallgödsel och biodynamiska preparat), D – Ekologisk med kreatur (flytgödsel) E – Ekologisk utan kreatur. Odlingssystemen har sexåriga växtföljder där alla grödor odlas varje år vilket gör det möjligt att under samma säsong provta alla grödorna i växtföljden. I detta projektet har vi provtagit vallgrödorna; vall I, vall II och vall III (endast i Östra Ljungby) i försöksleden B, C och D, och engelskt rajgräs (fröproduktion) i A och E.

Provtagning

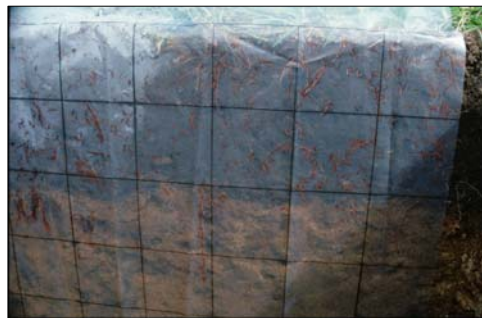
Provtagningen har koordinerats med befintlig verksamhet på plats för att maximera antalet provtagningstillfällen under säsongen (Tabell 2). Vallen skördades tre gånger och provtagning av grödan skedde vid sex tillfällen under odlingssäsongen, dels i samband med skörd (gjordes av hushållningssällskapet) och dels mellan de olika skördetillfällena. Vid provtagningen mellan skördarna togs växtprov från fyra rutor á 0,25 m² i varje parcell (Fig. 2). Matjordsprov (0-5 cm, 5-10 cm och 10-25 cm) togs vid de tre provtagningstillfällena mellan skördarna i samma rutor som växtprov tagits. I slutet av juni grävdes en grop på varje lokal (Fig 2) och rotfördelningen ner till 1 m avtecknades på en plastfilm (Fig 3). Profilbeskrivning gjordes vid samma tillfälle. Alvprov (25-50 cm och 50-70 cm) togs vid provtagningstillfallet i mitten av augusti.

Tabell 2. Schema över fältarbete/provtagning under växtsäsongen 2002

Provtagning/aktivitet	1	2	3	4	5	6
Vecka	17	22-23	26	28-29	33	36 eller 40
Växtprov	•	•	•	•	•	•
Matjordsprov	•		•		•	•
Alvprov (till 70 cm djup)					•	
Rotfördelning (till 1 m djup)			•			
Markprofilbeskrivning			•			



Figur 2. Växtprovtagning i 0.25 m² ruta.



Figur 3. Bestämning av rotfördelning.

Provberedning och analyser

Växt och jordprover torkades direkt efter skörd. Torr biomassa (g TS m⁻²) och totalhalter av K, Ca, Mg, Na, P i växtmaterial bestämdes. Jordprover förvarades vid +5°C grader tills de lufttorkades (ca 30°). Efter torkning sållades jorden och finjorden (< 2 mm) separerades från grovjorden (>2 mm) och de två fraktionerna vägdes. Under jan – mars 2003 analyseras finjorden på lättlösligt kalium (K-AL) och förrådskalium (K-HCl). K-AL antas motsvara det utbytbara eller det växttillgängliga K i jorden medan K-HCl antas motsvara den del av jordens förråd av K som är tillgängligt på längre sikt. För att få representativa prov som möjligt till den mineralogiska karakteriseringen av provplatsen gjordes samlingsprov för varje jorddjup och plast genom att slå ihop prov från de olika behandlingarna. På bulkprov (fraktionen < 2 mm) gjordes kvantitativ mineralogisk analys med hjälp av röntgendiffraktion (XRD) (Hillier, 1999). På lerfraktionen (< 2 µm) gjordes kvalitativ mineralogisk analys med hjälp av XRD och Infraröd spektroskopi (IR).

Resultat

K-halter i gröda

K-halten i grödan minskade över odlingssäsongen i alla odlingssystem på alla tre lokaler (Fig 4). I Östra Ljungby var K-halterna vid sista skördetillfället nere på ca 1,0 % av TS oavsett gödslingstrategi och år i växtföljden. Den generella trenden var att Önnestad hade de högsta halterna och Östra Ljungby de lägsta medan Bollerup låg mittemellan. Vid tredje provtagningstillfället, i samband med andra skörden, vecka 28-29, uppmättes mycket låga K-halter i alla tre gödslingsleden i Vall II samt i D-ledet av Vall I i Östra Ljungby. I vall II var K-halterna genomgående högre i B-leden än i C-leden som i sin tur hade högre halter än D-leden.

Lättlösligt K i marken

På all tre lokaler minskade den lättlösliga fraktionen av K (K-AL) i samtliga matjordsskikt över odlingssäsongen från april till augusti (Fig 5). Minskningen var kraftigast i B-ledens översta skikt (0-5 cm). I Önnestad och Östra Ljungby kunde man se en minskning av K-AL med djupet i alla tre behandlingsled. I Bollerup däremot uppmättes de lägsta halterna i gränssonen mellan matjord och alv. K-AL halterna steg således något i de djupare horisonterna, vilket var tydligast i D-ledet. Vad gäller effekter av olika gödselstrategier i de olika odlingssystemen kan man notera att skillnaden syns tydligast i 0-5 cm. I djupare matjordsskikt samt i alven är skillnaderna små mellan systemen, framför allt i Bollerup.

Mineralogi

De viktigaste källorna för kalium i marken är kalifältspat och glimmer. K finns även i varierande mängd i vittringsprodukter av glimmer (illit, blandskiktsmineral och vermikulit). Vid alla tre provplatser var kvarts, albit och kalifältspat de dominerande primärmineralerna i bulkproven (< 2 mm) (Fig 6). Dioktaedrisk mineral (glimmermineral) kunde också påvisas. Det som skilde platserna åt något var den inbördes fördelningen av dessa. Detta är till stor del kopplat till skillnader i jordart. Ju finkornigare jordart desto mer glimmermineral, vilka innehåller en del lättvittrat K. I Bollerup utgjorde kvarts nästan två tredjedelar av den totala mineralogin medan i Önnestad och Östra Ljungby utgjorde det ca hälften. Andelen kalifältspat ungefär lika i Önnestad och Östra Ljungby, ca 25 %, medan den i Bollerup var lägre och utgjorde ca 12 %. Dioktaedrisk mineral uppgick till 15-17 % i Bollerup, medan i Önnestad och Östra Ljungby var motsvarande siffra ca 5 %. Generellt var bulkmineralogin ganska homogen genom profilerna, dock kunde kalcit påvisas i de djupare markskikten (alven) i Önnestad.

Även den kvalitativa mineralogiska analysen av lerfraktionen (< 2 µm) visade att mineralogin var relativt lika i de olika markskikten inom samma profil. I Bollerup indikerar närvaro av vermikulit och kaolinit att jorden är vittrad ner till minst 70 cm djup. Övriga mineral som påvisades var blandskiktsmineral (glimmer-vermikulit), klorit och illit. Önnestads lerfraktion dominerades helt av vermikulit, mestadels med låg yt-laddning. Blandskikt av glimmer-vermikulit, götit och kaolinit fanns i alla horisonter. Även hydroxymellanlagrad vermikulit kunde påvisas, vilken ökade i mängd desto närmare markytan horisonten låg. Lerfraktionen från Östra Ljungby innehöll väldigt lite fyllosilikater. Kaolinit, hydroxymellanlagrad vermikulit och spår av illit var de enda mineral som kunde påvisas. IR analys av lerfraktionen kunde dock bekräfta att profilen innehöll amorft material (proto-imogolit allofan), vilket kunde vara troligt eftersom Östra Ljungby tidigare har varit en ljunghed och det jordskikt som nu tillhör övre alven är troligen resterna av en gammal B_s-horisont.

Diskussion

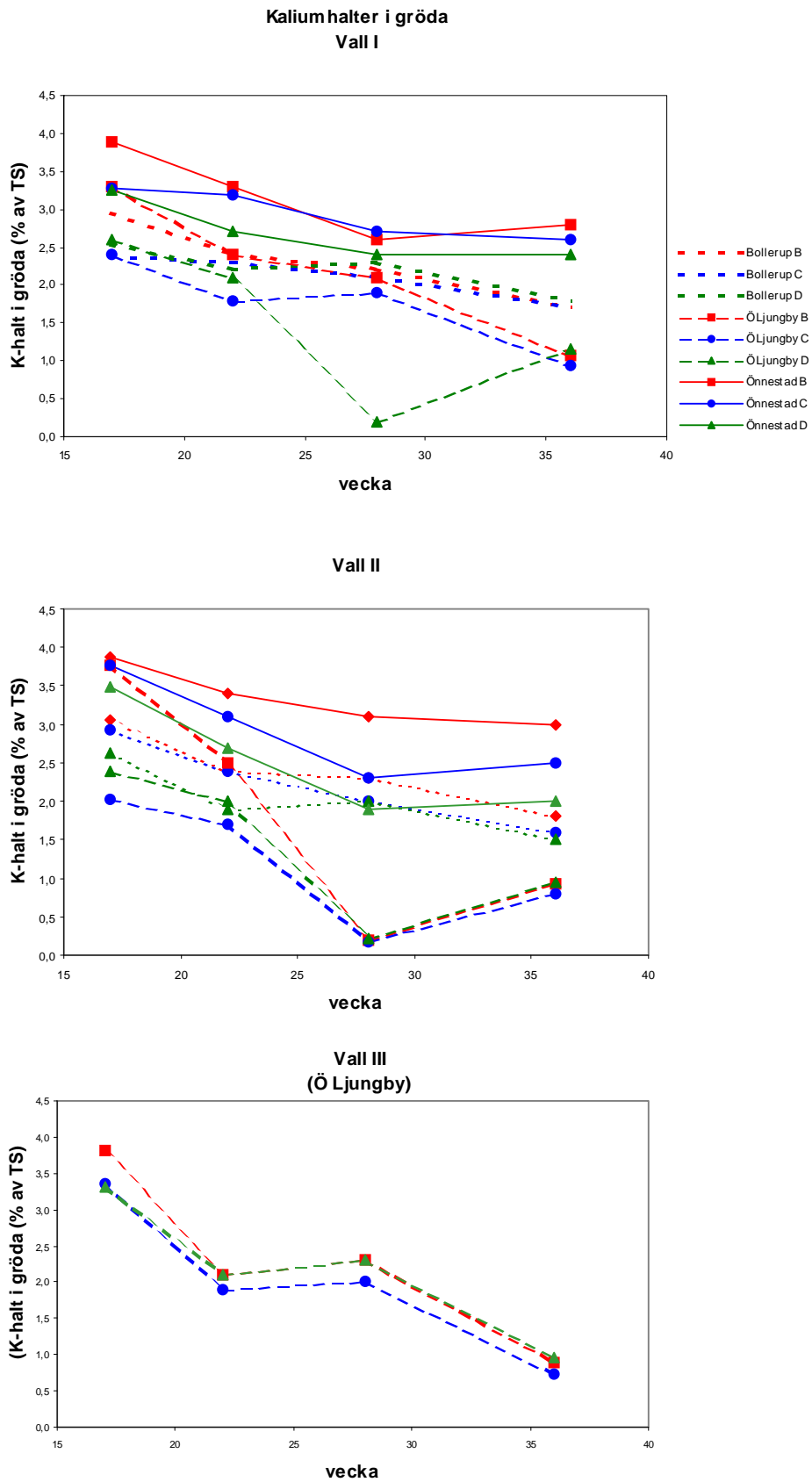
Resultaten från K-AL analyserna visar på att alla tre jordarna är relativt svaga med avseende på lösligt K. Översta matjordsskiktet (0-5 cm) i odlingsystem C (biodynamisk) och D (ekologisk) hamnar i K-AL klass III för att sedan sjunka till klass II och I i djupare matjordsskikt och alven. I odlingsystem B, där handelsgödsel tillförts, uppnås K-AL klass IV i Önnestads och Östra Ljungbys översta matjordsskikt i april, men i slutet av växtsäsongen är motsvarande skikt nere i klass III. Bollerup kommer aldrig upp en klass högre än II oavsett jorddjup och odlingsystem. Den låga K-statusen i marken på odlingsplatserna återspeglas i resultaten från växtanalyserna. Ett riktvärde på önskad K-halt i vallgrödor anses vara ca 3 % av TS. Vid första provtagningstillfället i april, innan första skörden, låg halterna mellan 2,0-4,0 % i vallgrödorna, med de högre halterna i Önnestads alla odlingsystem och de lägre i Östra Ljungbys C och D-led i vall I och II. I slutet av säsongen har dock halterna sjunkit märkbart på alla tre platser och i alla odlingsystemen. Östra Ljungby hade de lägsta halterna, runt 1 %, och vid dessa halter kan man börja misstänka kvalitetsförsämring i fodret p g a K-brist i grödan.

Frågan är om dessa jordar skulle ha kapacitet att leverera tillräckliga mängder K till grödan över säsongen för att upprätthålla en jämn och tillräckligt hög koncentration av K utan att själva utarmas? Är det totala vittringsbidraget tillräckligt stort för att täcka grödornas behov? Om detta skulle vara fallet, men man trots allt observerar låga halter K i grödan vid andra och

tredje skördetillfället, är detta troligen en effekt av vallgrödornas förmåga att 'lyxkonsumera' K tidigt på säsongen då K-förråden i marken är påfyllda efter gödsling och vittring under vintern. Uppskattningar av vittringsförmågan hos jordar, liknande de jordar som är inkluderade i denna studie (textur, mineralogi, klimat, markanvändning), har gjorts tidigare med hjälp av den biogeokemiska simuleringsmodellen PROFILE (Holmqvist, et al., 2003) Utifrån dessa beräkningar kan sägas att en jord med en lerhalt som Bollerup (15-20%) skulle kunna leverera 15-20 kg K per ha och år medan motsvarande siffra för jordar liknande de i Önnestad och Östra Ljungby skulle vara 3-5 kg per ha och år. Värt att nämna är dock att dessa beräkningar ej har gjorts för skånska jordar, vilka geologiskt skiljer sig avsevärt från resten av Sveriges jordar, fram för allt i avseende på modermaterial och ålder och de gör att de oftast är mer vittrade. Som de mineralogiska analyserna indikerade i denna studie är alla tre jordarna relativt vittrade jämfört med t ex mellansvenska jordar. Detta kan vara viktigt för att kunna förklara varför dessa jordar, trots en betydande (Bollerup) eller märkbar (Önnestad och Östra Ljungby) lerhalt, är relativt svaga vad gäller K. Utav de lättvittrade mineralen, framför allt i lerfraktionen ($< 2 \mu\text{m}$), är det huvudsakligen illit som innehåller K, och av detta mineral kunde endast mycket små mängder observeras. Vermikulit, som också är ett mineral som återfinns i lerfraktionen, är däremot fattigt på K. Vermikulit var det dominerande mineralet i lerfraktionen både i Bollerup och Önnestad och fanns även närvarande i Östra Ljungby. Således verkar lermineralen vid alla tre provplatserna ha låg kapacitet att leverera K. K-resurserna i dessa fall sitter i K-fältsspaterna, som det fanns relativt gott om i de grövre partikelfraktionerna ($< 2 \text{ mm}$), men är i denna form mycket mer svårtillgängligt för växterna i och med K-fältspaternas långsamma vittring. Utifrån detta kan man antaga att bidraget av K från vittringen i dessa skånska jordar antagligen är lägre än vad som ovan angetts utifrån modellberäkningarna.

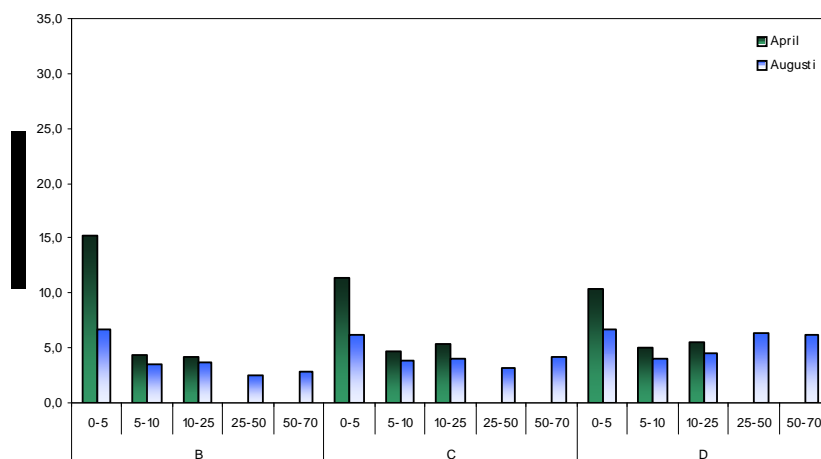
Kaliumbalanser från de tre provplatserna för perioden 1993-1998 visar på stora negativa värden (dvs tillförseln är mindre än bortförseln), -18 till -62 kg K per ha och år, för alla odlingssystemen, förutom i B leden (konventionell med kreatur) i Bollerup och Östra Ljungby där K-balansen slutar på plus minus noll. I dessa balansräkningar har ej hänsyn tagits till utlakning, atmosfärisk deposition eller vittringens bidrag. Men även om man lägger till siffrorna på det uppskattade bidraget från vittringen i dessa jordar skulle man fortfarande vid alla tre platser ha negativa K-balanser. Svaret på frågan blir därför, utifrån denna studie: *nej*, bortförsel av K vid skördeuttag är större än vad jordarna kan leverera, både på kort (en växtsäsong) och lång sikt (10-tals år).

En ändrad gödselstrategi, och med spridning av gödsel (eller urin) under flertal tillfället under växtsäsongen, skulle kunna hjälpa till för att upprätthålla en jämnare och högre K-halt i grödan även vid andra och tredje skörd. Detta kvarstår att undersöka, vilket planeras att göras i fält under säsongen 2003.

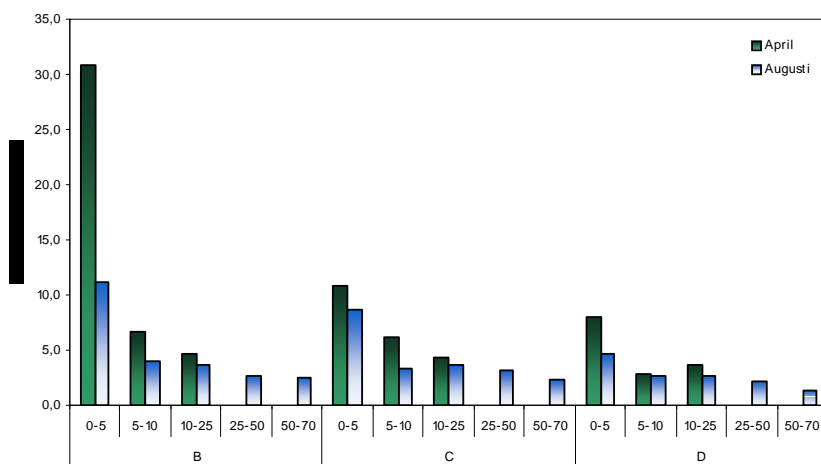


Figur 4. Kaliumhalter (% av TS) i vallgrödor (vall I, vall II och vall III) under växetsäsongen 2002

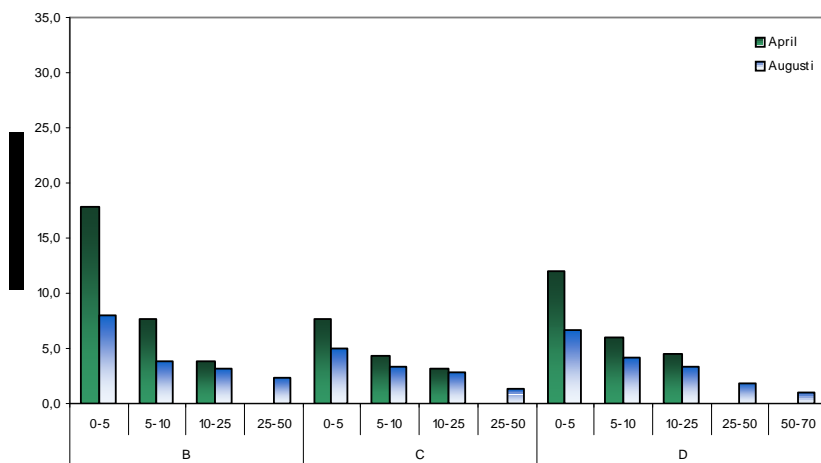
K-AL Vall II Bollerup



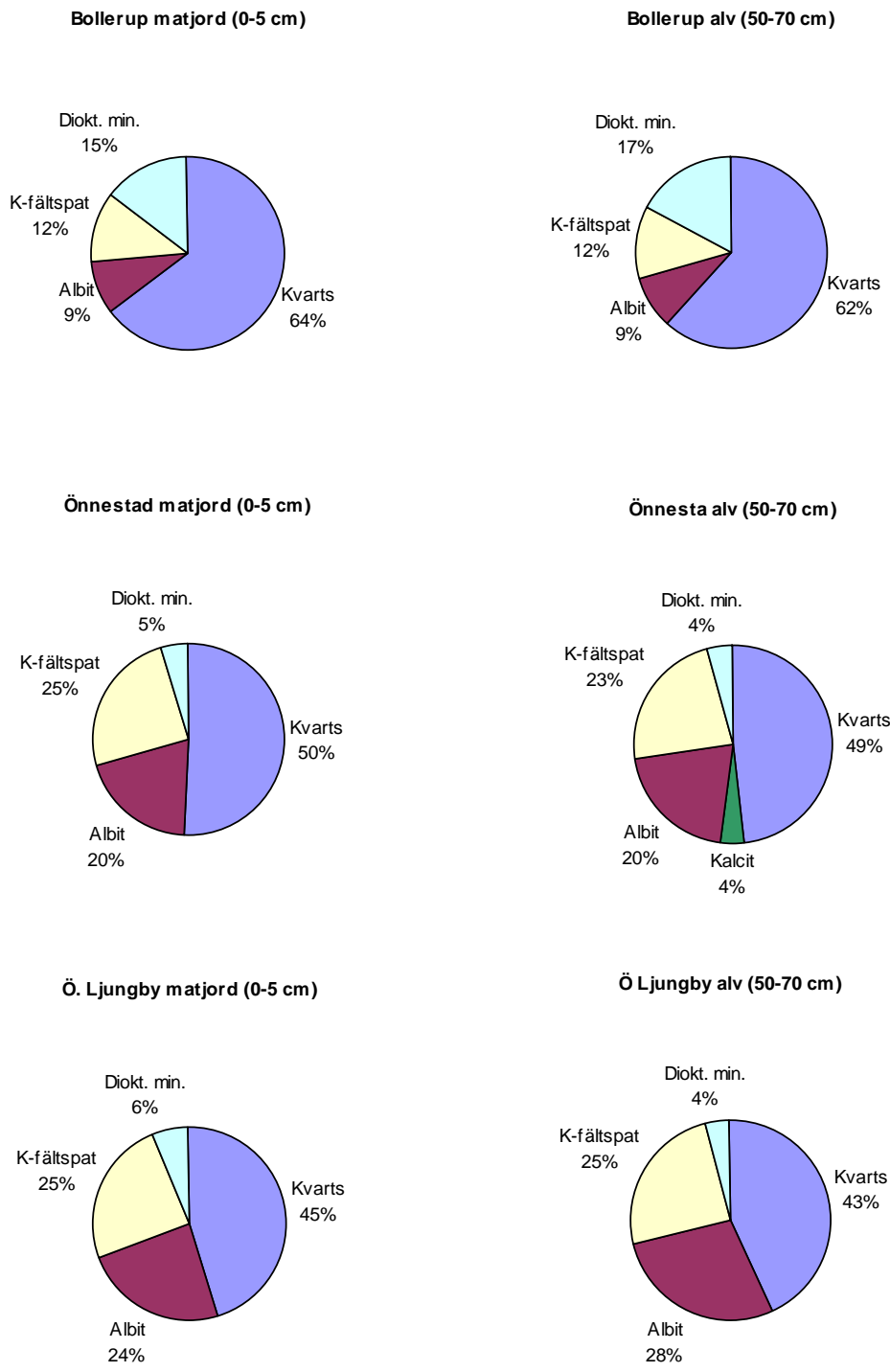
K-AL Vall II Önnesta



K-AL Vall II Ö. Ljungby



Figur 5. Lättlösligt kalium (K-AL) i olika markskikt i april och augusti 2002



Figur 6. Relativ fördelning av markmineral i samlingsprov (< 2 mm) från Bollerup, Önnestad och Ö. Ljungby

Referenser

- Askegaard, M., Eriksen, J., 2000. Potassium retention and leaching in an organic dairy/crop rotation on sandy soil. Eurosoil 2000, British Society of Soil Science, 4-5 September, 2000, University of Reading.
- Bengtsson, H., Öborn, I., Jonsson, S., Nilsson, I. och Andersson, A. 2003. Field balances of some mineral nutrients and trace elements in organic and conventional dairy farming – a case study at Öjebyn, Sweden. *European Journal of Agronomy* (in press)
- Fagerberg, B., Salomon, E. & Jonsson, S. 1996. Comparisons between Conventional and Ecological Farming Systems at Öjebyn. *Swedish J. agric. Res.* 26, 169–180.
- Hillier, S. 1999. Use of an air-brush to spray dry samples for x-ray powder diffraction. *Clay Miner.* 34, 127-135.
- Holmqvist, J., Falk Øgaard, A., Öborn, I., Edwards, T., Mattsson, L. and Sverdrup, H. 2003. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils. *European Journal of Agronomy* (in press)
- Ivarsson, J., Gunnarsson, A., Hansson, E., Fogelfors, H., Folkesson, Ö., Lundkvist, A. och Andersson, I-L. 2001. Försök med konventionella och ekologiska odlingsformer. Miljöprojekt inom fd Kristianstads läns Landsting. Rapport från de två första växtföljdsomloppen 1987-1998. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet Nr 53.
- Salomon, E. 1999. Availability of Potassium to Clover and Grass from Soils with Different Potassium Fertilization Histories. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 149, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Watson, C.A., Bengtsson, H., Løes, A-K, Myrbeck, Å, Salomon E., Schroder, J & Stockdale, E.A. 2002. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms in temperate regions. *Soil Use and Management* (in press).
- Öborn, I. 2000. Ämnesbalanser – en enkel metod att utvärdera markanvändningens uthållighet. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Tidskrift* 139:13, 63-71. (Suppl. 2)
- Öborn, I., Holmqvist, J och Witter, E. 2001. Vittring kan täcka kaliumbrist på vissa jordar. *SLU Fakta Jordbruk* Nr 17.