



Växtnäringsstyrning i energi- och näringsseffektiva ekologiska odlingssystem

Årsrapport, 2003/2004

Av
Anita Gunnarsson & Ulla Gertsson,
Institutionen för växtvetenskap, avdelningen för hortikultur

Årsrapport, R10-25, 2003/2004

INNEHÅLL

Sammanfattning	3
Förord	5
1. Introduktion.....	6
2. Material och metod.....	6
2.1 Produkton av biogas och rötrest	6
2.2 Fältförsök	7
2.3 Mätningar	9
2.4 Statistik och beräkningar	10
3. Resultat och diskussion	10
3.1 Skörd förfruktsår	10
3.2 Skörd rödbetsår	11
3.3 Nitrat- och kadmiumhalt i rödbetor.....	14
3.4. Kväveupptag och markkväve i ogödslade led av rödbetor efter olika förfrukter.....	15
3.5 Mineralkväve i mark vid sådd och slutskörd	16
3.6 Kväveskörd och utnyttjandegrad.....	17
3.7 Rotmätning	17
3.8 Systemeffekt.....	19
4. Referenser.....	20

Sammanfattning

I ett tvåårigt fältförsök med två försöksperioder jämfördes två odlingssystem för ekologisk odling av rödbetor. I föreliggande rapport redovisas resultat från andra försöksomgången. Syftet med studien var att se om kväveutnyttjandet förbättras genom processning av växtmaterial från vall och betblast i en biogasreaktor med återförande av rötresten som gödselmedel jämfört med om betblasten och vallputset lämnas på fälten för dess förfruktseffekt.

I föreliggande rapport har materialet i huvudsak bearbetats med variansanalys. Då återfinns statistiskt signifikanta skillnader endast mellan ett fåtal led. Vid bearbetning med regressionsanalys där rötrestkvävet ensamt eller tillsammans med mineralkväve i marken sätts som påverkande faktor och olika skördemått sätts som respons erhålls däremot genomgående signifikant respons på N. Denna metod kommer vid slutrapport för båda försöksperioderna att användas för alla mätningar.

Resultat från försöksperiod två tyder på att systemeffekten av övergång från system utan till system med biogasrötning ger en ökning av mängden effektivt kväve med 105 kg för ett hektar blandvall plus ett hektar betblast om blandvallen skördas 3 gånger och 59 kg om den skördas två gånger. Dessa värden är högre än de som framkom av resultaten från första försöksomgången (http://www.evp.slu.se/ekoforsk/Handout_Alnarp_04.pdf).

I arbetet ingick även en utvecklingsdel vars syfte var att ta fram börvärden för behovsanpassad rötresttillförsel på sandjord med tillgång till bevattning. Dessa resultat tyder på att börvärdet vid sådd bör vara ca 80 kg N som en summa av mineralkväve i skiktet 0-30 cm + tillfört $\text{NH}_4\text{-N}$ i rötrest. Börvärdet vid midsommar bör vara 140 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ och i mitten av juli 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$. I dessa fall inkluderar börvärdet mineral-N ner till 60 cm djup.

Mineraliseringen efter ogödslat korn blev i perioden 29 april till 21 juli 0,76 kg N per dygn, efter ogödslad vall skördad 3 respektive 2 ggr 0,96 och 0,92 kg och efter ogödslad grüngödsling 1,53 kg N per dygn. Eventuell senare kommande mineralisering kunde inte uppskattas p g a utlakningsförluster.

Restkvävemängden vid skörd i skiktet 0-90 cm var högst i ledet med gödslad grüngödsling och lägst efter ogödslat korn. Av de gödslade leden med korn som förfrukt och gödslingsnivåer mellan 106 och 211 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ var skörden högst och restkvävet lägst i det högst gödslade ledet.

Utnyttjandegraden av kvävet i form av upptag i rödbetorna var generellt låg. I leden efter korn sjönk den från 36 till 19 % vid en ökning av $\text{NH}_4\text{-N}$ -tillförseln från 49 till 211 kg. Om även blastupptaget inkluderas ökar utnyttjandegraden till 53 respektive 32 % i nämnda led.

Rotmätning utfördes vid två tidpunkter i ogödslade och gödslade (35 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha) rödbetor efter grüngödslingvall och i rödbetor efter korn där betorna fått "medel N-tillförsel" (181 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha). Mätning den 15 juni (26 dagar efter sådd) visade att inga rötter nått ner till 15 cm. Vid mätning av rotlängd och rotyta den 21 juli (61 dagar efter sådd) i skikten 15-20 och 25-30 cm var dessa högre i leden som fått rötrest än i ogödslade rödbetor efter grüngödsling. Variationen var dock stor och för att kunna påvisa statistiskt säkra data måste studien upprepas.

Nitratmätning i rödbetsroten gjordes i samtliga led utom de efter vall skördad två gånger. Högst halt var det i det högst gödslade ledet med korn som förfrukt där 325 mg NO₃ per kg uppmättes. Detta är en mycket låg NO₃-nivå för rödbetor.

Förord

Föreliggande projekt är en del av två som startade våren 2002 vid institutionen för växtvetenskap och som båda har till avsikt att studera hur ekologiska odlingssystem utan idisslare förändras om biogasproduktion från växtmaterial läggs in som en produktionsgren på gården. I det här presenterade projektet har vi arbetat specifikt med hur rötresten kan användas till en specialgröda såsom t ex rödbetor i växtföljden. Det andra projektet är inriktat på att studera en hel växtföljd med jordbruksgödor och där jämföra system med och utan rötning av växtmaterial.

Projektet var under först året helt finansierat ur SLU's öronmärkta medel till fältforskning inom ekologisk odling (de s k Ekoforsk-medlen). Fr o m 2003 gick Jordbruksverket in som medfinansierare i den del av projektet som berör grönsaksväxtföljden.

Projektet genomförs i samarbete med Lunds universitet som ansvarar för biogasanläggningen och därmed för rötrestproduktionen.

Under 2004 har vi även samarbetat med SLU, institutionen för markvetenskap som ansvarat för den del av rotstudien som avser tvättning, scanning och mätning av rötterna.

Mycket av fältarbetet har genomförts med hjälp av Hushållningssällskapet i Halland som förtjänar en eloge för det.

1. Introduktion

Biologisk kvävefixering är högre i skördad blandvall än i putsad grüngödslingsvall där växtresterna ligger kvar i fält (Loges R et al. 2000). N-förluster i grüngödslingsvallen kan ske genom gasavgång. En del av näringsinnehållet kan även tvättas ner i marken. Den gödslingsseffekt som då blir följden kan orsaka minskad kvävefixering. Efter plöjning kan grüngödslingskvävet frigöras vid fel tidpunkt med avseende på efterföljande grödas kvävebehov.

Ett alternativ till att odla grüngödslingsvall skulle kunna vara att bortföra det avklippta materialet och processa biomassan i en biogasreaktor. Då tas kolet i växtmassan tillvara i biogasen samtidigt som det organiskt bundna kvävet mineraliseras. Restprodukten borde därför, förutsatt att spridningsförluster av ammoniak minimeras, fungera som ett väl förutsägbart gödselmedel.

Hypotesen i vårt projekt är att kväveanvändningen i ett ekologiskt odlingssystem med rödbetor och grüngödslingsvall förbättras genom att växtmaterial från vall och betblast rötas i en biogasanläggning och restprodukten återförs till den gröda i växtföljden och vid den tidpunkt under odlingssäsongen som mineralkvävet bäst behövs jämfört med att låta betblast och avputsat växtrester från grüngödslingen får stanna på fälten.

2. Material och metod

2.1 *Produktion av biogas och rötrest*

Växtmaterial från betblast och blandvall processades i en biogasreaktor för enstegs omrörd rötning vid Lunds universitets biogasförsöksstation i Billeberga. Ympen utgjordes av rester från föregående års rötning av vall och betblast d v s den innehöll mikroorganismer lämpade för metanproduktion. Inmatning gjordes med vall- och betblastensilage från ekologisk odling. Proportionen baserad på torrsvikt var ca 50 % av vardera betblast och resten vall. I blastensilagen ingick en mindre mängd halm i syfte att undvika pressvatten från blasten. Inmatningstakten var ca 200 kg ts per vecka i början av inmatningen medan den mot slutet uppgick till det tredubbla. Totalt inmatad mängd var ca 7,4 ton torrsbstans varav 84 % s k volatile solid (VS) d v s den delen av torrsbstansen som blir kvar om askan räknas bort. Biogasproduktionen var stabil med en gasproduktion på ca 0,25 m³ metan per kg VS, mätt vid atmosfäriskt tryck. Rötrestens näringsinnehåll uttryckt i kg per ton var 3,5 total-N, 1,6 NH₄-N, 0,4 total-P, 4,1 K, 1,0 Na, Mg 0,4, Ca 1,8, S 3,1, Cl 1,5. Mikronäringsinnehållet var 3,7 mg B per ton, Cu 1,3, Mn 6,0 och Zn 4,6 mg per ton. Ts-halten var i medeltal 6 % och C/N_{org}-kvoten 11.

2.2 Fältförsök

I ett tvåårigt fältförsök i Lilla Böslid, Halland, jämfördes olika strategier för ekologisk rödbetsodling.

Jorden var en sandjord med 4 % lera, 6 % silt and 2 % mull i matjorden (0-20 cm) och < 1% mull och < 2 % ler i alven (30-60 och 60 – 90 cm). Volymvikten i skiktet 0-30 cm var 1,3 och i 30-60 och 60 – 90 cm 1,5 kg per dm³. pH (H₂O) i matjorden på våren 2004 var 6,1-6,4, P-AL var 11-15, K-HCl 58, Mg-AL 6-11 och Ca-AL 65-70 mg per 100 g jord. K-AL-värdena i matjorden efter korn och skördad vall låg på 6 och efter gröngödsling på 9 mg per 100 g jord. Skillnaden var inte signifikant. Bor-värdet (vattenextraktion i 15 minuter) var 0,3 och Cu-HCl 5 mg per kg jord. pH i alven låg på samma nivå som i matjorden medan K-AL, Mg-AL och P-AL där låg under 3 och Ca-AL under 20 mg per 100 g jord.

Jämförelsen inkluderade både olika förfrukter och olika rötrestgivor. De förfrukter som ingick var

- gröngödslingsvall
- vall skördad två gånger
- vall skördad tre gånger
- vårkorn + fånggröda av engelskt rajgräs

Vallförblandningen var lika i gröngödslingsvallen och den skördade vallen och bestod av 20 viktsprocent rödklöver, 10 % vitklöver och 70 % engelskt rajgräs. Vallen anlades i juli året före förfruktsåret.

Rödbetsorten var Boro (rund sort) och utsädet gav vid groningstest 1,4 plantor per frö. Utsädesmängden var 39 frö per radmeter och radavståndet 50 cm.

Restprodukt från biogasrötningen användes som gödselmedel i en låg giva efter gröngödsling och vall och i en kvävestege efter korn. Kvävestegen baserades på tillförsel enligt uppsatta mål för mineralkvävetillgång vid tre tidpunkter: före sådd; i slutet av juni och i slutet av juli. Den genomsnittliga rötrestgivan i stegen försöksled med korn som förfrukt blev för år 2004 49, 106, 181 och 211 kg NH₄-N. Som kontroll fanns led gödslade med KaliVinass (biprodukt från jästtillverkning innehållande 33 % K 1 % organiskt N, 0 % NH₄-N, 0,002 % P och 20 % S) och Besal (38 % Na) som enda gödselmedel. Dessa benämns fortsättningsvis som ogödslade led. Dessutom fanns ett led efter vardera gröngödslingsvall, vall skördad två gånger och vall skördad 3 gånger som tillfördes kväve motsvarande börvärdet i det näst lägst gödslade kornledet.

Försöket har löpt i två omgångar: 2002-2003 och 2003-2004. I denna rapport redovisas endast resultat från andra försöksomgången.

En översikt över försökleden samt total näringstillförsel ges i tabell 1. I tabell 2 presenteras NH₄-N-givor med rötrest samt summan av NH₄-N-tillförsel med rötrest och de mineralkvävemängder som utgjort underlag för beräkning av tillförseln.

Försöksfältet vattnades vid behov. Nederbörd bevattnings och temperatur redovisas i tabell 3.

Tabell 1. Översikt över försöksled samt näringstillförsel till rödbetor.

Ledbenämning	Förfrukt	Näringstillförsel till rödbetor	N-giva (NH ₄ - N/total-N)
K/0N	Korn	40 kg Na ¹⁾ + 150 kg K ²⁾ ha ⁻¹ . Ingen rötrest	0/1.5
BV 3 sk/0N	Biogasvall 3 skördar	40 kg Na ¹⁾ + 150 kg K ²⁾ . Ingen rötrest	0/6
GV/0N	Gröngödslingsvall	40 kg Na ¹⁾ + 150 kg K ²⁾ . Ingen rötrest	0/3
BV 2 sk/0N	Biogasvall 2 skördar	40 kg Na ¹⁾ + 150 kg K ²⁾ . Ingen rötrest	0/6
K/mkt låg N	Korn	Mycket lågt min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	49/104
K/låg N	Korn	Lågt min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	106/225
K/medel N	Korn	Medel min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	181/385
K/hög N	Korn	Högt min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	211/448
BV 3 sk/låg N	Biogasvall 3 skördar	Lågt min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	92/196
GV/låg N	Gröngödslingsvall	Lågt min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	35/74
BV 2 sk/låg N	Biogasvall 2 skördar	Lågt min-N-mål vid tillförsel av rötrest ³⁾	79/168

1) NaCl från bergssaltet Besal

2) Tillförsel med KaliVinasse, en biprodukt från jästtillverkning, innehållande 33% K, 1% organiskt N, 0% NH₄-N, 0,002% P and 20%S.

3) Rötresten innehöll 0,6 kg Na och 2,6 kg K per kg NH₄-N. För övrigt näringsinnehåll se avsnitt 2.1.

Tabell 2. NH₄-N-tillförsel i rötrest samt summa NH₄-N i rötrest och mineralkväve i mark före spridning. Kg ha⁻¹.

Ledbenämning ³⁾	Spridningstidpunkt					
	Före sådd		21-jun		28-jul	
	Rötrest	Rötrest + min-N ¹⁾	Rötrest	Rötrest + min-N ²⁾	Rötrest	Rötrest + min-N ²⁾
K/0N	0	23	0	89	0	67
BV 3 sk/0N	0	43	0	151	0	95
GV/0N	0	57	0	139	0	152
BV 2 sk/0N	0	48	0	135	0	104
K/m låg N	39	62	10	137	0	76
K/låg N	56	79	50	183	0	102
K/medel N	56	79	70	187	55	136
K/hög N	88	111	88	216	34	152
BV 3 sk/låg N	32	75	60	188	0	103
GV/låg N	19	76	16	174	0	166
BV 2 sk/låg N	32	80	47	180	0	127

1) 0-30 cm

2) 0-60 cm

3) Förklaring till ledbenämning se tabell 1.

Tabell 3. Väderlek inklusive bevattning på försöksplatsen.

Period	Nederbörd, mm		Bevattning, mm	Medeltemperatur [°C]	
	2003	2004	2004	2003	2004
Jan-April	152	184	0	1	2
May	98	55	10	11	11
June	53	85	0	16	13
July	135	156	0	18	15
Aug	119	121	20	17	18
September ¹⁾	25	69	0	10	14

1) För rödbetsåret (2004) avses bara perioden fram till skörd (22/9).

2.3 Mätningar

I tabell 4 presenteras det mät- och analysprogram som tillämpats. Därutöver har generalprov för bestämning av jordart, volymvikt och näringsinnehåll i matjord och alv utförts.

Tabell 4. Mät och analysprogram

Tidpunkt	Analys
Tidig vår	K-AL-analys blockvis men med sammanslagning av alla rutor med samma förfrukt. Användes som underlag för bestämning av K-gödsling i led utan rötresttillförsel
30 april	Mineralkvävemätningar blockvis men med sammanslagning av alla rutor med samma förfrukt före sådd i skikten 0-30, 30-60 och 60 – 90 cm.
14 juni	Rutvis mineralkvävemätning i alla led i skikten 0-30 och 30-60 cm
-"-	Rutvis mätning av ovanjordisk växtmassa. Provyta: 2 radmeter/ruta. Bestämning av totalt näringsinnehåll ¹⁾ Rotmätning (se nedan)
2 juli	Rutvis mineralkvävemätning i ogödslade led i skikten 0-30 och 30-60 cm
-"-	Rutvis mätning av ovanjordisk växtmassa och pålrot i ogödslade led. Provyta: 2 radmeter/ruta. Bestämning av totalt näringsinnehåll ¹⁾
20 juli	Rutvis mineralkvävemätning i alla led i skikten 0-30 och 30-60 cm
-"-	Rutvis mätning av ovanjordisk växtmassa. Provyta: radmeter/ruta. Bestämning av totalt näringsinnehåll ¹⁾ Rotmätning (se nedan)
17 aug	Rutvis mineralkvävemätning i ogödslade led i skikten 0-30 och 30-60 cm
-"-	Rutvis mätning av ovanjordisk växtmassa och pålrot i ogödslade led. Provyta: 4 radmeter/ruta. Bestämning av totalt näringsinnehåll ¹⁾
23 sep (slutskörd)	Rutvis mineralkvävemätning i alla led i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm
-"-	Rutvis mätning av ovanjordisk växtmassa. Provyta: 20 radmeter/ruta Bestämning av totalt näringsinnehåll ¹⁾ i alla led. Bestämning av NO ₃ -halt ²⁾ i betor i samtliga led utom de med vall skördad två gånger. Bestämning av Cd-halt ³⁾ i betor led ogödslade led efter grön gödsling och korn och i högst gödslade ledet efter korn

1) N enligt Dumas bestämd med LECO FP-428. P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn, B, Fe, Na, S, Al bestämdes med ICP-OES efter uppslutning enligt NMKL No 161, 1998.

2) Nitrathalten bestämdes med HPLC. Analysen gjordes på oskalade men tvättade, nackade rödbtor, i fraktionen 40-60 mm, efter att rotspetsen skurits bort.

3) Cd analyserades med atomadsorptionsspektrofotometer med grafitrör (grafitugn) och nitrathalten bestämdes med HPLC.

Rotmätning utfördes vid två tillfällen i leden GV/0N, K/medel N och GV/låg N med hjälp av rotcylindrar med 72 mm diameter och 50 mm höjd. Fyra cylindrar per skikt placerades så att de representerade hela ytan, d v s både i och mellan rödbetsraden. Mätningen gjordes i tre skikt: 15-20 cm, 25-30 cm och 35 – 40 cm. Tidpunkten för mätningarna var i samband med mark-och växtprovtagning den 15 juni och den 21 juli d v s några dagar före rötrestspridningarna i växande gröda. Rötterna tvättades rena efter skakning i vatten över natten. Efter rentvättning placerades rötterna i destillerat vatten varefter de inom några dagar lades på en scanner vars upplösning var kalibrerad efter antalet pixlar per ytenhet. Därefter beräknades rotlängd, rotdiameter mm med hjälp av programvaran WinRhizo tillverkad av Regent Instrument Ltd, Quebec.

2.4 Statistik och beräkningar

Gödselkvävet utnyttjandegrad har beräknats som $100 (N_g - N_0) / N_t$ där N_g = N-mängd i rötrestgödslad gröda och N_0 = N-mängd i gröda som inte fått rötrest och N_t = tillförd mängd N i rötrest. Vid beräkningen har N_0 för gödslat led med samma förfrukt använts.

Vid beräkning av systemeffekten har följande beräkningar gjorts:

- 1) Total-N som systemet kan ge ($N\text{-total}_{\text{supp}}$) = N-skörd i ett hektar vall + N-skörd i ett hektar blast från måttligt gödslade rödbetor x 0,67 där 0,67 är en reduktionsfaktor för förluster vid maskinell blastskörd. (Sockerbolaget, 1988).
- 2) $\text{NH}_4\text{-N}$ som systemet kan ge ($\text{NH}_4\text{-N}_{\text{supp}}$) beräknades som $N\text{-total}_{\text{supp}}$ x den genomsnittliga kvoten mellan $\text{NH}_4\text{-N}$ och total-N i all producerad rötrest
- 3) Kväveeffekten av skördad vall respektive grüngödslingsvall beräknades genom att sätta in den säljbara rödbetsskörden (fraktion 30 – 75 mm) från ogödslade led med dessa förfrukter i den kvadratiske responsekvation som erhöles för skörd mot rötrest- $\text{NH}_4\text{-N}$ i kvävestegen efter korn. Försämrade förfruktseffekt av skördad vall jämfört med grüngödslingsvall beräknades som differensen mellan de bådas förfruktseffekt
- 4) Systemeffekten, med avseende på effektivt kväve, för en övergång från odlingssystem med grüngödslingsvall till system med rötning av vall och betblast beräknades som $\text{NH}_4\text{-N}_{\text{supp}}$ – försämrade förfruktseffekt av skördad vall jämfört med grüngödslingsvall – 20, där 20 är en faktor för försämrade förfruktseffekt av skördad betblast jämfört med oskördad. (Widdowson, 1974).

Övrig statistik är bearbetad med variansanalys enligt GLM i Minitab version 14.

Regressionsanalysen har utförts enligt blockmodell och även dessa beräkningar är gjorda i Minitab version 14.

3. Resultat och diskussion

3.1 Skörd förfruktsår

Vallskörden blev i de led som skördades 3 gånger 10,1 ton ts med 234 kg N per hektar varav 131 kg i klöver. I de led där vallen skördades 2 gånger blev skörden 6,9 ton ts med 149 kg N varav 82 i klöver. Provklippningarna i grüngödslingsvallen gav sammanlagt för de tre provtillfällena 11,8 ton ts med 292 kg N varav 156 kg i klöver.

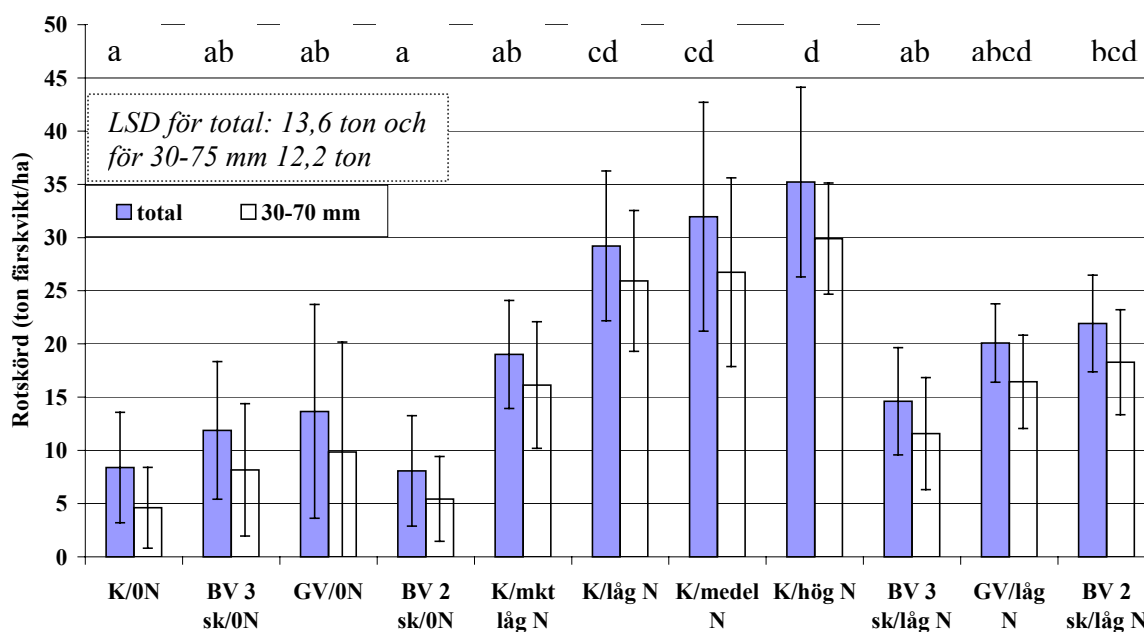
Klöverhalt och andel vitklöver av den totala klövern skilde sig inte mellan behandlingarna. Klöverhalten ökade successivt från skörd/putsning 1 till skörd/putsning 3 med start på 20-35

% och slut på 55-60 %. Även andelen vitklöver av den totala mängden klöver ökade från 50-75 % i skörd 1 till 95-100 % i skörd 3.

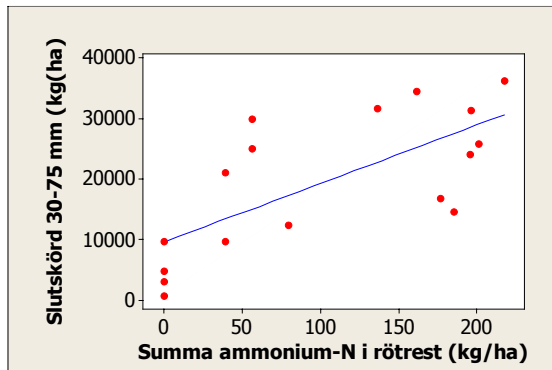
Kornet avkastade på 29 dt kärna och 1,6 ton halm per hektar. Siffrorna avser torrsvikt. Det sammanlagda N-upptaget i halm och kärna var 58 kg/ha. Mineralkvävemängden vid gulmognad var 15 kg N per ha ner till 60 cm (25 till 90 cm). Med en skattning av mängd N i obligatoriska skörderester till 25 kg och mineralkvävemängd vid sådd till 30 kg blir mineraliseringen från sådd till skörd (113 dagar) 0,6 kg N per dag eller 4,5 kg per vecka vilket överensstämmer väl med mineraliseringen i motsvarande led 2002.

3.2 Skörd rödbetsår

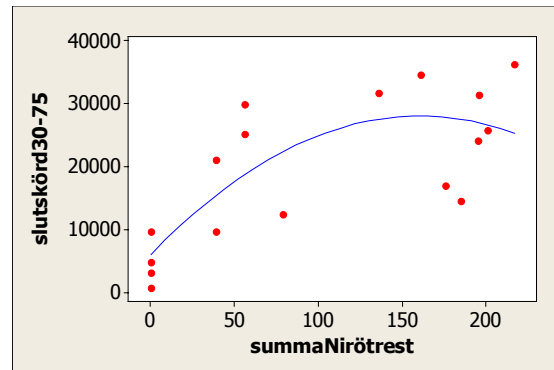
Slutskörden av rot (figur 1) i leden med korn som förfrukt ökade med ökad rötresttillförsel. Tre olika regressionsmodeller provades (figur 2) och av dem gav den med tredjegradsfunktion bäst anpassning. I vidare bearbetning av materialet kommer även den s k LRP-modellen ((Uhte 1990)att testas. Denna innebär att funktionen inledningsvis är linjär och övergår i en plåtå. Av de hittills testade modellerna gav den kubiska bäst anpassning till erhållna data. Den goda förklaringsgraden orsakas främst av en ökning av N-responser vid de högsta N-givorna. Då detta inte bedöms som realistiskt har den kvadratiske funktionen valts för beräkning av systemeffekterna i avsnitt 3.8.



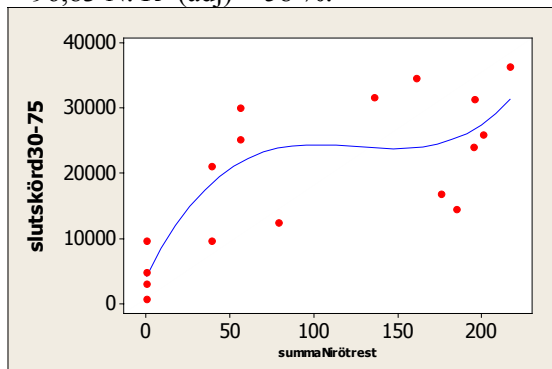
Figur 1. Slutskörd av rot. Felstaplar representerar standardavvikelsen. Enkelsidig test av skillnader har utförts på *-nivån enligt Tukey's metod. Bokstäver ovan staplarna avser skörd av fraktionen 30-75 mm. Staplar som ej har samma bokstav är skilda åt. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.



Figur 2a. Slutskörd som funktion av rötresttillförsel. Linjär funktion: $\text{Skörd} = 9661 + 96,83 N$. R^2 (adj) = 58 %.



Figur 2b. Som 1a med kvadratisk funktion. Lösning: $\text{Skörd} = 6081 + 274,7 N - 0,8574 N^2$. R^2 (adj) = 71 %.



Figur 2c. Som 1a med tredjegradsfunktion. Lösning: $\text{Skörd} = 4327 + 514,3 N - 4,278 N^2 + 0,01143 N^3$. R^2 (adj) = 72 %.

Av tabell 5 framgår skörd och tillväxthastighet under växtsäsongen. Variationen i försöket var stor och endast ett fåtal ledskillnader var signifikanta. Resultaten vid första provskörden tyder dock på att N-tillgången före sådd i ledet med låg giva har varit tillräcklig, d v s då börvärdet för summan tillfört N + mineral-N i skiktet 0-30 cm var ca 80 kg N per ha. Vidare tycks ett börvärde på 140 kg N per ha i mitten av juni ha varit tillräckligt fram till nästa provskörd, d v s den nivå som tillämpades i ledet ”mycket låg N”. Först vid slutskörden har ledet med högst tillförsel skiljt sig från övriga led vilket tyder på att det behövdes ca 150 kg N kvar för tillväxten från slutet av juli fram till slutskörd.

Tabell 5. Skörd och tillväxthastighet under växtsäsongen. Skörden avser kg torr vikt per hektar i blast + betor. Vid provtagning den 15 juni hade roten ännu ej börjat svälla varför endast blast skördades vid detta tillfälle.

Behandling ¹⁾	Tidpunkt (datum/dagar efter sådd)						Tillväxthastighet, %/dygn	
	15 juni/26	Relativ till		Relativ till		23 sept/126	15/6-20/7	21/7-23 sept
		GV/0N	21 juli/62	GV/0N	Relativ till			
K/0N	34	63	1698	62	3250	71	11.0	1.0
BV 3 sk/0N	38	72	2150	78	4417	96	11.2	1.1
GV/0N	54	100	2754	100	4588	100	11.1	0.6
BV 2 sk/0N	35	64	1905	69	2930	64	10.6	1.1
K/mkt låg N	52	97	3302	120	5112	111	11.4	0.7
K/låg N	68	127	3092	112	7584	165	10.6	1.5
K/medel N	71	132	2635	96	7667	167	9.9	1.8
K/hög N	66	123	3151	114	8293	181	10.9	1.5
BV 3 sk/låg N	38	72	2062	75	4267	93	11.1	1.2
GV/låg N	39	72	1843	67	8190	179	10.8	2.3
BV 2 sk/låg N	37	69	2622	95	5437	119	12.1	1.1
p-värde, beh.	0.000		0.014		0.000		0.26	0.037
Tukey's LSD ²⁾	29		1519		3493		2.1	1.4
CV, %	29		27		28		9	52
R ² , %	62		56		74		55	68

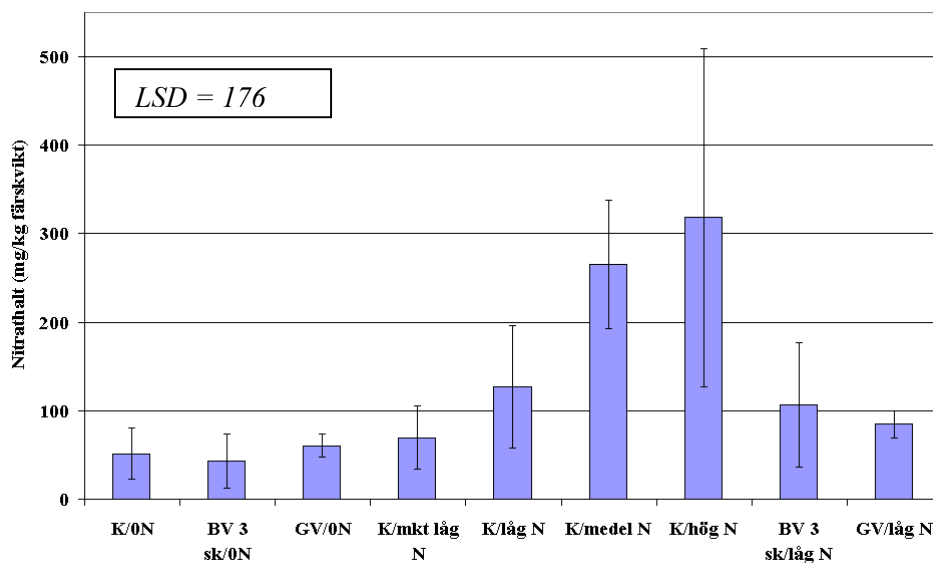
1) Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1!

2) enkelsidig test på *-nivå enligt Tukey's metod

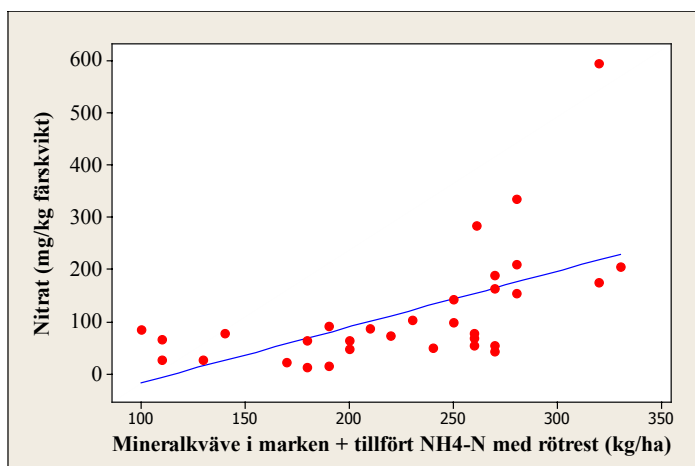
3.3 Nitrat- och kadmiumhalt i rödbetor

Nitrathalten i rödbetorna var mycket låg för att vara i rödbetor (figur 3a och b). Halten ökade linjärt (signifikant) med summan av mängd tillfört $\text{NH}_4\text{-N}$ i rötrest och mineralkväve i marken vid mätningarna före sådd, i juni och i juli. Ett avvikande högt värde, på 595 mg NO_3 per kg färskvikt, uppmättes i en ruta i det högst gödslade ledet av rödbetor efter korn. Även denna nivå är under normalnivå i rödbetor i Felix kontraktsodlingar (personlig meddelande Jonas Jönsson, september 2005).

Kadmiumhalten som bara analyserades i ogödslade led efter korn och i det högst gödslade ledet efter rötrest låg i flertalet prover på eller under detektionsgränsen på 0,01 mg Cd per kg. Detta är 10 gånger lägre än EU-s gränsvärde för Cd i rotfrukter. Endast tre försöksrutor hade Cd-halter över 0,01 och i dessa fall rörde det sig om 0,02 – 0,03 mg. I de fallen var det prover från ogödslade rutor med mycket låg skörd. Ingen ruta med skörd över 9 ton säljbar fraktion per hektar hade Cd-halt över 0,01 mg per 100 g jord.



Figur 3a. Nitrathalt i rödbetor av fraktionen med 40-60 mm diameter. Felstaplar representerar standardavvikelsen. Enkelsidig test av skillnader har utförts på *-nivån enligt Tukey's metod. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.

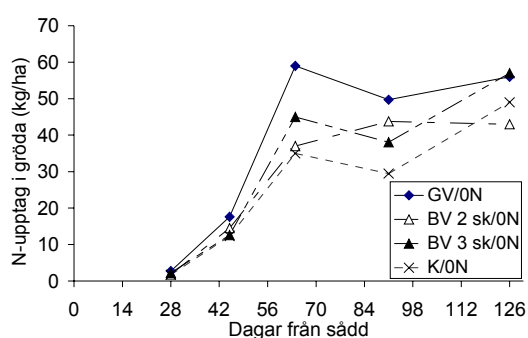


Figur 3b. Samband mellan tillförd mängd $\text{NH}_4\text{-N}$ med rötrest + mineralkväve i marken 0-30 cm före sådd och 0 – 60 cm i mitten av juni och mitten av juli. Nitrat = $-125.1 + 1.073 \times \text{kg N i mark och rötrest/ha}$. ***-signifikans för regressionsmodell med block.

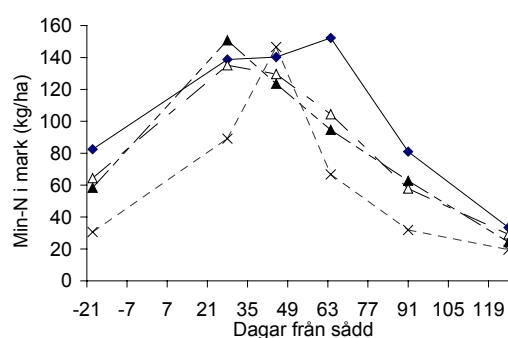
3.4. Kväveupptag och markkväve i ogödslade led av rödbetor efter olika förfrukter

Uptagningsförloppet av N under säsongen och mineralkväve i skiktet 0-60 cm i de ogödslade leden presenteras i figur 4a t o m c. N-mineraliseringen, mätt som summan av kväveupptag och mineralkväve, var högst efter grön gödslingsgrödan. Från provtagnings-tidpunkten dag 62 minskade skillnaden mellan leden och den totala N-mängden i mark och gröda sjönk. Uppenbarligen har kväve gått förlorat. Med tanke på den relativt höga nederbörds mängden i juli och augusti i kombination med en för rödbetorna ogynnsamt låg temperatur kan man förmoda att en hel del av kvävet sjunkit ner under ett djup som rödbetorna kan utnyttja. Detta stärks av mineralkvävebestämningen i skiktet 60 – 90 cm som gjordes vid slutskörd. Den visade att ogödslade rödbetor efter grön gödslingsvall och vall skördad 2 gånger hade ca 80 kg mineral-N per hektar kvar och de likaledes ogödslade rödbetorna med korn och vall skördad tre gånger som förfrukt hade 53 respektive 57 kg N kvar (tabell 6).

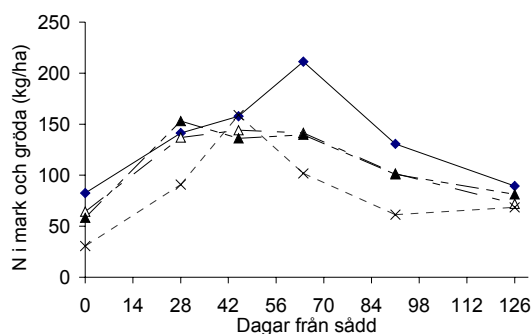
Beräknade nettokvävemineraliseringen från första mineralkväveprovtagningen (29/4 d v s 20 dagar före sådd) fram till 64 dagar efter sådd (21/7) var ca 71 kg efter korn, 81 kg efter vall skördad 3 ggr, 77 kg efter vall skördad 2 ggr och 129 kg efter grön gödslingsvall. Det motsvarar en daglig mineralisering under denna period på 0,76, 0,96, 0,92 respektive 1,53 kg N per ha och dag. Mineraliseringen är då beräknad såsom upptag i gröda + mineralkväve i mark 0-60 cm den 21/7 minus mineralkväve i mark den 29/4. Upptag i finrötter är ej inkluderad. Under denna tidsperiod var nederbörsmängden inte så stor att någon större utlakning torde varit aktuell. Beräkning av ytterligare mineralisering under växtperioden ger negativa värden vilket tyder på kväveförluster. De negativa värdena ökar i samma rangordning som nettomineralisering enligt ovan och är i rödbetor efter grön gödsling -122 kg N per hektar, efter vall -60 – (-70) kg och efter korn -33 kg N per hektar. Till dessa förluster ska läggas den nettomineralisering som rimligtvis måste skett under perioden vilken lågt räknat åtminstone bör ha uppgått till 25 kg (beräknad som 0,6 kg / dag x 42 dagar).



Figur 4a. N-upptag i grödan från sådd till slutskörd. Finrötter ingår ej. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.



Figur 4b. Mineralkväve under växtsäsongen Tidpunkt 1: 20 dagar före sådd, övriga tidpunkter samma som vid växtprovtagning.



Figur 4c. N i mark (0-60 cm) och gröda. Finrötter ingår ej. För mark-N vid sådd används mängden från provtagning 20 dagar före sådd.

3.5 Mineralkväve i mark vid sådd och slutskörd

Mineralkvävemängden (tabell 6) vid sådd i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm rangordnade sig som väntat med korn < biogasvall skördad 3 ggr < biogasvall skördad 2 ggr < grön gödslingvall (oskördad men putsad). I skiktet 60-90 cm fanns dock inga signifikanta skillnader.

Restkvävet vid skörd varierade mycket varför endast ett fåtal skillnader var signifikanta. För de ogödslade leden var dock rangordningen lika med den vid mätningen före sådd. För gödslade led med korn som förfrukt tyder resultaten på en marginell ökning av restkvävet efter rötrestgödslade rödbetor jämfört med de som inte fått rötrest. Ökningen tycks dock inte påverkas av om rötrestgivan var stor eller liten.

Tabell 6. Mineralkväve (NH₄-N + NO₃-N vid provtagning före sådd (29/4) och vid slutskörd (23/9).

Ledbenämning ²⁾	Mineral-N vid sådd				Mineral-N vid slutskörd			
	Jordskikt, cm				Jordskikt, cm			
	0-30	30-60	60-90	0-90	0-30	30-60	60-90	0-90
K/0N	23	7	14	44	12	7	53	73
BV 3 sk/0N	43	15	19	77	14	10	59	84
GV/0N	57	25	29	112	15	18	80	114
BV 2 sk/0N	48	17	24	89	11	18	81	110
K/mkt låg N	Förfruktsvis prov, se K/0N				17	15	48	80
K/låg N	-				17	11	65	93
K/medel N	-				17	10	56	84
K/hög N	-				16	7	56	79
BV 3 sk/låg N	Förfruktsvis prov, se BV 3 sk/0N				18	17	63	98
GV/låg N	Förfruktsvis prov, se GV/0N				14	22	94	130
BV 2 sk/låg N	Förfruktsvis prov, se BV 2 sk/0N				15	15	72	102
p-värde, behandling	0.024*	0.009***	0.203ns	0.029*	0.01**	0.013*	0.020*	0.013*
LSD ¹⁾	24	10	18	48	6	13	39	46
CV, %	29	34	45	32	17	42	26	22
R ² , %	66	76	55	63	50	54	52	54

1) enligt Tukey, enkelsidigt på *-nivån

2) Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.

3.6 Kväveskörd och utnyttjandegrad

Kväveskörden där korn var förfrukt ökade upp till medel tillförselnivå (180 kg NH₄-N). I detta led blev utnyttjandegraden av kväve högre än den i närmaste ledet med lägre respektive högre NH₄-N-tillförsel. Dock var utnyttjandegraden av NH₄-N generellt mycket låg.

Tabell 7. Kväveupptag (kg/ha) och kväveutnyttjande av tillfört rötrest-N (%) fram till slutskörd.

Ledbenämning ¹⁾	N vid slutskörd		Rötrest-N		Utnyttjandegrad, % av tillfört rötrest-N			
	Rot	Rot+blast	NH ₄ -N	Tot-N	Bara rot		Rot + blast	
					NH ₄ -N	Tot-N	NH ₄ -N	Tot-N
K/0N	17	49	-	-	-	-	-	-
BV 3 sk/0N	20	57	-	-	-	-	-	-
GV/0N	21	56	-	-	-	-	-	-
BV 2 sk/0N	15	43	-	-	-	-	-	-
K/mkt låg N	34	74	49	104	36	17	53	25
K/låg N	38	91	106	225	20	10	40	19
K/medel N	70	128	181	385	30	14	44	21
K/hög N	58	117	211	448	19	9	32	15
BV 3 sk/låg N	27	62	92	196	8	4	6	3
GV/låg N	30	82	37	74	26	13	70	35
BV 2 sk/låg N	41	75	79	168	33	16	40	19
p-värde, beh.	0.000	0.000						
Tukey's LSD ²⁾	35	44						
CV, %	46	26						
R ₂ , %	67	76						

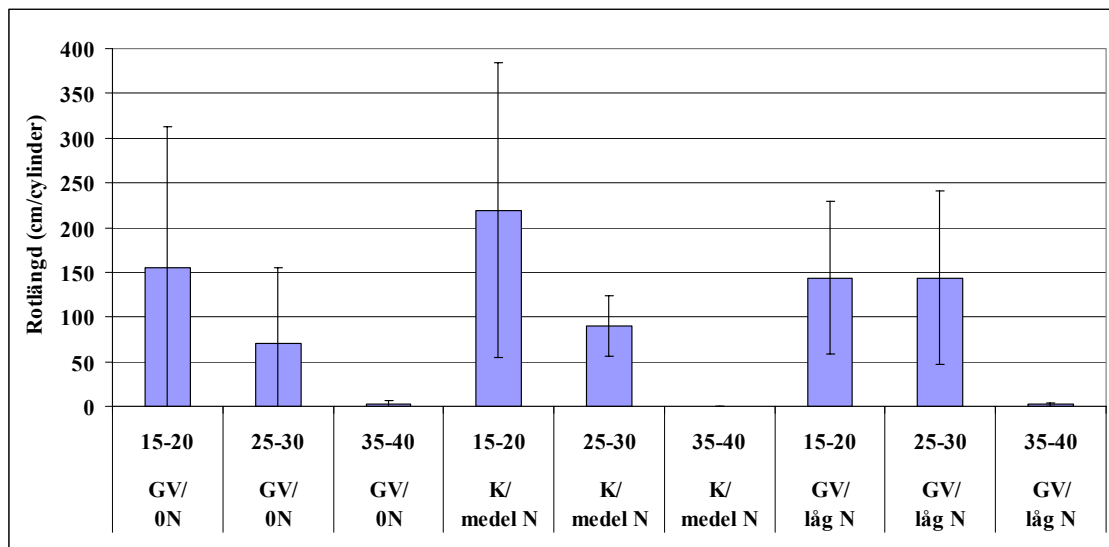
1) Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1!

2) enligt Tukey, enkelsidigt på *-nivån

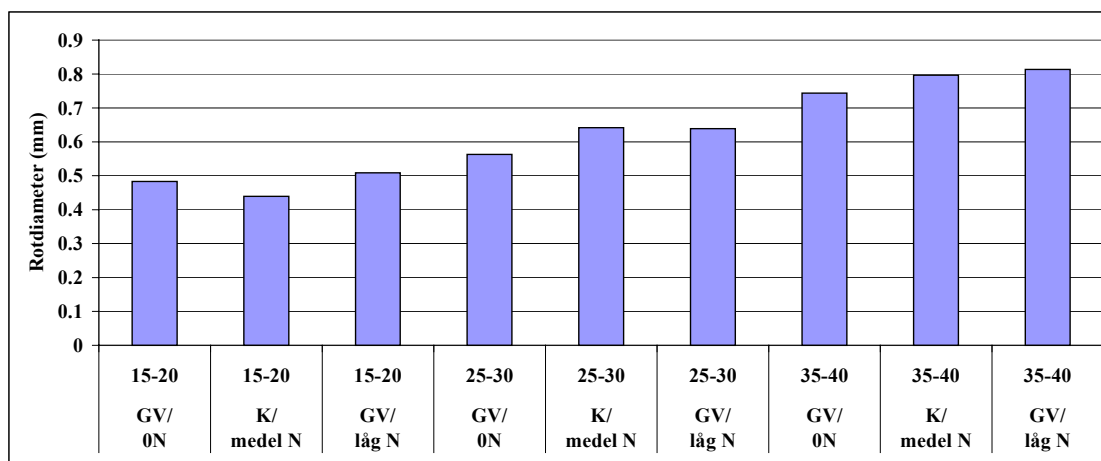
3.7 Rotmätning

Vid första rotmätningstillfället d v s den 15 juni hittades över huvud taget inga rötter alls, inte ens i det ytligaste skiktet och mitt under rödbetsraden. Vid denna tidpunkt nådde alltså rötterna inte ner till 15 cm's djup.

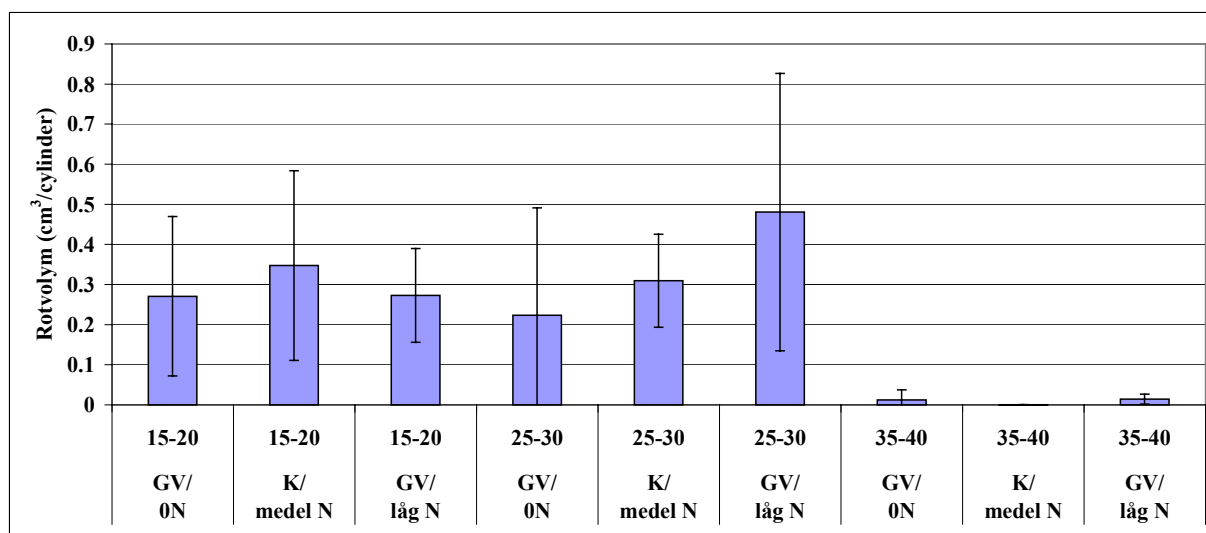
Resultat från andra rotmätningen presenteras i figur 5a t o m d. I tabell 8 finns dessutom en översikt över mätningens resultat omräknade per cm³ jord och som medeltal för de två översta provtagnings-skikten. Data i tabell och diagram bygger på medeltal för de 4 cylindrarna per skikt. Då variationen var stor uppmättes inga signifikanta skillnader. Det innebär inte nödvändigtvis att det inte finns några skillnader utan bara att det behövs mera mätdata för att kunna påvisa eventuella skillnader med statistisk säkerhet. Om vi bortser från att skillnaderna inte var signifikanta kan vi konstatera att rottätheten i de två översta skikten tenderade vara lägre i ogödslade rödbetor efter grüngödsling än i gödslade rödbetor efter grüngödsling och gödslade betor efter korn. De skillnader i rotmängd i det nedersta skiktet (35-40 cm) visar på något mer rötter i rödbetor (gödslade och ogödslade) efter vall än i gödslade rödbetor efter korn. Dessa värden är dock ännu mer osäkra än de i de två övre skikten då det endast fanns rötter överhuvudtaget i en ruta per led.



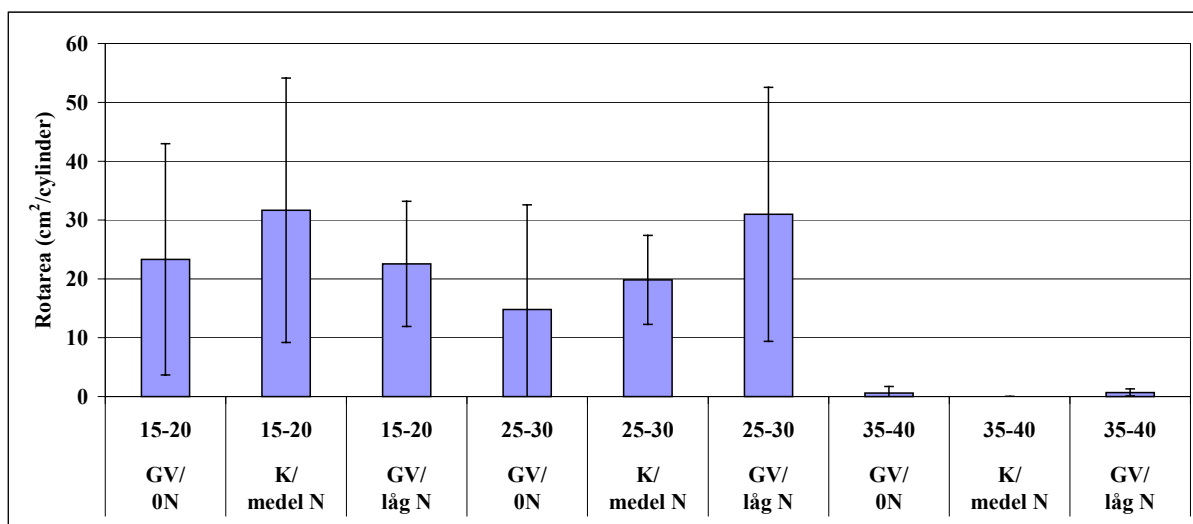
Figur 5a. Genomsnittlig rotlängd i olika led och marknivåer. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.



Figur 5b. Rotdiameter i olika led och marknivåer. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.



Figur 5c. Rotvolym i olika led och marknivåer. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.



Figur 5d. Rotarea i olika led och marknivåer. Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.

Tabell 8. Resultat av rotmätning som medeltal för två marknivåer.

Ledbenämning ¹⁾	Skikten 15-20 och 25-30 cm	
	längd, cm/cm ³	rotyta, mm ² /cm ³
GV/0N	0.6	9.4
K/medel N	0.9	15.0
GV/låg N	0.7	13.2
p-värde, beh.	0.364	0.286
Tukey's LSD ²⁾	0.5789	8.289
CV, %	44.90	37.13
R2, %	71	76

1) Förklaring till ledbenämningarna se tabell 1.

2) enligt Tukey, enkelsidigt på *-nivån

3.8 Systemeffekt

I enlighet med avsnitt 2.4 beräknades utifrån ovan presenterade resultat systemeffekten med avseende på effektivt kväve för en övergång från odlingsystem med grön gödslingvall till system där vall och betblast rötas. För ett hektar vall och ett hektar betblast som rötades och rötresten återfördes som gödselmedel ökade mängden effektivt kväve med 65 kg.

N-total_{supp} för systemet med 3 vallskördar blev 287 och för 2 vallskördar 203 kg N (234 kg N i vall skördad tre gånger 2003 + 80 kg N i rödbetsblast 2003 x 0,67. För vall skördad 2 ggr: 149 kg N). NH₄-N_{supp} blev 131 och 93 kg N för systemet med 3 respektive 2 skördar (N-total_{supp} enligt ovan x 0,46 i kvot mellan NH₄-N och total-N i rötresten.

Kväveeffekten av ogödslad skördad vall 3 ggr, 2 ggr och grön gödslingvall blev 8, 0 respektive 14 kg NH₄-N per hektar (beräkningsprincip, se material och metod). Försämrade förfruktseffekt av vall som skördades 3 ggr jämfört med grön gödslingvall kunde därmed beräknas till 6 kg NH₄-N per hektar. Jämförelsen mellan grön gödslingvall och vall skördad 2 ggr gav en försämrade förfruktseffekt av den senare motsvarande 14 kg NH₄-N.

Systemeffekten från ett hektar rötad vall med 3-skördesystem + ett ha rötad betblast kunde därmed beräknas till 105 kg NH₄-N (131 - 6 - 20). Om vallen i stället skördas med 2-skördesystem blev systemeffekten 59 NH₄-N (93 -14 - 20).

4. Referenser

Loges R, Ingwersen K, Kaske A, Taube F,. 2000. Methodological aspects of determining nitrogen fixation of different forage legumes. In: Alfoldi, Lockeretz, and Niggli (eds.) Proc. 13th Int. IFOAM Sci. Conf. vdf Hochschulverlag. Zurich. Switzerland. p.92.

NMKL,1998. (Nordisk metodkommitte för livsmedel). 1998. No 161

Socketbolaget, 1988. Betboken. Utgivare: Socketbolaget, Jordbruksteknik, Staffanstorp. Tryck: Skogs Trelleborg. 73 s (in Swedish)

Widdowson, F.V. 1974. Results from experiments measuring the residues of nitrogen fertilizer given for sugar beet, and of ploughed-in sugar beet tops, on the yield of following barley. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 83. p 415-421

Uhte R . Evaluation of experiments on nitrogen fertilization of vegetables by the linear response and plateau model. Gartenbauwissenschaft-. 1990; 55(6): 247-251 . 1990.

Webinformation

www.evp.slu.se/ekoforsk/Handout_Alnarp_04.pdf

Personlig meddelande

Jonas Jönsson, Procordia Food AB, september 2004.