



# **Minirhizotron för att studera rottillväxt och rotbiomassa hos engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.) insått i vårmete som fånggröda**



Maria Stenberg, Helena Aronsson och Karin Blombäck

SLU  
Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Teknisk rapport 12  
Skara 2003

ISSN 1650-6472

## Innehåll

Förord .....	3
Inledning.....	5
Material och metoder .....	6
Försöksplats.....	6
Minirhizotronrör.....	7
Filmning av rötter.....	7
Bildanalys I .....	7
Bildanalys II .....	8
Resultat och diskussion .....	8
Slutsatser .....	12
Litteratur.....	12



## Förord

Denna rapport är en slutredovisning av ett projekt där rötter från en fånggröda filmats i minirhizotronrör för att bestämma rotdjup och rotförekomst. I projektet filmades rötter vid sex tillfällen under ett år i ett utlakningsförsök på Mellby. Erfarenheter från projektet kommer att kunna användas i utvärdering av resultat i projekt där t.ex. kväveutlakning studeras.

Filmerna analyserades sedan efter digitalisering av stillbilder isolerade från filmerna. Två olika metoder för bildanalys användes. Riklig förekomst av rötter medförde att analysen tog betydligt längre tid än beräknat i den ursprungliga projektplanen. Den metod för bildanalys har tidigare främst använts i skogsmark och i energiskog. Jämfört med träd har en spannmålsgröda med insädd fånggröda betydligt mer rötter under sommaren i de översta 40 cm i marken. För analys av fyra av filmerna användes därför ett AI-baserat bildanalysprogram för automatisk analys av bilderna. Programmet utvecklades specifikt för detta projekt av Jonas Hansson inom ramarna för hans examensarbete i datavetenskap vid Högskolan i Skövde, se <http://www.ida.his.se/ida/htbin/exjobb/2001/HS-IDA-MD-01-302>.

Projektet finansierades av KSLA och Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne.

Skara och Uppsala 10 mars 2003

Maria Stenberg<sup>1</sup>, Helena Aronsson<sup>2</sup> och Karin Blombäck<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SLU, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Box 234, 532 23 Skara, tel. 0511-672 74, fax 0511-672 68, [Maria.Stenberg@jvsk.slu.se](mailto:Maria.Stenberg@jvsk.slu.se),

<sup>2</sup> SLU, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för vattenvårdslära, Box 7042, 750 07 Uppsala, tel. 018-67 24 66, fax 018-67 34 30, [Helena.Aronsson@mv.slu.se](mailto:Helena.Aronsson@mv.slu.se),

<sup>3</sup> SLU, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för biogeofysik, Box 7014, 750 07 Uppsala, tel. 018-67 12 63, fax 018-67 27 95, [Karin.Blomback@mv.slu.se](mailto:Karin.Blomback@mv.slu.se).



## Inledning

Problemen med utlakning av kväve från åkermark är kända sedan länge. Mineralkväve, främst nitrat, som transporteras djupare i markprofilen än vad grödornas rötter når, riskerar att lakas ut under perioder med avrinning. Hur stora kväveförlusterna blir beror bland annat på kvävegödsling, växtföljd, val av åtgärd och tidpunkt för jordbearbetning och vilka åtgärder som vidtas för att minimera förlusterna.

Förekomst av en insådd fånggröda, i fältförsök ofta engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.), har visat sig vara mycket viktigt för att reducera kväveförlusterna från åkermark (Aronsson et al., 1994; Aronsson, 2000; Stenberg et al., 1999). Det är av stort intresse att kunna bedöma till vilket djup och i vilken grad rajgräsets rötter växer i markprofilen dels under den del av året som huvudgrödan växer och tar upp kväve, och dels den del av året då enbart rajgräset tar upp kväve. Konventionella metoder för rotprovtagning där rötterna tvättas fram kräver riklig provtagning av jord och rötter under säsongen om man vill följa rottillväxt. En sådan metod kräver stora ytor och är dessutom destruktiv vilket speciellt i långliggande fältförsök kan leda till att försöksrutorna på längre sikt blir alltför störda.

Minirhizotroner för rotstudier har använts framgångsrikt under flera år i Sverige i studier på skogsmark (Majdi, 1994) och i energiskog (*Salix* spp.) (Hooshang Majdi, SLU, pers. medd.) men ej i konventionella åkergrödor. I USA har man använt metoden i ett flertal åkergrödor men aldrig i en insådd fånggröda (Majdi et al., 1992). I Danmark har en studie utförts av det maximala rotdjupet hos ett flertal olika fånggrödor insådda i renbestånd, dock ej engelskt rajgräs (Thorup-Kristensen, 1993). Metoden är destruktiv i mindre grad än konventionella metoder för rotstudier. Det är en stor fördel speciellt i långliggande försök.

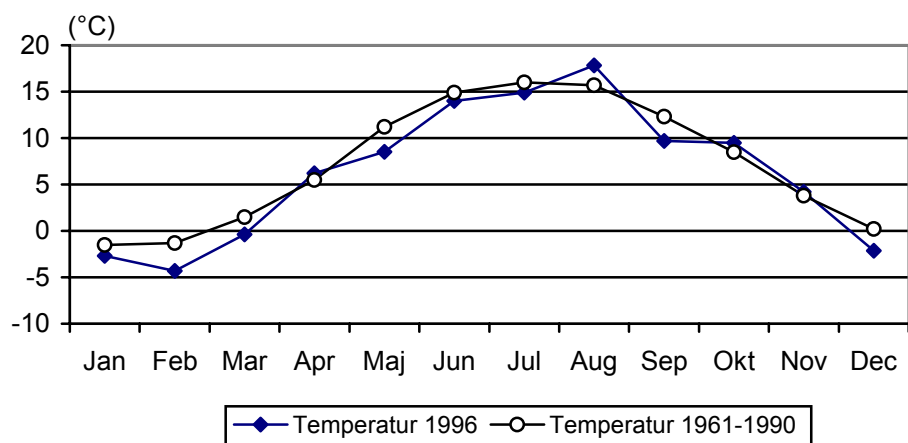
Vid Avdelningarna för jordbearbetning och vattenvårdslära, SLU, finns flera långliggande fältförsök inom projekt som rör frågor kring utlakning av växtnäringsämnen, främst kväve, i odlingssystem med och utan insådda fånggrödor, olika jordbearbetningsåtgärder och kvävegödslingsnivåer. Projekten finansieras av Jordbruksverket och SLU. Flera av fältförsöken inom nämnda projektet är placerade på Mellby, Halland. På Mellby finns även andra utlakningsförsök.

I den här studien har vi använt minirhizotronmetoden för att studera rotdjup och rotbiomassa hos engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.). Studien utfördes i ett utlakningsförsök på Mellby, Halland. I försöket jämfördes vårplöjning med och utan insådd fånggröda. Fånggrödan såddes in på våren i samband med sådd av vårvete. Den utrustning för filmning av rötter i minirhizotronrör som användes i studien fanns att tillgå vid Tönnersjöhedens försökspark, SLU, och finansierades ursprungligen av OK-fonden.

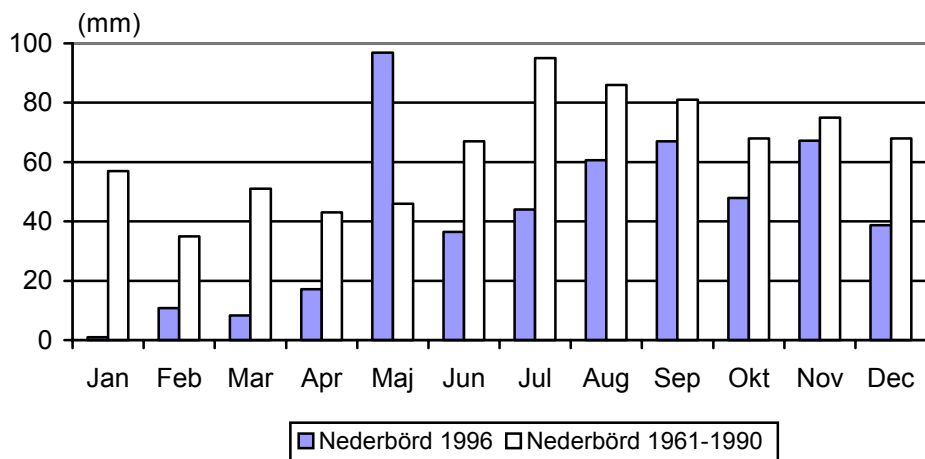
## Material och metoder

### Försöksplats

Vid sådd våren 1996 installerades 12 rhizotronrör (Taylor, 1987) per led till cirka 40 cm djup i ett pågående, långliggande fältförsök (R0-0044) på grovmojord i Mellby utanför Laholm i Halland. I försöket jämfördes effekten på kväveutlakning av vårplöjning med och utan engelskt rajgräs som fånggröda. Lerhalten i matjorden i försöket var 5-10 % och i alven mindre än 1 %. Mullhalten i matjorden var 5 %. Årsmedeltemperaturen var 7.2°C och årsmedelnederbörden var 773 mm (Genevad, 10 km norr om Mellby, 1961-1990; Alexandersson et al., 1991). Månadsvis temperatur och nederbörd visas i figur 1 och 2.



Figur 1. Månadsvis medeltemperatur 1996 vid Mellby och medel för 1961-1990 (Genevad).



Figur 2. Månadsvis nederbörd 1996 vid Mellby och medel för 1961-1990 (Genevad).

Försöket startades 1988. Varje år odlades vårsådda grödor med insådd fånggröda som såddes in i samband med sådd av huvudgrödan. De första åren användes italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum* Lam.) som fånggröda i försöket men sedan 1992 användes engelskt rajgräs. Alla led i försöket vårplöjdes. Försöksrutorna var 40 m \* 40 m och dränerade separat vilket gör det möjligt att mäta och provta mängden avrunnet vatten från respektive ruta. År 1996 var

huvudgrödan vårvete och fånggrödan engelskt rajgräs. Både vete och rajgräs såddes med 12,5 cm radavstånd och rajgräset såddes i en separat överfart. Försöket gödslades med 90 kg kväve ha<sup>-1</sup> omedelbart före sådd. Försöket har tidigare beskrivits av bland andra Lewan (1994), Blombäck & Eckersten (1997) och Aronsson & Torstensson (1998).

#### *Minirhizotronrör*

Sex rör per ruta installerades med 30° vinkel i fyra försöksrutor, numrerade 11-14, i försöket i samband med sådd 3 maj 1996 (figur 3). Rören installerades med hjälp av jordborr och man undvek att störa markprofilen runt rören. Rören installerades till cirka 40 cm djup då markens karaktär omöjliggjorde djupare installation. Varje rhizotronrör, som bestod av genomskinlig butyrat, var 60 cm långt då 20 cm placerades ovan markytan. Rörens innerdiameter var 5,1 cm och ytterdiameter 5,7 cm. Den ovanjordiska delen av röret målades svart och öppningen förslöts. Installationen av rören utfördes av personal från Tönnersjöhedens försökspark, Simlångsdalen, SLU, vilka även hade ansvaret för filmningarna.

x	x	x	x	x	x
13			14		
x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x
11			12		
x	x	x	x	x	x

*Figur 3. Försöksplan för försök R0-0044 med placering av rören (x) i respektive ruta, ruta 11 och 12 utan fånggröda och ruta 13 och 14 med fånggröda.*

#### *Filmning av rötter*

Filmningen av rötterna utfördes med en videokamera som sänktes ner i rören. Varje 1,35 cm intervall i rören filmades vid återkommande tillfällen så att samma rot kan följas från en tidpunkt till en annan. Markprofilen filmades sex gånger under säsongen: vid huvudgrödans axgång (3 juli) 1996, huvudgrödans gulmognad (13 augusti), efter skörd av huvudgrödan (5 september), 7 oktober, 13 november och 21 mars 1997, före plöjningen av försöksrutorna. Filmerna lagrades analogt på VHS videoband.

#### *Bildanalys I*

Efter filmningen av rotzonen digitaliserades och bearbetades filmerna manuellt för bestämning av rotbiomassa, rottillväxt och rottdjup (Majdi et al., 1992). Våren 1998 utfördes digitalisering och bildanalys av filmerna tagna 3 juli respektive 13 augusti, 1996. Från varje djup som filmades isolerades en stillbild. Med den metod som användes för analys av dessa



två filmer, studerades rotlängd, rot diameter och individuella rötters position genom manuell hantering av stillbilderna, d.v.s med hjälp av datorn pekverktyg markerades varje längd och bredd på varje enskild rot i bilden. Rötterna klassificerades vid analys av bilderna som nya, levande, döda eller försvunna. Stillbilden lagrades inte utan endast den digitala bilden av rötternas placering i respektive bild. Denna digitalisering och analys av bilderna utfördes under ledning av Hooshang Majdi, då vid Institutionen för ekologi och miljövärd, SLU. Mortalitet, produktion, omsättning och proportion överlevande rötter kan sedan bestämmas från mätningarna.

### *Bildanalys II*

Analys av rötterna i resterande fyra filmer (efter skörd av huvudgrödan 5 september, 7 oktober, 13 november och 21 mars 1997 före plöjningen av försöksrutorna) utfördes med automatiserad bildanalys (Hansson, 2001). Från filmerna mättes längd och diameter av varje förekommande rot på varje bildruta (höjd 1,35 cm, bredd 1,8 cm). Vid beräkning av höjden av respektive bildruta togs hänsyn till den vinkel med vilken rören var installerade, i det här fallet 30°. Varje rot klassificerades också som död eller levande men utan att följa enskilda rötter från film till film. Alltså har inte rötter klassificerats som ”nya”.

## Resultat och diskussion

*Tabell 1. Kärnskörd av vårvede ( $\text{kg ha}^{-1}$  vid 85 % ts) i september och torrsubstansmängd och totalkväve ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i ovanjordiskt plantmaterial från rajgräs, ogräs och stubb i oktober i respektive ruta 1996 i försök R0-0044, Mellby*

Ruta/led	11/UR <sup>1</sup>	12/UR	13/MR	14/MR	Medel UR	Medel MR	Sign. <sup>3</sup>
Kärnskörd ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	2680	2350	3290	2970	2520	3130	**
Torrsubstans ovanjordiskt plantmaterial ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	2400	1810	2330	2120	2100	2220	n.s.
Totalkväve i plantmaterial ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )	18,2 <sup>2</sup>	11,4	16,4	16,4	14,8	16,4	n.s.

<sup>1</sup> UR = utan rajgräs, MR = med rajgräs.

<sup>2</sup> Riklig förekomst av kvickrot i ruta 11.

<sup>3</sup> Statistisk signifikans: n.s. = ej statistiskt signifikant. \*\* =  $p < 0,01$ .

I tabell 1 visas kärnskörden av vårvede 1996 i respektive försöksruta (data från Avdelningen för vattenvårdslära, SLU). Den större kärnskörden i ledet med fånggröda kan förklaras av större tillgång på kväve i rutorna där rajgräs brukats ner årligen vilket ger ett tillskott av kväve genom ökad mineralisering från en relativt större pool med lättnedbrytbart organiskt material (Blombäck, 1998). Rajgräset och annat levande ovanjordiskt material provtogs en gång under hösten (tabell 1, data från Avdelningen för vattenvårdslära, SLU). I ruta 11 var förekomsten av kvickrot riklig. Det var till och med mer kväve i ovanjordiskt plantmaterial i den rutan än i rutorna med insådd fånggröda (13 och 14).

I tabell 2 visas den totala mängden rötter i respektive försöksruta som summa volym rötter i den filmade ytan av markprofilen. I tabell 3 visas totala antalet och i tabell 4 totala längden av rötterna i den filmade ytan. I båda dessa tabeller är alltså filmerna från de två första tillfällena (960703 och 960813) analyserade enligt den ursprungliga metoden (Hooshang Majdi, 1994)

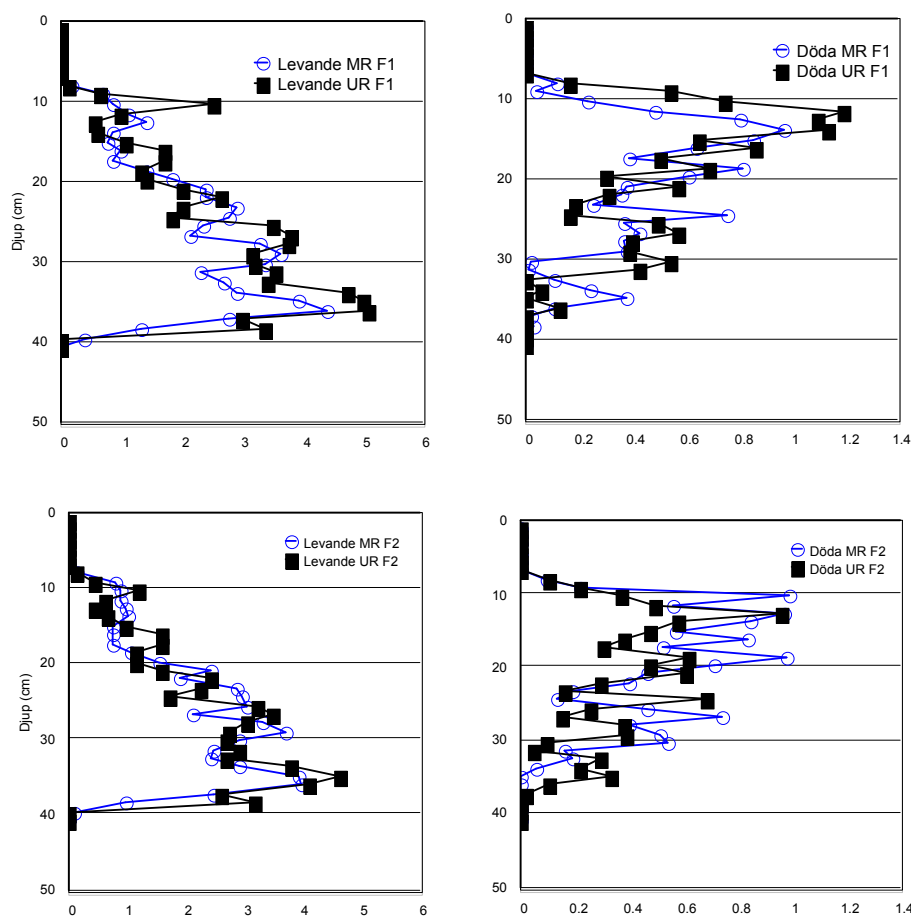
medan de fyra senare filmerna (960905, 961007, 961113 och 970321) är analyserade med automatiskt bildanalys (Hansson, 2001).

Tabell 2. Total volym ( $\text{mm}^3$ ) levande och döda rötter i 0-40 cm som medel av sex rör och två försöksrutor per led vid respektive datum 1996-1997 i försök R0-0044, Mellby

Led	UR <sup>1</sup>	MR <sup>1</sup>	Sign. <sup>2</sup>	UR	MR	Sign. <sup>2</sup>	UR	MR	Sign. <sup>2</sup>
Datum	Total volym	Total volym		Levande rötter	Levande rötter		Döda rötter	Döda rötter	
960703	75,3	68,2	n.s.	67,6	57,8	n.s.	7,7	10,4	n.s.
960813	71,4	68,4	n.s.	62,2	56,7	n.s.	9,2	11,7	n.s.
960905	70,4	56,5	n.s.	55,0	44,1	n.s.	15,3	12,5	n.s.
961007	59,6	54,7	n.s.	52,7	42,2	n.s.	6,9	12,5	n.s.
961113	43,7	39,2	n.s.	37,8	31,0	n.s.	5,9	8,3	n.s.
970321	22,9	23,0	n.s.	17,7	15,3	n.s.	5,2	7,7	n.s.

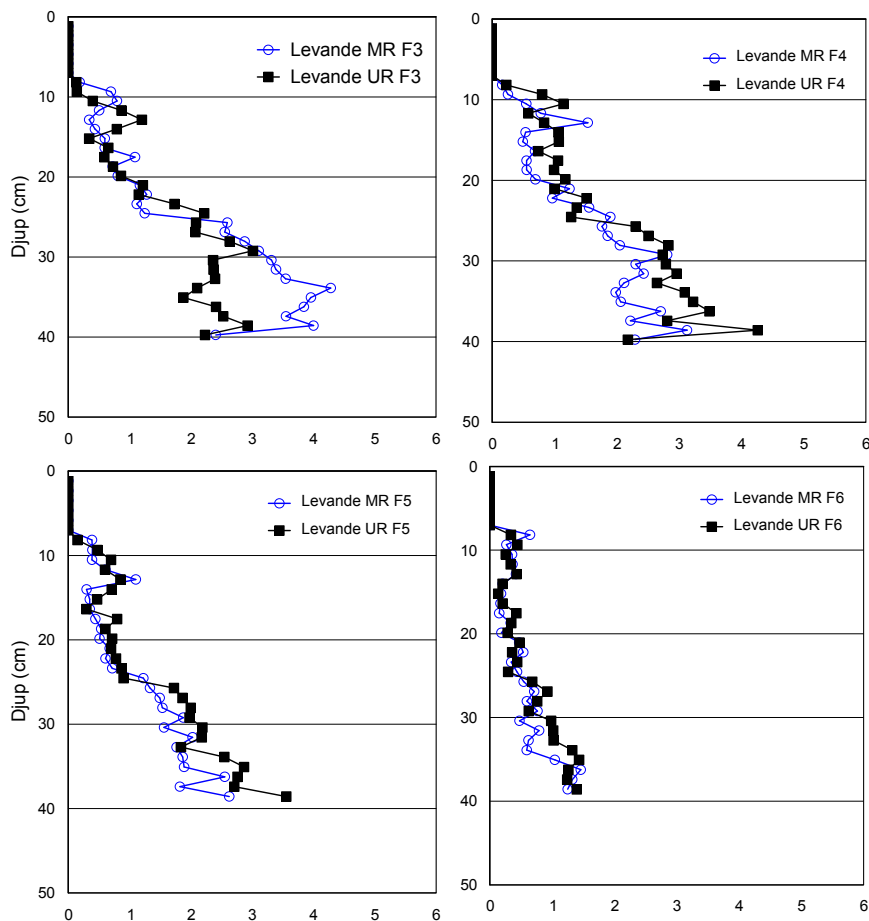
<sup>1</sup> UR = utan rajgräs, MR = med rajgräs.

<sup>2</sup> Statistisk signifikans: n.s. = ej statistiskt signifikant.



Figur 4. Volym levande och döda rötter ( $\text{mm}^3$ ) i respektive led som medel av två rutor per led och 6 rör per ruta (F1=960703, F2=960813, UR=utan rajgräs, MR=med rajgräs).

I figur 4 visas rötternas fördelning på olika djup i profilen vid de två första tidpunkterna för filmning av rötter. Mängden levande rötter var likartad i de bägge leden både vid huvudgrödans axgång (3 juli) och vid dess gulmognad (13 augusti). Skillnaderna mellan enskilda rutor var relativt stor, större än mellan försöksleden. Den stora mängden kvickrot i ruta 11 (enligt provtagning i oktober) speglas däremot i den relativt stora mängden nya rötter på ca 10 cm djup vid den andra filmningen i ledet utan rajgräs (figur 4). Dessa nya rötter är troligen delvis kvickrotsutlöpare. Även i andra försök på Mellby fanns det rikligt med kvickrot i vårplöjda led 1996 (Stenberg, 1998; Stenberg et al., 1999).



Figur 5. Volym levande rötter ( $\text{mm}^3$ ) i respektive led som medel av två rutor per led och 6 rör per ruta (F3=960905, F4=961007, F5=961113, F6=970321, UR=utan rajgräs, MR=med rajgräs).

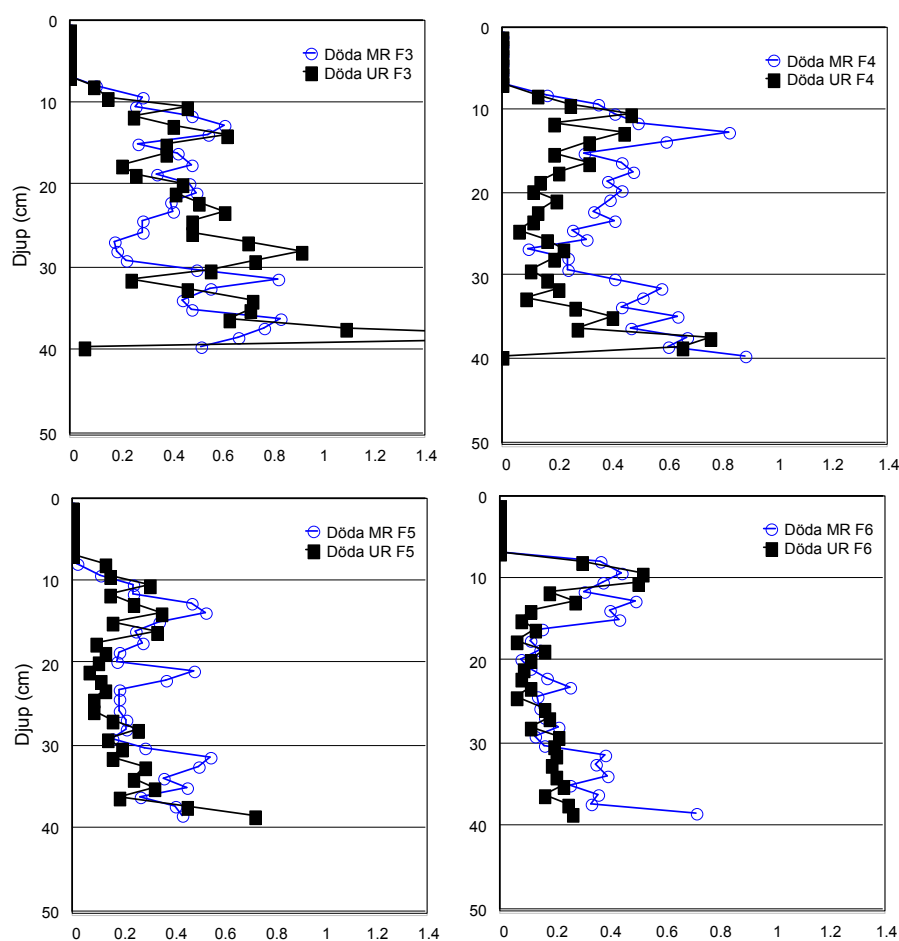
Det finns inget som tyder på att rajgräsrötterna skulle ha ökat nämnvärt i mängd eller antal mellan de båda första tidpunkterna för filmningarna. Det var troligen först efter huvudgrödans skörd som rajgräsets rottillväxt satte fart. Vid den andra filmningen (13 augusti) registrerades fortfarande den absolut största andelen av rötterna som levande, vilket betyder att huvudgrödans rötter ännu inte börjat dö i någon större omfattning. Vid de fyra senare tidpunkterna för filmning (960905, 961007, 961113 och 970321) var skillnaderna i rotmängd och rotantal små, både med avseende på levande och på döda rötter (tabell 2 samt figur 5 och 6). I november började mängden rötter att minska jämfört med tidigare tidpunkter. Vid vårfilmningen var speciellt mängden levande rötter mindre än under föregående höst. Fortfarande klassificerades dock den större delen av rötterna som levande.

Tabell 3. Totala antalet levande och döda rötter i 0-40 cm som medel av sex rör och två försöksrutor per led vid respektive datum 1996-1997 i försök R0-0044, Mellby

Led	UR <sup>1</sup>	MR <sup>1</sup>	Sign. <sup>2</sup>	UR	MR	Sign. <sup>2</sup>	UR	MR	Sign. <sup>2</sup>
Film	Total mängd	Total mängd		Levande rötter	Levande rötter		Döda rötter	Döda rötter	
960703	173	163	n.s.	147	138	n.s.	26	25	*
960813	171	155	n.s.	140	128	n.s.	31	27	n.s.
960905	474	428	n.s.	291	260	n.s.	183	168	n.s.
961007	476	445	n.s.	366	276	n.s.	110	170	n.s.
961113	386	349	n.s.	283	223	n.s.	103	124	n.s.
970321	337	343	n.s.	218	190	n.s.	119	153	n.s.

<sup>1</sup> UR = utan rajgräs, MR = med rajgräs.

<sup>2</sup> Statistisk signifikans: n.s. = ej statistiskt signifikant. \* =  $p < 0,05$ .



Figur 6. Volym döda rötter ( $\text{mm}^3$ ) i respektive led som medel av två rutor per led och 6 rör per ruta (F3=960905, F4=961007, F5=961113, F6=970321, UR=utan rajgräs, MR=med rajgräs, D=döda rötter).

Det maximala rotdjupet för vårsådda spannmålsgrödor på försöksplatsen har tidigare bedömts till cirka 35 cm vilket också visades i den här studien (figur 4, 5 och 6). På djup större än 35

cm minskar förekomsten av rötter i markprofilen kraftigt för att vara försumbar vid 40 cm djup. Enligt båda metoderna för bildanalys ökar mängden levande rötter med djupet i markprofilen medan de döda rötterna har störst koncentration i övre delen av matjorden. Det skulle kunna bero på att de rötter som klassificeras som döda är rötter från föregående gröda. Om det är fallet så är minirhizotronmetoden mindre bra för att studera rotdynamiken i spannmålsgrödor med eller utan fånggrödor. För att utröna detta bör metoden ytterligare utvärderas genom provtagning av rötter parallellt med filmningarna.

Rajgräsrötternas tillväxtdynamik efter skörd av huvudgrödan är naturligtvis av stort intresse, liksom huruvida rötter dött eller nybildats under vintern. I leden utan fånggröda växte en del ogräs under hösten, särskilt i ruta 11 där kvickrotsförekomsten var riklig. Hur rajgräset respektive ogräs koloniserar olika djup i markprofilen kan ge värdefull information för att tolka resultatet av utlakningsmätningar i försöket. Likaså hur och när huvudgrödans rötter dött och försvunnit under höst och vinter är intressant. Här snarare ökade än minskade rotmängden med djupet ner till ca 40 cm djup där rotmängden drastiskt avtog på grund av markförhållandena på denna jord. Mängden levande rötter minskade dock senare på hösten och då avtar troligen också fånggrödans upptag av kväve. Den totala mängden levande rötter var tämligen lika under spannmålsgrödans tillväxtperiod jämfört med fånggrödans och ogräsets tillväxt under den tidigare delen av hösten.

## Slutsatser

Förekomsten av rötter var mycket riklig i markprofilen enligt analys av filmerna från alla de sex tidpunkterna som analyserades. Både 3 juli och 13 augusti var totala volymen levande rötter, antalet levande rötter och totala längden levande rötter större i ledet utan insådd fånggröda än i ledet med rajgräs som insådd fånggröda i den filmade ytan i 0-40 cm. Det kan bero på riklig förekomst av kvickrot, speciellt i den ena av de två försöksrutorna utan rajgräs eller att stråsåden haft ett större rotsystem i dessa rutor än rajgräs och stråsåd i rutor med rajgräs. Kärnskorven av vårvete var dock lägre i ledet utan rajgräs. Rötter från olika arter av gräs gick ej att skilja från varandra på filmerna.

## Litteratur

- Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. 1991. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler. SMHI. Meteorologi no. 81. Norrköping. 88 pp.
- Aronsson, H. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 214. Doktorsavhandling.
- Aronsson, H., Stenberg, M., Lindén, B. Gustafson, A., Rydberg, T. 1994. Soil tillage systems with and without a catch crop - nitrogen mineralization and risk of nitrate leaching. In: "Proceeding of NJF seminar no. 245, The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion", Knivsta, 3-4 Oct. 1994. NJF-utredning/rapport nr. 99, pp. 93-104.
- Aronsson, H., Torstensson, G. 1998. Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crops. *Soil use and Management* 14, 6-13.
- Blombäck, K. 1998. Carbon and nitrogen in catch crops systems. Modelling of seasonal and long-term dynamics in plant and soil. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 134. Doktorsavhandling.

- Blombäck, K., Eckersten, H. 1997. Simulated growth and nitrogen dynamics of a perennial rye grass. *Agricultural and Forest Meteorology* 88, 37-45.
- Hansson, J. 2001. Image analysis, an approach to measure grass roots from images. Högskolan i Skövde. Institutionen för datavetenskap. Examensarbete 2001. HS-IDA-MD-01-302.
- Lewan, E. 1994. Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements. *Plant and Soil* 166, 137-152.
- Majdi, H. 1994. Effects of nutrient applications on fine-root dynamics and root/rhizosphere chemistry in a Norway spruce stand. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology and Environmental Research. Report no. 71, Uppsala 1994.
- Majdi, H., Smucker, A.J.M., Persson, H. 1992. A comparison between minirhizotron and monolith sampling methods for measuring root growth of maize (*Zea mays* L.). *Plant and Soil* 147, 127-134.
- Stenberg, M. 1998. Soil tillage influences on nitrogen conservation. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 129. Doktorsavhandling.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res.* 50, 115-125.
- Taylor, H.M. 1987. Minirhizotron observation tubes: Methods and applications for measuring rhizosphere dynamics. ASA Spec. Publ. no. 50. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Thorup-Kristensen, K. 1993. Root development of nitrogen catch crops and of a succeeding crop of broccoli. *Acta Agric. Scand., Sect. B. Soil and Plant Sci.* 43, 58-64.

**Institutionen för jordbruksvetenskap Skara** bildades den 1 januari 1997 genom sammanslagning av Västra husdjursförsöksdistriktet och Västra jordbruksförsöksdistriktet, SLU. I institutionen ingår **Avdelningen för husdjursproduktion** och **Avdelningen för mark-växter**. Verksamheten har som mål att åt jordbruket utveckla metoder, system och hjälpmedel, som förbättrar möjligheterna att med god lönsamhet producera grödor och animalier under miljö- och djurvänliga produktionsformer. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.

Serien *Tekniska rapporter* tar sikte på att fortlöpande informera om aktuella resultat från pågående undersökningar.

---

**Distribution:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för jordbruksvetenskap Skara  
Box 234  
532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: [Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se](mailto:Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se)  
Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

Pris: 50:- (exkl. moms)