



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

STUDIER AV ROTUTVECKLING OCH MARKVATTENHALT I FÖRSÖK MED MARKTÄCKNING

Anders Båth



Examensarbete
Handledare: Harry Linnér

Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics

Avdelningsmeddelande 93:7
Communications

Uppsala 1993

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--93/7--SE

Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

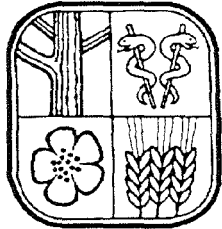
Distribution:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Box 7014
750 07 UPPSALA

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics
P.O. Box 7014
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

Tel. 018-67 11 85, 67 11 86

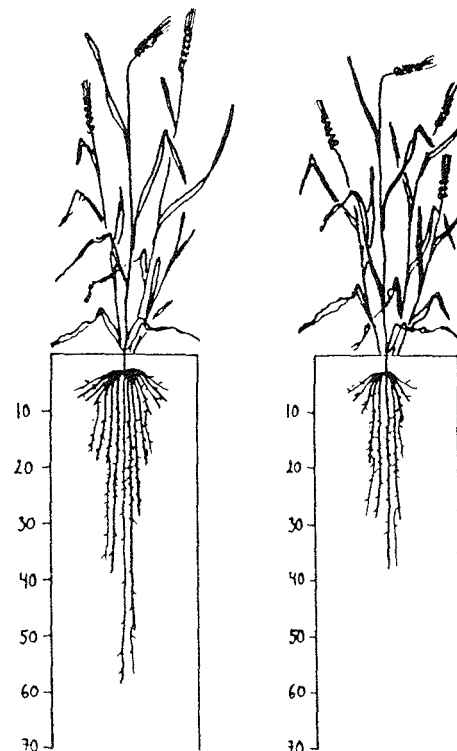
Tel. +46-(18) 67 11 85, +46-(18) 67 11 86



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

STUDIER AV ROTUTVECKLING OCH MARKVATTENHALT I FÖRSÖK MED MARKTÄCKNING

Anders Båth



**Examensarbete
Handledare: Harry Linnér**

**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 93:7
Communications**

Uppsala 1993

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--93/7--SE

INLEDNING	5
LITTERATURGENOMGÅNG	6
Igenslamning och förhårdnande	6
Skorpbildning	6
Allmänt förhårdnande	6
Latent bottenlagerförhårdnande	6
Igenslamningens betydelse för olika markprocesser	6
Rotutveckling	7
FÖRSÖKSPLATSER OCH FÖRSÖKSBETINGELSER	8
Försöksplan för fältförsöken	8
Markfysikaliska analyser	8
Nibble	9
Norrback	12
Ålbo	15
Nederbörd	18
METODBESKRIVNING	18
Rotstudier	18
Vattenhaltsprovtagning	20
Temperatur	20
Luftgenomsläpplighet	20
DISKUSSION OCH RESULTAT	21
Marktemperatur	21
Markstruktur	23
Avdunstning och vatteninnehåll	23
Nibble	24
Norrback	26
Ålbo	29
Rotstudier	32
1989	32
1990	32
1991	33
SAMMANFATTNING	34
SUMMARY	35
LITTERATURFÖRTECKNING	36
APPENDIX, STUDIER AV ROTUTVECKLING	37
Ålbo 1989. Havre	39
Nibble 1989. Korn	42
Norrback 1989. Havre	45
Ålbo 1990. Havre	48
Nibble 1990. Korn	51
Norrback 1990. Havre	56
Ålbo 1991. Havre	62
Norrback 1991. Korn	66
Fältplan för försöken	71

INLEDNING

Under de senaste årtiondena har en stor andel av våra odlade jordar fått en försämrad markstruktur och därmed försämrade fysikaliska egenskaper. En bedömning baserad på forsknings- och försöksresultat i Norden är att spannmålsskördarna idag skulle ha varit 10 - 20 % högre per hektar, med nuvarande insatser av produktionsmedel om jordarnas struktur och fysikaliska egenskaper varit lika bra som för 40 - 50 år sedan. Eller om man vänder på problemet, vi har under de senare decennierna kompenserat för dessa markfysikaliska försämringar med en allt större insats av produktionsmedel.

En bra markstruktur är en förutsättning för en säker odling och hög nyttjandegrad av tillförda näringsämnen och för minimalt näringsläckage, eftersom en bra markstruktur ger förutsättningar för en bättre rotutveckling.

En orsak till den försämrade markstrukturen är minskad mullhalt i marken. Minskningen av mullhalten beror till en del på minskad andel vall i växtföljden och minskad mängd stallgödsel som tillförs marken. Konsekvensen av den försämrade markstrukturen skiljer sig beroende på jordart. Jordarna i de försök vilka detta arbete ligger till grund för är struktursvaga jordar med stort inslag av mjäla.

Ett problem med de mullfattiga, struktursvaga mjälarika jordarna är dess kapillära egenskaper. Efter det att en sådan jord slammats igen av regn, kan den kapillära upptransporten av vatten under upptorkningsförloppet tömma hela matjordslagret på vatten. Det är då viktigt att man snabbt bryter denna kapillaritet, vilket traditionellt göres med en lätt harvning. En sådan "skorparvning" ger ju naturligtvis också negativa effekter på grödan.

Att på dessa jordar finna en brukningsmetod som ökar mullhalten eller på annat sätt skyddar jorden från att slamma igen skulle öka odlingssäkerheten betydligt. Under åren 1989 - 1991 har det, i detta syfte, gjorts försök med att täcka marken omedelbart efter sådd med organiskt material. Marktäckningen är tänkt att skydda marken från att slammats igen vid häftiga regn, samt att minska avdunstningen.

I detta arbete redovisas och diskuteras hur rotutveckling, vattenhalt, marktemperatur, markstruktur och luftgenomsläpplighet påverkas av en sådan marktäckning. Effekter på avkastning och kvalitet, beskrivning av maskintekniken vid marktäckningen m m finns beskrivet av Danfors & Linnér (1993).

LITTERATURGENOMGÅNG

Igenslamning och förhårdnande

Ett rikligt regn med hög intensitet på en bar markyta har en slammande effekt på jorden (Brady, 1984, s. 537). En del av den uppslammade jorden transporteras med regnvattnet ner i sprickor och grövre porer i marken. En del förs bort med ytvattenströmmar, yterrosion, och en del avlagras i svackor och fåror. När marken åter torkar upp efter en sådan slamning uppstår en förhårdnad. Denna förhårdnad kan uppträda på flera olika sätt, beroende på jordart och regnets mängd och intensitet (Heinonen, 1982). Man kan skilja mellan några olika typer av förhårdnande.

Skorpbildning

Skorpbildning förekommer typiskt på lättare och medelstyva lerjordar när en finbrukad såbädd har igenslammats och sedan torkar upp. Det bildas då en ytskorpa som vanligen är 1 - 3 cm tjock. Underlaget är oförändrat (Heinonen, 1982).

Allmänt förhårdnande

På mer struktursvaga jordar, mo och mjälajordar, igenslammats lättare hela harvningsslagret och förhårdnandet fortsätter utan klara gränser djupare ner i jorden när det torkar upp (Heinonen, 1982).

Latent bottenlagerförhårdnande

På strukturstabilar lerjordar kan ett ihållande svagt regn lämna ytskiktet opåverkat, men det kan leda till vattenmättnad i såbäddens finare bottenlager varvid detta sammansmälter med harvbotten när det torkar upp (Norling, 1980).

Det förekommer naturligtvis också andra former, mellanformer och kombinationer av de olika typer av förhårdnande som här beskrivits.

Igenslamningens betydelse för olika markprocesser

Så länge det igenslammade skiktet är vattenmättat är luftgenomsläppligheten där obefintlig, men så snart det torkar upp skapas återigen förutsättningar för luftväxling i marken. Om vattenmättnaden blir långvarig kan det förorsaka syrebrist i marken. Den tid som det slammade skiktet är vattenmättat är, vid svenska förhållanden, normalt för kort för att någon beståndsskada på grund av syrebrist skall uppstå (Heinonen, 1982).

Markens förmåga att mottaga och släppa igenom vatten utan att ytavrinning sker är större ju luckrare jorden är. Igenslamningen gör en jord mindre lucker och försämrar därmed markens genomsläpplighet kraftigt (Sharma m fl, 1981).

En tunn ytskorpa med få sprickor minskar avdunstningen från marken (Bresler & Kemper, 1970). I en jord där allmänt förhårdnande uppstått skapas kapillär förbindelse genom hela matjordslagret och avdunstningen ökar (Heinonen, 1982).

En förhårdnad utgör också ett mekaniskt hinder för grodden, i värsta fall kan förhårdnandet omöjliggöra för grodden att komma upp. I en situation med allmän bottenlagerförhårdnad drabbas också rötterna av detta mekaniska motstånd (Heinonen, 1982).

Rotutveckling

Den första tiden sker rottillväxten med hjälp av den reservnäring som är lagrad i kärnan. Rötternas tillväxt börjar omedelbart efter groningen och pågår i ca 5 - 6 dygn, därefter sker en omdisponering av resurserna från rotutveckling till bladutveckling. Den fortsatta rotutvecklingen kommer sedan åter igång när reservnäringen är slut och plantan försörjer sig helt på assimilation av koldioxid från luften, vilket sker efter ytterligare ca 5 - 6 dygn (Williams, 1960). Rötternas tillväxthastighet kan vara upp till 2 - 3 cm/dygn (Eriksson, 1978).

Den egentliga tillväxten sker i den yttersta spetsen på roten (meristemet) där celldelningen äger rum. Några millimeter ovanför celldelningszonen börjar cellsträckningen. Det är denna cellsträckning som trycker roten framåt. Ovanför cellsträckningszonen utvecklas rothåren. Det är i rothårszonen, upp till några centimeter lång, som det huvudsakliga vatten och näringsupptaget sker (Salisbury & Ross, 1985).

Hur djupt en plantas rotsystem växer, vilken utbredning det har, och även hur det ser ut beror till stor del på hur miljön ser ut där den växer. I en välagg-regerad lera kan rötterna i vårstråsåd växa ner till ca 1,5 m djup (kornets rötter når ofta ett större djup än havrens). Höstgrödornas rotsystem växer till ännu större djup. I en sandjord växer rötterna ofta inte djupare än plogdjupet, detta kan bero på mekaniskt motstånd, avsaknad av näring eller dålig vattentillgång under plogdjupet (Wiklert, 1960). Andra "problemjordar" där rötterna har svårt att nå större djup kan vara mulljordar (lågt pH i alvens övre del och låg syrehalt), gyttja och gyttjeleror (lågt pH i alven) (Berglund, 1979). En grupp "problemjordar" är mjäla och mjälaleror. Dessa har ofta en svag struktur stabilitet vilket ger täta jordar där rötterna på grund av mekaniskt motstånd har svårt att nå större djup (Andrén, 1985).

Där jorden är alltför packad och tät så räcker inte det axiala tillväxttrycket som uppstår vid cellsträckningen till för att tränga undan jorden framför roten. Rotens tillväxt sker då radiellt bakom rotspetsen. Denna expansion fungerar som en kil och minskar jordens motstånd framför spetsen. I inte allt för tillpackad jord kan rötterna på så sätt långsamt växa vidare, men det orsakar ofta en stagnation i grödans utveckling (Abdulla m fl, 1969). En "frisk" rot med 0,5 mm diameter kan ha en absorberande yta som är 5 cm²/cm rot. För en rot som växer i för tät jord minskar den absorberande ytan betydligt (Eriksson, 1978).

FÖRSÖKSPLATSER OCH FÖRSÖKSBETINGELSER

Detta avsnitt är hämtat ur Danfors & Linnér (1993).

Undersökningarna genomfördes på tre gårdar i Västmanlands län. Försöksvärdar var lantbrukarna Sven Erik Johansson, Nibble, Torstuna; Göran Vangbo, Ålbo, Västerfärnebo och Kurt Hansson, Norrbäck, Sala.

Försöksplan för fältförsöken

Den här redovisade undersökningen planerades pågå i minst tre år på tre platser för att effekterna av marktäckning skulle kunna studeras på olika jordar och under olika väderleksförhållanden. Fältförsöken skulle vara så stora att maskinell teknik för spridning av vallmaterial och halm kunde utnyttjas.

Följande försöksled ingick:

- A Utan marktäckning
- B Marktäckning med ensilage, cirka 5 ton torrsbstans per ha
- C Marktäckning med hackat hö, cirka 5 ton torrsbstans per ha
- D Marktäckning med hackad halm, cirka 5 ton torrsbstans per ha

- N0 Utan kväve
- N1 40 kg kväve per ha
- N2 80 kg kväve per ha
- N3 120 kg kväve per ha

V = Marktäckning på våren efter sådden

H = Tillförsel och grund inbrukning av organiskt material på hösten

Totalt omfattade varje försök 64 rutor med måtten 15 x 12 m. På halva försöksytan (två block) tillfördes växtmaterialet på våren och på halva under hösten efter skörden. Försöken bearbetades grunt under försöksperioden. Fältplanen visas i appendix, figur 33.

Grödan i försöken var korn eller havre. Grundgödsling med fosfor och kalium gavs med de mängder som försöksvärdarna använde.

Markfysikaliska analyser

Prover för bestämning av jordarnas mekaniska sammansättning uttogs våren 1989 före försöksutläggningen. Nibbleförsöket låg på en sluttning där jordarten varierade mellan blocken medan de andra två försöken låg på plan mark. Resultat av analyserna redovisas i tabell 1.

Prov för omfattande markfysikalisk analys uttogs på en plats inom varje försök. Analyserna utfördes på laboratoriet vid Avdelningen för hydroteknik, Institutionen för markvetenskap. På volymsäkra cylinderprover uttagna i varje decimeterskikt ned till en meters djup bestämdes bland annat porvolym, materialvolym, vissningsgräns, vatteninnehåll vid olika tension, skrymdensitet, mängden växttillgängligt vatten och genomsläpplighet för vatten. Resultaten

*avdelning
parallella*

av de markfysikaliska analyserna redovisas i tabellerna 2 - 10 och i figurerna 1 - 6.

Tabell 1. Jordarnas mekaniska sammansättning i viktsprocent samt jordartsbeteckning

Plats	Skikt, cm	Sand	Mo	Mjåla	Ler	Mull	Jordartsbeteckning
Nibble	0-20	2	28	30	37	2,4	nmh mjålig mellanlera styv lera
	20-40	5	25	28	42	1,3	
Norrback	0-20	3	27	35	32	2,6	nmh mjålig mellanlera mjålig styv lera
	20-40	1	26	30	43	0,2	
Ålbo	0-20	6	13	36	41	4,2	mmh mjålig styv lera mjålig styv lera
	20-40	2	8	31	59	0,2	

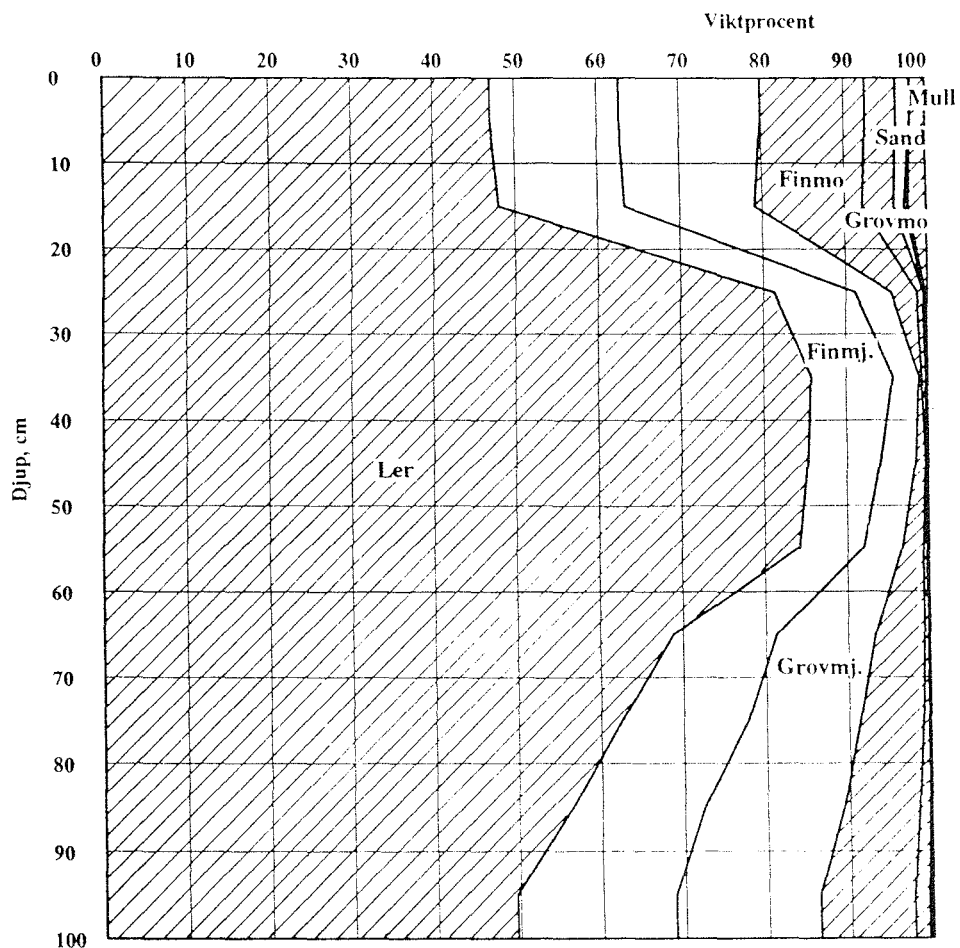
Nibble

Profilen uttogs 1977 cirka 100 meter nordväst om försöksplatsen. Jordarten är någont mullhaltig styv lera i matjorden och mycket styv lera i alven (tabell 2 och figur 1). Lerhalten var högre än i de prover som togs ut inom försöket.

Av tabell 3 och figur 2 framgår att porvolymen är knappt 50 %. I skiktet 20 - 30 cm är porvolymen lägre. Tömningen av porsystemet är liten vid låg tension. Vid dränering till en meters djup avrinner cirka 37 mm. Vissningsgränsen bestämdes fysikaliskt med övertrycksteknik. Ned till en meters djup finns vid vissningsgränsen 349 mm vatten lagrat i profilen. Mängden växttillgängligt vatten vid dränering till en meters djup är 99 mm varav 29 mm finns i nivån 0 - 30 cm. Mängden växttillgängligt vatten i profilen är således relativt liten.

Tabell 2. Kornstorleksfördelning och mullhalt (viktsprocent av fraktionen) i profilen från Nibble 1977

Djup cm	Ler	Finmjåla	Grovmjåla	Finmo	Grovmo	Mellansand	Grovsand	Mull
0- 10	47,1	15,7	17,1	12,8	3,7	1,7	0,1	1,9
10- 20	48,0	15,3	15,8	13,1	3,8	1,3	0,5	2,3
20- 30	81,3	9,8	4,4	3,2	0,8	0,1	0,1	0,3
30- 40	85,8	9,9	3,2	0,3	0,5	0,1	0,0	0,1
40- 50	85,3	8,8	4,4	1,2	0,3	0,1	0,0	0,0
50- 60	84,2	7,8	4,7	2,6	0,5	0,2	0,1	0,0
60- 70	68,8	12,5	12,0	6,0	0,5	0,1	0,1	0,0
70- 80	62,6	15,2	13,5	7,7	0,7	0,1	0,1	0,0
80- 90	56,5	15,9	16,9	9,2	1,3	0,2	0,1	0,0
90-100	49,6	19,3	17,3	11,6	1,7	0,4	0,1	0,0



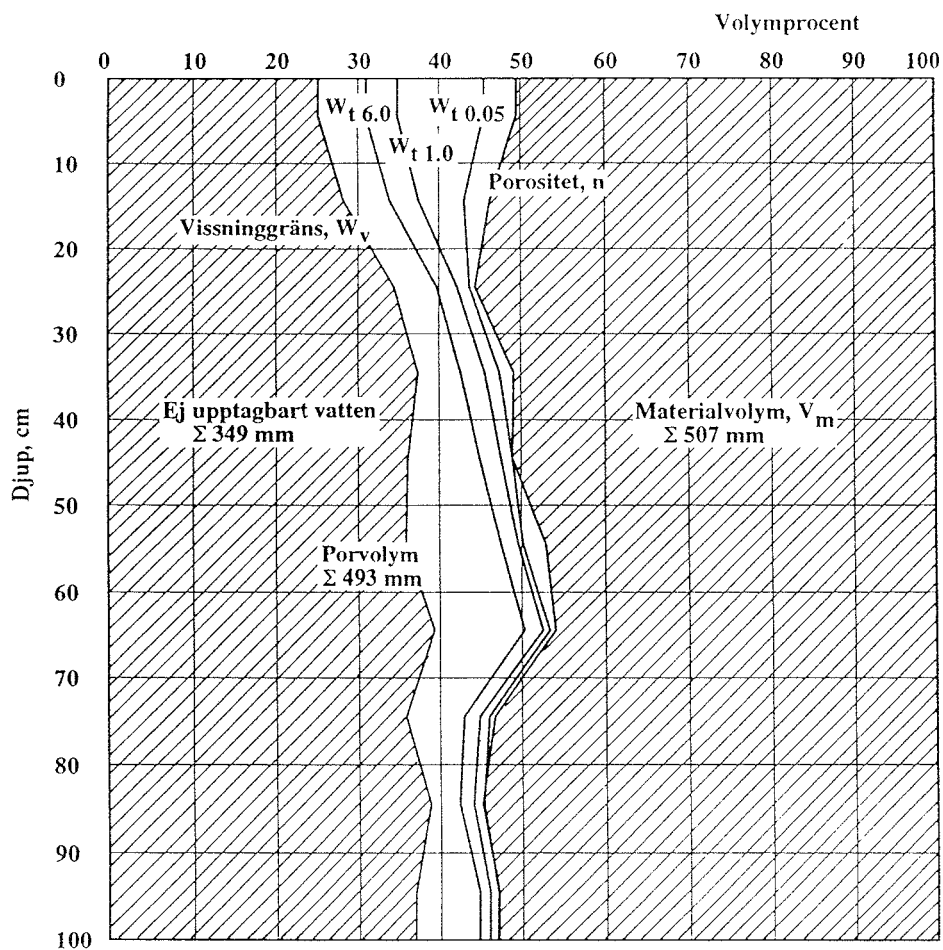
Figur 1. Kornstorleksfördelning i markprofilen från Nibble.

Tabell 3. Sammanställning av viktigare fysikaliska data från markprofilen vid Nibble 1977

Djup, cm	Por- volym, %	Vol-% vatten vid olika tension,				Kompakt- densitet g/cm ³	Torr skrym- densitet g/cm ³
		0,05 m vp	1,0	6,0	150		
0- 10	49,5	45,5	34,9	31,0	25,7	2,62	1,32
10- 20	46,2	43,1	37,5	33,9	28,2	2,63	1,41
20- 30	44,4	43,7	42,2	39,7	34,4	2,70	1,50
30- 40	49,1	47,4	45,6	42,6	37,4	2,73	1,39
40- 50	48,9	48,9	47,5	44,9	36,1	2,69	1,37
50- 60	52,9	50,2	49,6	47,5	35,9	2,72	1,28
60- 70	54,0	53,3	52,5	50,3	39,3	2,72	1,25
70- 80	46,7	46,0	44,8	42,9	35,8	2,69	1,43
80- 90	45,1	45,3	44,0	42,3	38,8	2,69	1,48
90-100	47,1	47,0	46,0	44,7	36,9	2,72	1,44

444,6

348,5



Figur 2. Volymförhållanden i markprofilen från Nibble. Vatteninnehåll vid tensionsvärdena 0,05, 1,0 och 6,0 m vp samt vid vissningsgränsen anges.

Genomsläppligheten för vatten är god i matjorden men låg eller mycket låg i alven (tabell 4).

Tabell 4. Vattengenomsläpplighet vid Nibble 1 tim (K_1) och 24 tim (K_{24}) efter mätningens början

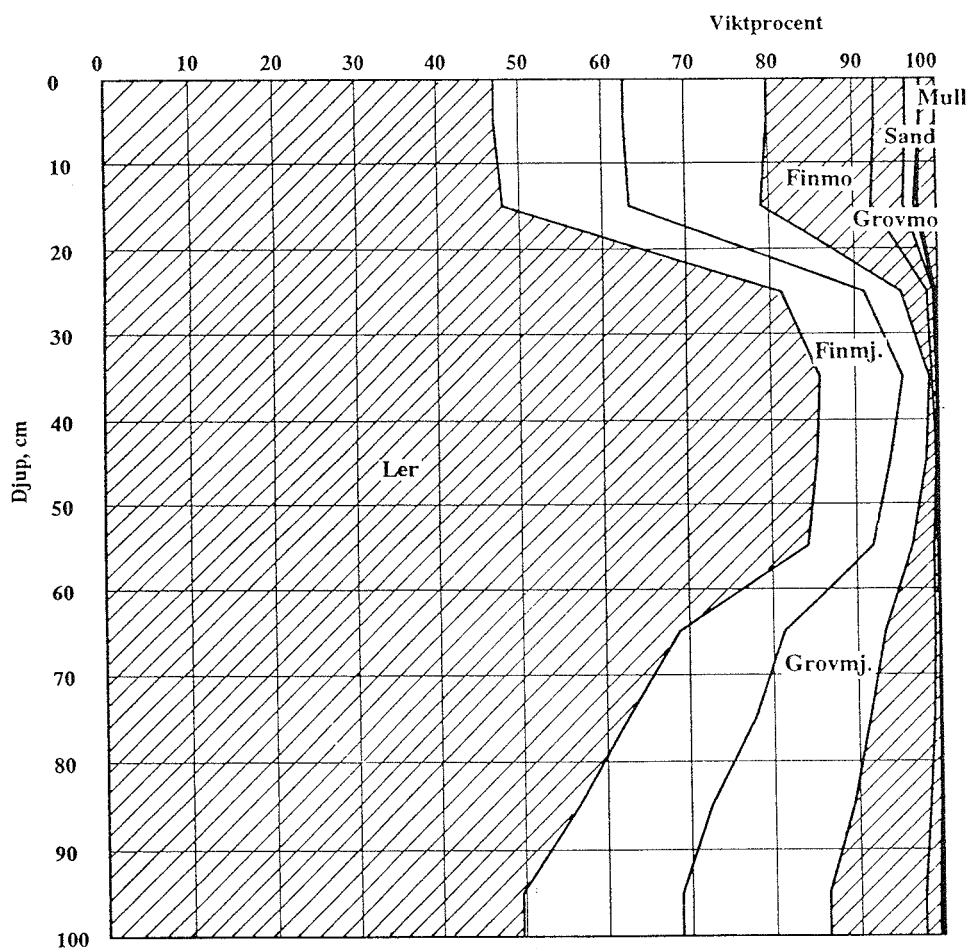
Djup, cm	K_1 , m/dygn	K_{24} , m/dygn
0- 10	2,91	1,47
10- 20	0,73	0,48
20- 30	0,20	0,12
30- 40	0,10	0,09
40- 50	0,04	0,0038
50- 60	0,02	0,0
60- 70	0,01	0,0
70- 80	0,28	0,13
80- 90	0,12	0,02
90-100	3,71	2,95

Norrback

Profilen uttogs under sommaren 1989 inom försöksplatsen. Jordarten är något mullhaltig styv lera i matjorden och mycket styv lera i alven (tabell 5 och figur 3).

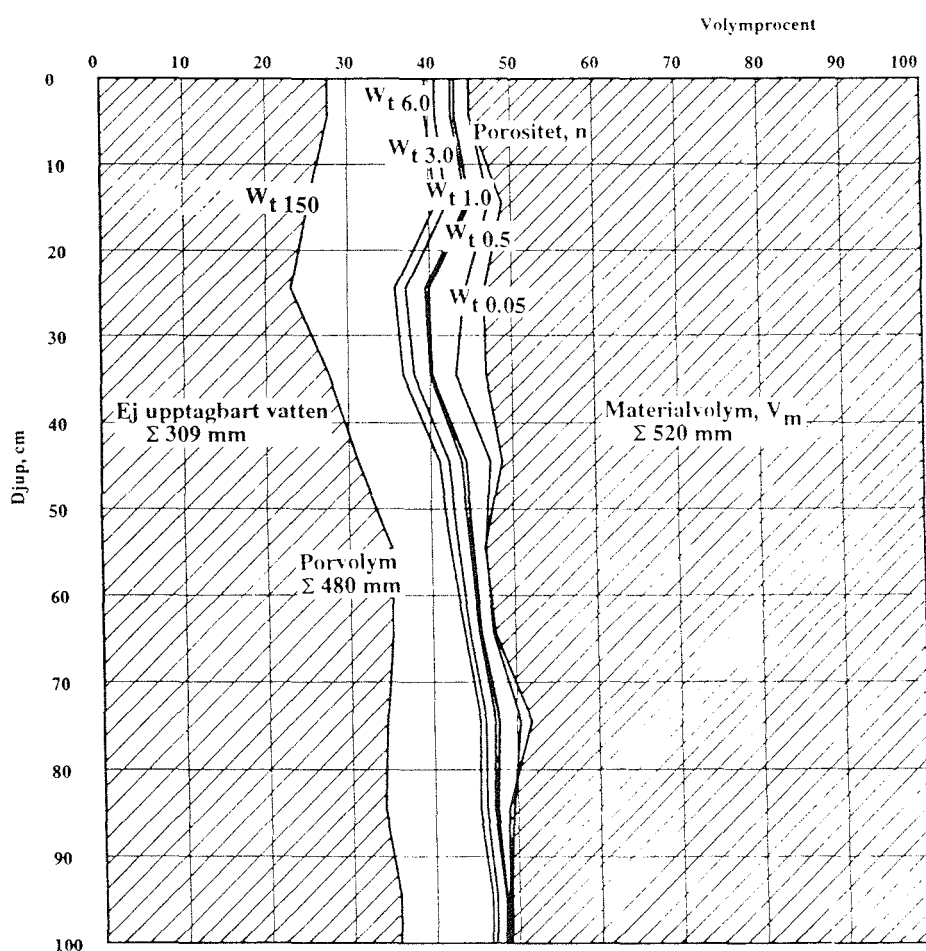
Tabell 5. Kornstorleksfördelning och mullhalt (viktsprocent av fraktionen) i profilen från Norrbäck 1989

Djup cm	Ler	Fin- mjäla	Grov- mjäla	Finmo	Grov- mo	Mellan- sand	Grov- sand	Mull
0- 10	53,4	21,2	9,4	7,5	3,1	1,6	1,0	2,8
10- 20	54,0	20,0	9,2	8,2	3,3	1,7	1,0	2,6
20- 30	50,0	20,6	12,8	7,6	3,7	2,0	1,3	1,8
30- 40	56,1	21,3	10,9	5,4	2,9	1,6	0,7	1,0
40- 50	63,4	21,7	10,0	3,8	0,8	0,3	0,1	0,0
50- 60	59,2	21,9	13,6	3,5	1,0	0,4	0,3	0,0
60- 70	63,8	21,5	11,2	2,3	0,6	0,3	0,5	0,0
70- 80	62,7	19,5	11,1	4,9	0,9	0,3	0,5	0,0
80- 90	62,0	20,5	11,1	5,0	1,0	0,3	0,2	0,0
90-100	65,6	18,8	7,2	5,5	1,0	0,7	1,3	0,0



Figur 3. Kornstorleksfördelning i markprofilen från Norrbäck.

Fysikaliska data från profilen redovisas i tabell 6 och i figur 4. Porvolymen är knappt 50 %. Vid den lägsta tensionen (0,05 m) töms profilen endast på omkring 10 mm vatten. Vid dränering till en meters djup avrinner endast 29 mm vatten. Detta visar att andelen grova porer är mycket låg. Vissningsgränsen bestämdes såväl fysikaliskt som genom odlingsmetoden. Enligt den fysikaliskt bestämda vissningsgränsen finns det 309 mm icke växttillgängligt vatten i profilen. Enligt odlingsmetoden är 270 mm icke växttillgängligt. Mängden växttillgängligt vatten till en meters djup uppgår till 142 - 181 mm beroende på vilken metod för bestämning av vissningsgränsen som används. Av detta finns 51 - 61 mm i skiktet 0 - 30 cm. Profilen innehåller således betydligt mer växttillgängligt vatten än Nibble.



Figur 4. Volymförhållanden i markprofilen från Norrbäck. Vatteninnehåll vid tensionsvärdena 0,05, 0,50, 1,0, 3,0, 6,0 och 150 m vp anges.

Tabell 6. Sammanställning av viktigare fysikaliska data från markprofilen vid Norrbäck 1989

Djup cm	Por- volym, %	Vattenhalt i vol-% vid olika tension, m vp						Vissnings- gräns	Kompakt- densitet g/cm ³	Torr skrym- densitet g/cm ³
		0,05	0,50	1,0	3,0	6,0	150			
0- 10	45,0	45,0	43,2	42,7	40,8	39,6	27,9	23,6	2,64	1,45
10- 20	48,9	47,3	45,1	44,6	42,2	40,8	25,2	22,5	2,67	1,37
20- 30	46,7	44,3	40,0	39,5	37,2	35,8	23,1	20,1	2,68	1,43
30- 40	46,8	43,1	40,2	40,0	38,0	36,7	27,6	21,5	2,73	1,45
40- 50	48,7	47,2	44,3	43,7	42,2	41,1	31,1	27,4	2,77	1,42
50- 60	46,5	46,6	45,1	44,6	43,3	42,3	35,1	30,6	2,75	1,47
60- 70	47,5	47,3	45,9	45,6	44,5	43,9	35,1	32,3	2,78	1,46
70- 80	51,8	50,5	47,9	47,4	46,3	45,6	34,3	30,2	2,77	1,34
80- 90	48,9	49,5	47,6	47,1	46,2	45,4	33,9	30,9	2,78	1,42
90-100	48,9	49,1	48,5	48,3	47,3	46,7	35,6	31,1	2,73	1,40

Genomsläpligheten för vatten är låg i matjorden, hög i skiktet 20 - 40 cm och mycket låg på vissa nivåer djupare i profilen (tabell 7). Den låga genomsläpligheten innebär att jorden är svårdränerad.

Tabell 7. Vattengenomsläplighet vid Norrbäck 1 tim (K_1) och 24 tim (K_{24}) efter mätningens början

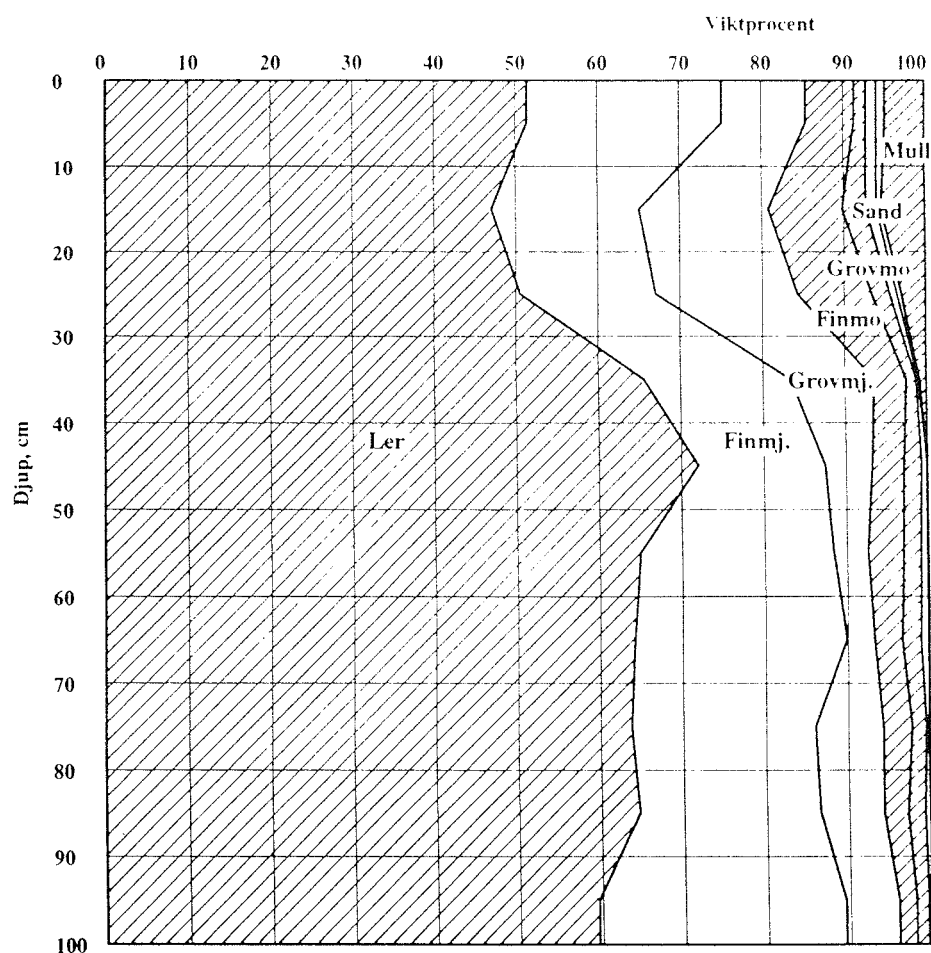
Djup, cm	K_1 , m/dygn	K_{24} , m/dygn
0- 10	0,11	0,10
10- 20	0,57	0,50
20- 30	3,5	2,6
30- 40	4,1	2,3
40- 50	0,60	1,2
50- 60	0,38	1,1
60- 70	0,03	0,09
70- 80	0,43	0,58
80- 90	0,004	0,04
90-100	0,004	0,0

Ålbo

Profilen uttogs sommaren 1989 inom försöksplatsen. Jordarten är måttligt mullhaltig styv lera i matjorden och mycket styv lera i alven. (tabell 8 och figur 5).

Tabell 8. Kornstorleksfördelning och mullhalt (viktsprocent av fraktionen) i profilen från Ålbo 1989

Djup cm	Ler	Fin- mjäla	Grov- mjäla	Finmo	Grov- mo	Mellan- sand	Grov- sand	Mull
0- 10	51,4	23,8	10,3	5,9	1,5	1,3	1,1	4,9
10- 20	47,0	18,0	15,7	9,1	2,9	1,3	0,6	5,4
20- 30	50,5	16,5	17,3	9,1	2,2	0,9	0,6	3,0
30- 40	65,5	17,8	10,1	4,0	1,2	0,4	0,1	0,8
40- 50	72,0	15,4	5,7	3,9	2,1	0,7	0,1	0,0
50- 60	64,9	23,4	4,2	4,3	2,2	0,8	0,1	0,0
60- 70	64,2	25,7	3,4	3,4	2,3	1,0	0,1	0,0
70- 80	63,7	22,3	8,3	3,5	1,7	0,4	0,1	0,0
80- 90	64,7	21,8	7,7	3,0	2,1	0,7	0,1	0,0
90-100	59,5	29,9	6,5	2,1	1,5	0,4	0,0	0,0



Figur 5. Kornstorleksfördelning i markprofilen från Ålbo.

I tabell 9 och figur 6 redovisas viktigare markfysikaliska data för profilen. Av tabell 9 framgår att porvolymen är omkring 50 % med en förtätning i nivån 20 - 30 cm. Vid den lägsta tensionen (0,05 m) avrinner endast 6 mm vatten. Det innebär att andelen grova porer är mycket låg. Vid dränering till 1 meters djup avrinner endast 23 mm. Detta innebär att risken för vattenmättnad är stor vid nederbörd.

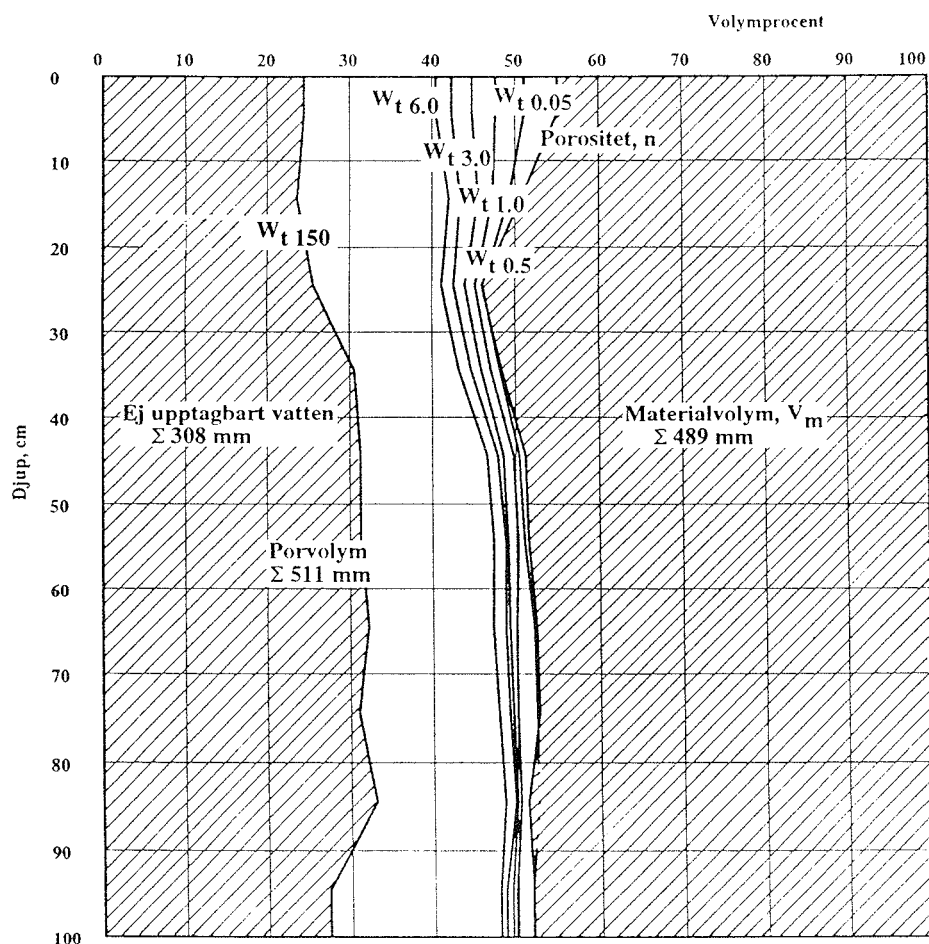
Mängden växttillgängligt vatten till en meters djup är 180 mm enligt den fysikaliskt bestämda vissningsgränsen. Enligt vissningsgränsen som bestämts genom odling är mängden växttillgängligt vatten 197 mm ned till en meters djup. Av detta finns 58 - 62 mm i skiktet 0 - 30 cm. Profilen innehåller således stora mängder växttillgängligt vatten. Om vattnet kan utnyttjas av grödan bestäms bland annat av rotdjupet. Vid vissningsgränsen finns det 291 - 308 mm vatten kvar i profilen beroende på vilken metod som används för bestämningen.

Tabell 9. Sammanställning av viktigare fysikaliska data från markprofilen vid Ålbo 1989

Djup cm	Por- volym. %	Vattenhalt i vol-% vid olika tension, m vp							Vissnings- gräns	Kompakt- densitet g/cm ³	Torr skrym- densitet g/cm ³
		0,05	0,50	1,0	3,0	6,0	150				
0- 10	55,1	51,1	47,6	44,8	42,3	40,5	26,2	24,5	2,58	1,16	
10- 20	50,7	49,2	47,2	45,4	43,3	42,0	25,6	23,6	2,59	1,28	
20- 30	45,9	46,1	45,1	43,9	42,5	41,1	26,2	25,6	2,64	1,43	
30- 40	48,3	48,1	47,0	45,8	44,6	43,1	32,4	30,5	2,73	1,41	
40- 50	51,2	50,4	49,7	48,5	47,8	46,5	34,3	31,3	2,77	1,35	
50- 60	51,5	51,0	50,2	49,0	48,7	47,2	32,5	31,3	2,77	1,34	
60- 70	52,4	52,1	50,0	49,2	48,7	47,1	32,4	32,2	2,77	1,32	
70- 80	52,7	52,4	50,1	49,6	49,1	47,8	34,6	31,0	2,76	1,31	
80- 90	51,3	52,5	50,4	49,9	49,7	48,5	34,5	33,1	2,76	1,35	
90-100	51,8	51,7	49,8	49,2	48,5	47,8	29,5	27,4	2,76	1,33	

2 2

Genomsläppligheten för vatten (tabell 10) är låg eller mycket låg i hela profilen utom matjorden. Som jämförelse med de uppmätta värdena kan nämnas att genomsläppligheten bör ligga på minst 0,1 - 1,0 m/dygn för att dräneringen skall fungera tillfredsställande.



Figur 6. Volymförhållanden i markprofilen från Ålbo. Vatteninnehåll vid tensionsvärdena 0,05, 0,50, 1,0, 3,0, 6,0 och 150 m vp anges.

Tabell 10. Vattengenomsläpplighet vid Ålbo 1 tim (K_1) och 24 tim (K_{24}) efter mätningens början

Djup, cm	K_1 , m/dygn	K_{24} , m/dygn
0- 10	0,82	0,87
10- 20	0,93	1,1
20- 30	0,03	0,10
30- 40	0,01	0,006
40- 50	0,01	0,006
50- 60	0,01	0,006
60- 70	0,02	0,02
70- 80	0,008	0,02
80- 90	0,02	0,07
90-100	0,005	0,006

Nederbörd

Månadsvärden för nederbörden vid närmaste SMHI-station redovisas i tabell 11. Där anges också normalvärden för perioden 1951-1980. För Nibble har nederbördsvärden från Västerås använts och för Norrbäck och Ålbo mätningar i Sala.

Tabell 11. Månadsnederbörd (mm) vid SMHI:s stationer i Västerås och Sala

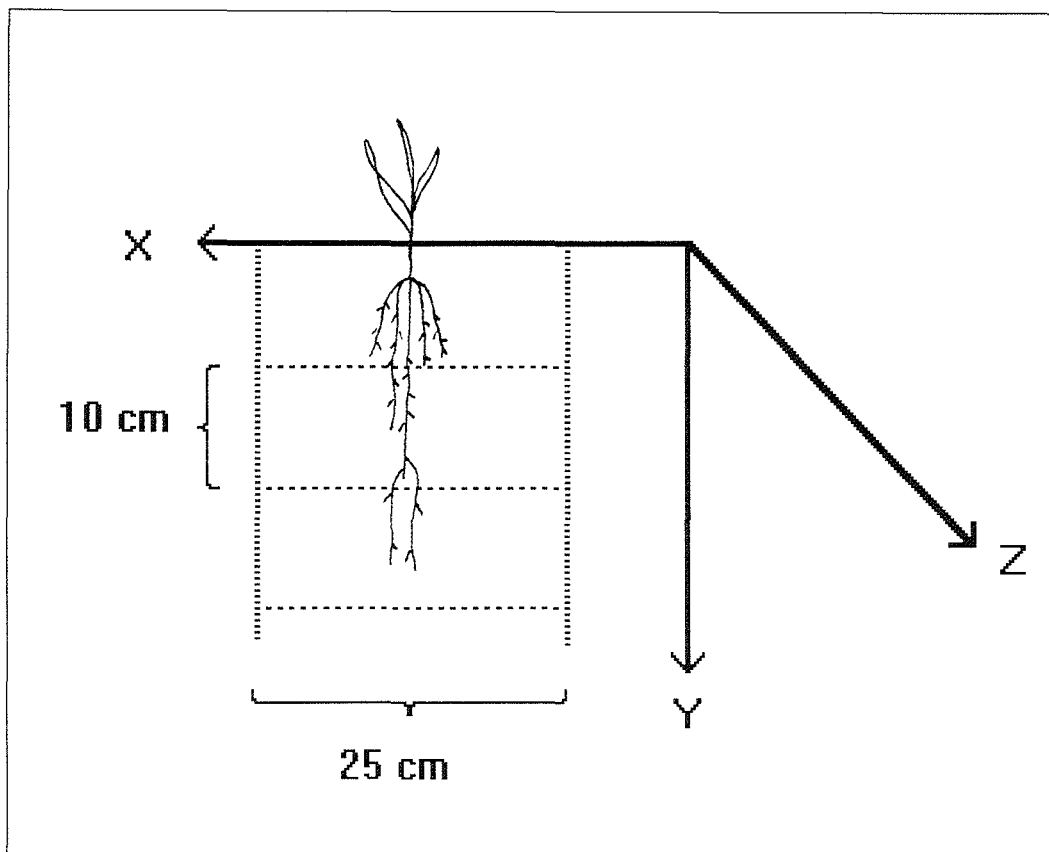
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	s:a
Västerås													
1989	7	23	38	23	26	38	46	81	16	60	27	24	407
1990	44	54	20	24	17	53	102	28	90	43	38	22	534
1991	25	13	29	8	32	92	56	77	38	21	28	20	439
Normalvärde (1951-80)	31	23	22	27	36	44	66	70	53	47	46	39	504
Sala													
1989	9	36	44	54	42	36	51	78	11	57	28	24	470
1990	59	59	31	37	19	36	74	32	121	61	57	33	618
1991	47	24	36	13	33	116	44	49	63	27	64	27	543
Normalvärde (1951-80)	39	28	25	33	39	49	80	70	61	55	56	45	580

METODBESKRIVNING

Samtliga rotstudier och markfysikaliska mätningar som redovisas nedan utfördes i försöksled som tillfördes 80 kg kväve per hektar (N2).

Rotstudier

1e För att följa rotsystemets utveckling grävdes gropar, vilka fördjupades vartefter rötterna växte. I groparna frilades en vertikal yta, tvärs såraderna, med en brädd av ca 60 cm och ett djup som var anpassat efter rotdjupet. På den frilagda ytan markerades det område inom vilket rötterna räknades. Markeringarna utgjordes av två lodräta streck, med ett inbördes avstånd av 25 cm mitt för två plantor med en planta mellan, och ett horisontellt streck för varje 10 cm nivå, (fig. 7). Därefter petades jord bort försiktigt inom varje ruta, till ett djup av ca 2 cm. Förutom att de rötter som då påträffades räknades, noterades också antal birötter, förekomst av rothår, färg, och eventuella avvikelser i växtsätt.



Figur 7. De streckade linjerna bildar ett rutsystem. Rötterna räknades inom varje sådan ruta.

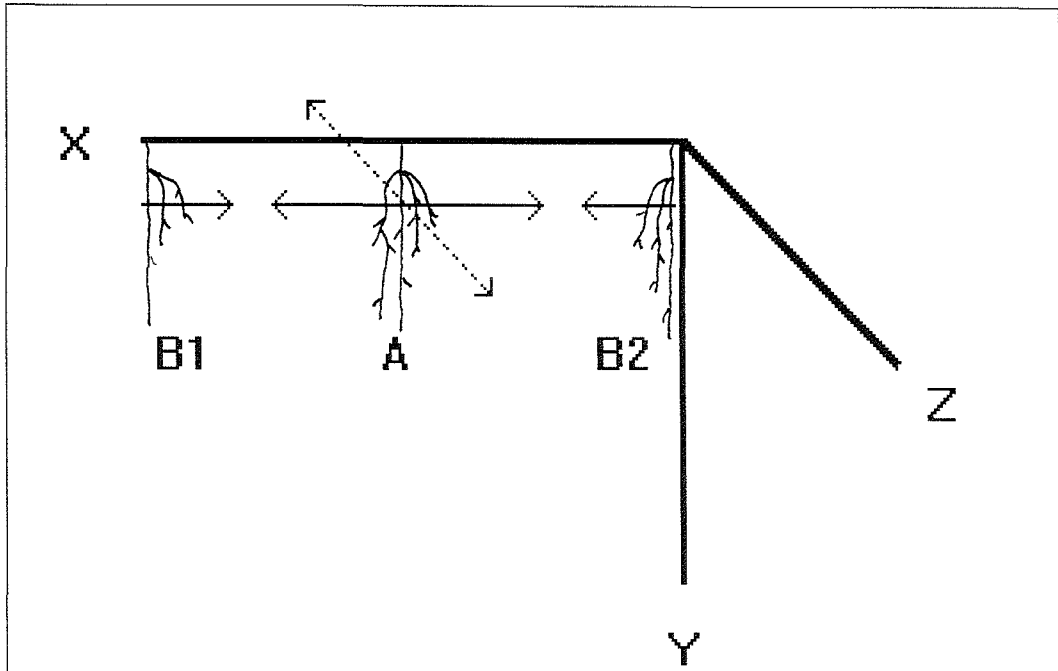
Vid prepareringsarbetet (bortpetande av jorden) togs hänsyn till den naturliga strukturen i jorden vilket medförde att det horisontella djupet varierade från ca 3 cm i djupare nivåer och i eventuella förtätningar, till 1 cm i övre delen av matjorden. Därför är antalet rötter i de djupare nivåerna och i förtätningar något överskattade. Många gånger har rötternas utseende och dess antal i matjorden gjort det svårt att räkna dessa varför antalet rötter i matjorden troligen är något underskattat.

De rötter som framträder i tvåcentimetersskiktet under en planta ger en tvådimensionell bild av dess rotsystem, och representerar alltså endast 50 % av rötterna från plantan. De resterande 50 % (den tredje dimensionen) representeras av rötterna från de båda plantorna på sidorna, (figur 8). Det i figurerna redovisade rotantalet från en planta är alltså summan av halva antalet rötter från en planta och en fjärdedel av rötterna från två plantor.

Mellan två tillfällen av studier täcktes den vertikala ytan med plast, och inför varje studie förlängdes groparna ca 10 cm, för att på så sätt nå opåverkad jord. Det är således inte rötter från samma plantor som följts mellan två tillfällen, det ska därför inte ses som en egentlig utveckling, utan rötter från en planta vid ett tillfälle.

Figurerna i resultatredovisningen är inte tänkta att ge någon exakt bild av rötternas utseende, de ska ses som en stiliserad bild där rotdjup, antal rötter och i viss mån mängden birötter åskådliggöres.

I samband med rotstudierna gjordes också noteringar om markstrukturen och beståndets utveckling.



Figur 8. Endast rötterna i x,y - planet är möjliga att räkna. De rötterna som växer i z - riktning på planta a motsvaras av rötterna i x - riktning från plantorna b_1 och b_2 .

Vattenhaltsprovtagning

Gravimetrisk vattenhaltsprovtagning enligt en metod tidigare beskriven av bland annat Gardner (1986) användes. Sex prov togs ut från vardera led och 10-centimetersskikt i matjorden (0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm).

Temperatur

Temperaturstudierna utfördes med vanliga kvicksilvertermometrar. Termometrarna, 2 stycken per led och nivå, placerades 1 cm respektive 5 cm under markytan. Avläsning gjordes var fjärde timme under ett dygn.

Luftgenomsläpplighet

Den metod som använts vid studier av luftgenomsläpplighet finns närmare beskriven Lindström (1990). Metoden beskrivs här i korthet.

Vid luftgenomsläpplighetsmätningarna kopplades en apparat, som mätte lufttryck och flöde, till ett cylinderprov. Ett konstant gastryck lades på och flödet genom cylinderprovet under en viss tid lästes av. Ju större flödet är desto större är andelen luftfyllda porer i provet.

DISKUSSION OCH RESULTAT

Marktäckningen påverkade de markfysikaliska betingelserna på ett flertal olika sätt, både direkt och indirekt. Rotutvecklingen både påverkar och påverkas av de markfysikaliska betingelserna. Denna komplexitet gör det mycket svårt att dra några långtgående slutsatser om orsak och verkan.

Marktemperatur

Den mest omedelbara effekten av marktäckningen är förmodligen förändrade temperaturförhållanden i marken.

Markens uppvärmning påverkas starkt av jordmaterialets och täckmaterialets värmekonduktivitet och värmekapacitet.

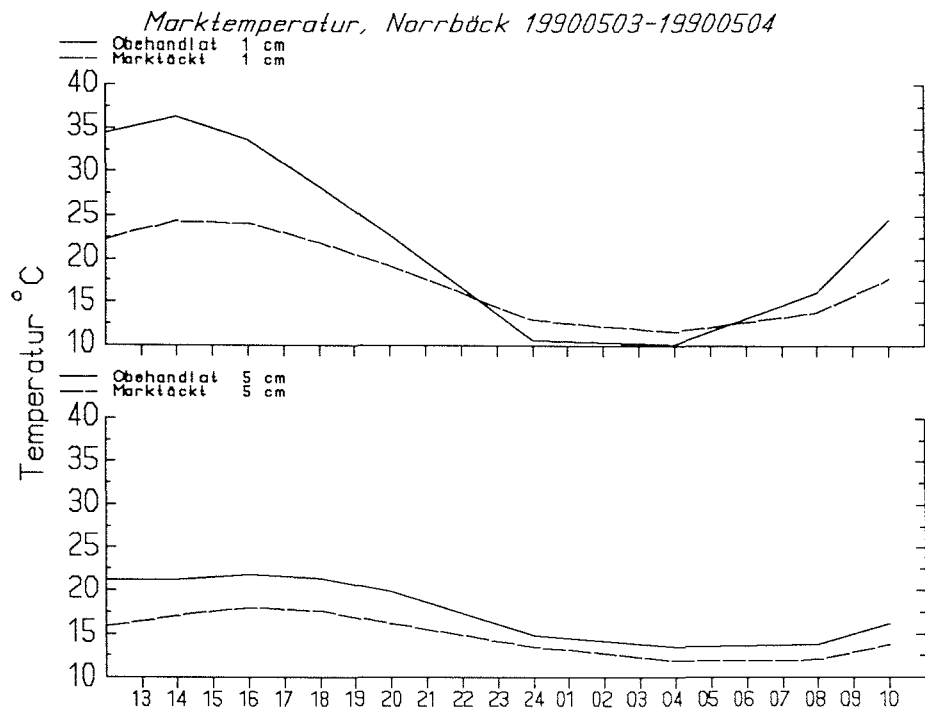
Det luftiga täckmaterialet har en betydligt lägre värmekonduktivitet än marken i övrigt, och verkar därför värmeisolerande.

Även markvatteninnehållet har en stark inverkan på markens värmekonduktivitet och värmekapacitet. En fuktig jord uppvärms långsammare än en torr jord, värmetransporten går däremot snabbare i en fuktig jord än i en torr jord (Wiklander, 1976).

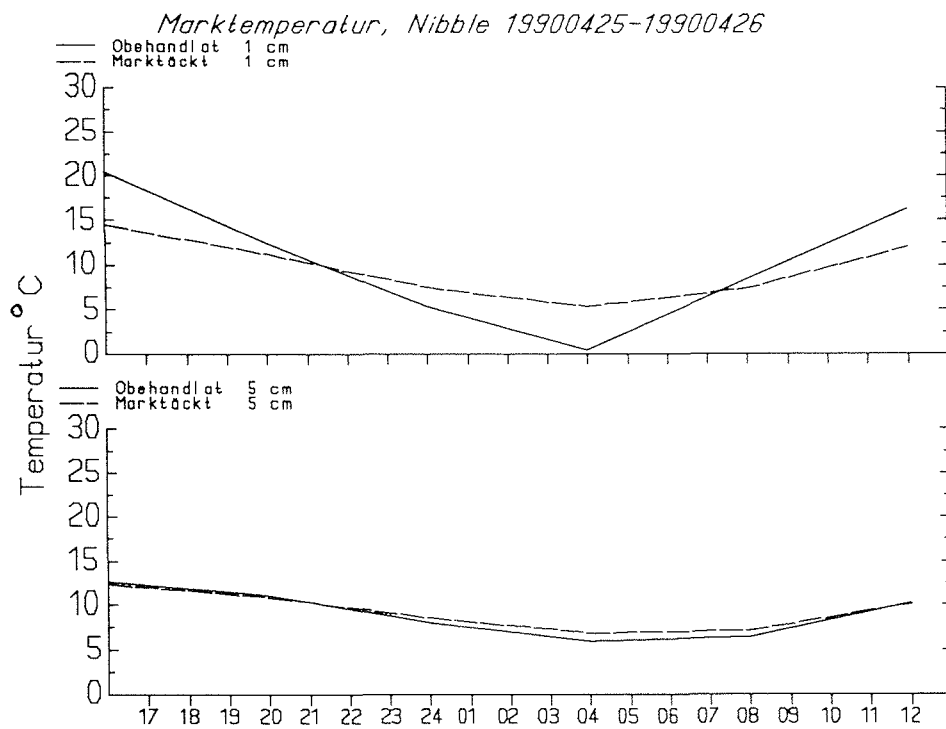
Då marktäckningen förväntas ge en lägre avdunstning och därmed ett större markvatteninnehåll, bidrar marktäckningen även indirekt till en långsammare uppvärmning av marken.

De temperaturstudier som gjordes i försöken våren 1990 visar tydligt den dämpande effekt på temperaturförändringar i marken marktäckningen har. Då temperaturmätningarna gjordes på samma nivå som sådjupet kom temperaturgivarna att i det marktäckta ledet ligga något djupare, ca 5 cm jord plus täckmaterial, jämfört med temperaturgivarna i det obehandlade ledet, endast ca 5 cm jord. Denna olikhet i djupläge har förstärkt den bild som marktäckningen ger på temperaturförhållandena i marken (se figur 9 och 10).

Den lägre marktemperaturen kan ha försenat groningen något. Uppkomsten var vanligen något senare i de marktäckta leden jämfört med de obehandlade.



Figur 9. Marktemperatur 1 cm under markytan och 5 cm under markytan vid mätningar med fyra timmars intervall i försöket på Nibble den 25 - 26 april 1990.



Figur 10. Marktemperatur 1 cm under markytan och 5 cm under markytan vid mätningar med fyra timmars intervall i försöken på Norrbäck den 3 - 4 maj 1990.

Markstruktur

På lång sikt bör en tillförsel av organiskt material ge positiva struktureffekter på annars struktursvaga jordar. De försök vilka ligger till grund för detta arbete har dock ej pågått i tillräckligt lång tid för att några sådana långsiktiga effekter skulle kunna påvisas.

En möjlig struktureffekt av marktäckningen kan vara att täckmaterialet skyddar struktursvaga jordar från att "slås sönder" av häftiga regn. Ej heller någon sådan påverkan har kunnat påvisats. Mätningar av luftgenomsläpplighet visade snarare på bättre genomsläpplighet i det obehandlade ledet, vilket troligen beror på att vattenhalten där var lägre än i de marktäckta leden.

Avdunstning och vatteninnehåll

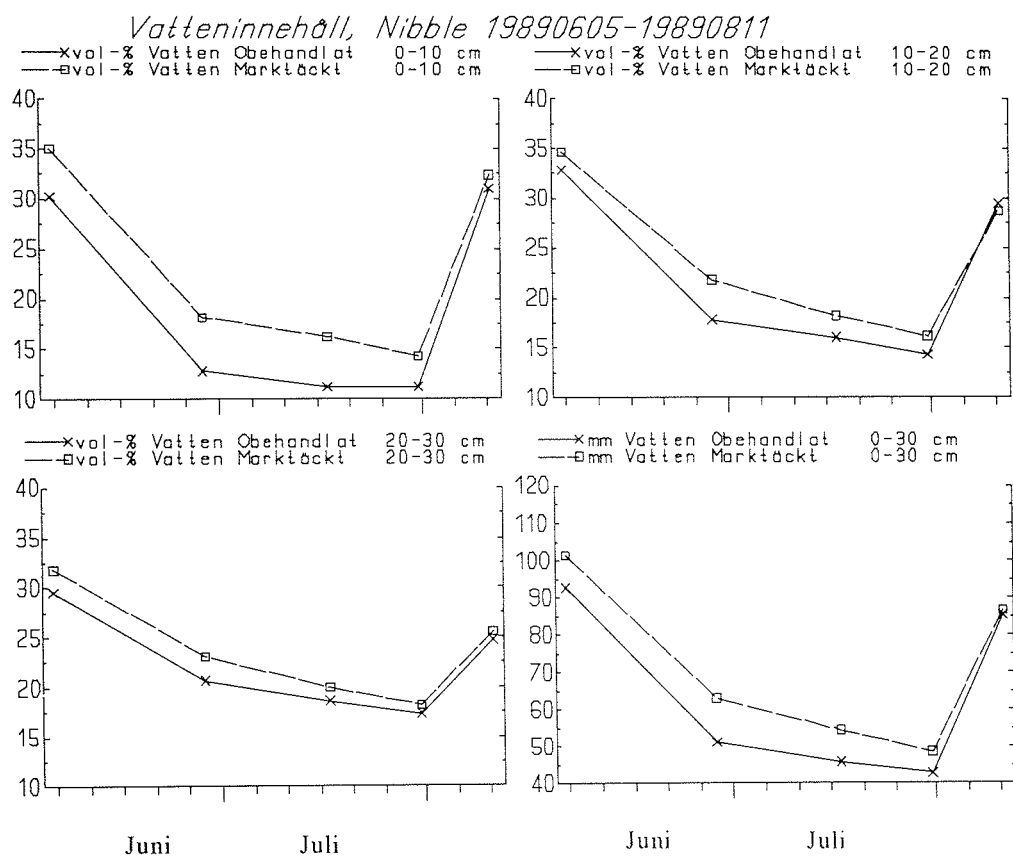
Som tidigare nämnts har det primära syftet med marktäckningen varit att minska avdunstningen från marken och på så vis minska risken för skorpbildning. Avdunstningens storlek bestäms av tillgången på vatten, tillförseln av energi samt borttransporten av vattenånga. Tillgången på vatten, vid avdunstning från en bar markyta, bestäms i sin tur av vattenhalten i marken och jordens kapillära egenskaper. Med marktäckningen minskas den kapillära upptransporten av vatten och begränsas borttransporten av vattenånga.

Trots att inget av försöksåren varit något utpräglat "skorpår" har marktäckningen för det mesta ändå haft positiva effekter på vattenhushållningen. I början på växtsäsongen har i medeltal (alla försök, alla år) de behandlade leden haft cirka 16 mm mera vatten i matjorden jämfört med de obehandlade. Det motsvarar grödans vattenbehov i cirka 3 - 5 dygn.

Under det första försöksåret, 1989, var skillnaden något mindre mellan de olika leden. Skillnaden kvarstod också under alla de följande mättillfällena. Det något större vatteninnehållet i början av växtsäsongen tycktes alltså inte påverka grödans vattenupptag.

Det tredje försöksåret började också med ett större vatteninnehåll i det marktäckta ledet. Vattenhaltsförändringen under säsongen uppvisade sedan stora olikheter. I början av juni var vattenhalten i det marktäckta ledet konstant, i mitten av juni minskade här sedan vattenhalten. I det obehandlade ledet ökade vatteninnehållet under hela denna period. I slutet av juni och början på juli minskade vattenhalten i båda leden, vattenhalten var nu högre i det obehandlade ledet. Det större vatteninnehållet i början av säsongen har troligen gynnat den tidiga rotutvecklingen. Det större rotsystemet i det marktäckta ledet har sedan, trots det myckna regnandet, tidigare tömt marken på vatten. Grödan i det marktäckta ledet utvecklades snabbare och bildade tidigare ett heltäckande växttäckte ($LAI \approx 6$) jämfört med grödan i det obehandlade ledet. Detta har troligen medfört att en mindre del av nederbörden har nått markytan i det marktäckta ledet. Interceptionen har alltså varit större i det behandlade ledet jämfört med det obehandlade.

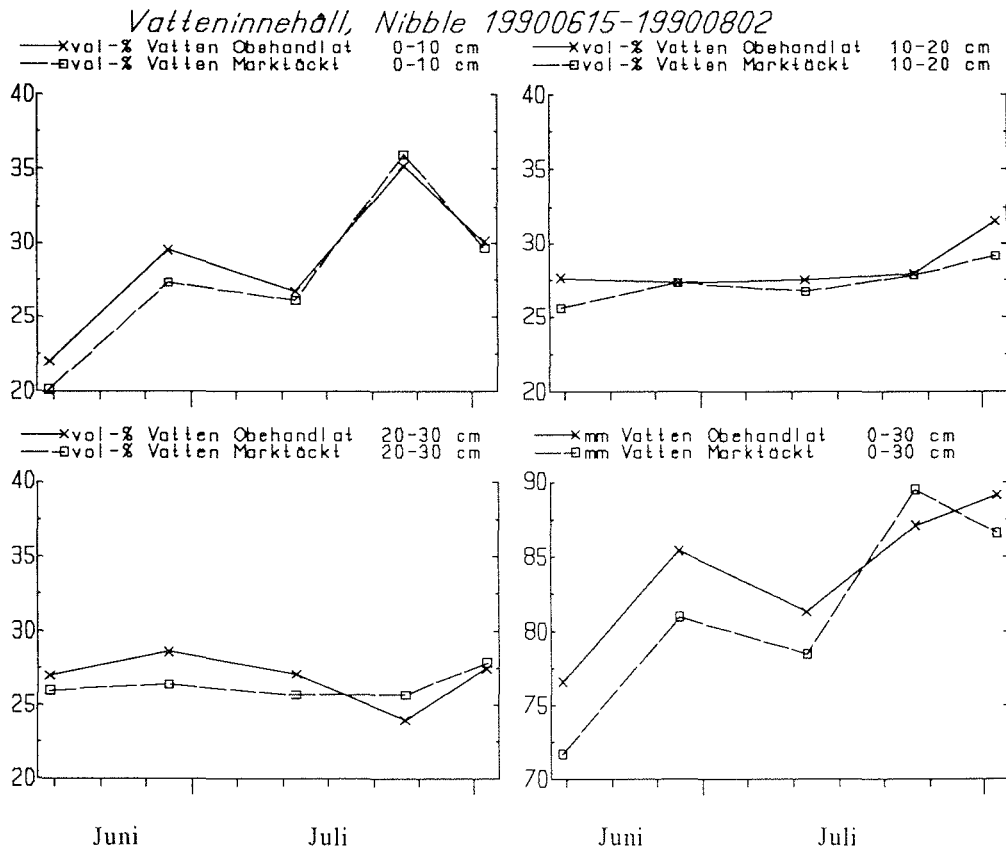
Det marktäckta ledet innehöll ca 10 mm mer vatten vid mätningens början (figur 11). Det något större vatteninnehållet i det täckta ledet härrör främst från de översta 10 centimetrarna av matjorden. Det var heller inte någon skillnad i upptorkningsförloppet mellan de olika leden. Den skillnad på 10 mm som uppmättes i början på växtsäsongen kvarstod sedan under alla de följande mättillfällena utom den sista, då det efter ett regn var lika stort vatteninnehåll i båda leden. Det var också samma mönster i upptorkningsförloppet i hela matjordslagret.



Figur 11. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Nibble 1989.

1990

Inte heller detta år var det någon stor skillnad i vatteninnehåll mellan de olika leden (figur 12). Det var något större vatteninnehåll i det obehandlade ledet i början av växetsäsongen. Förändringen i vatteninnehåll under växetsäsongen skilde sig något mellan de olika leden.

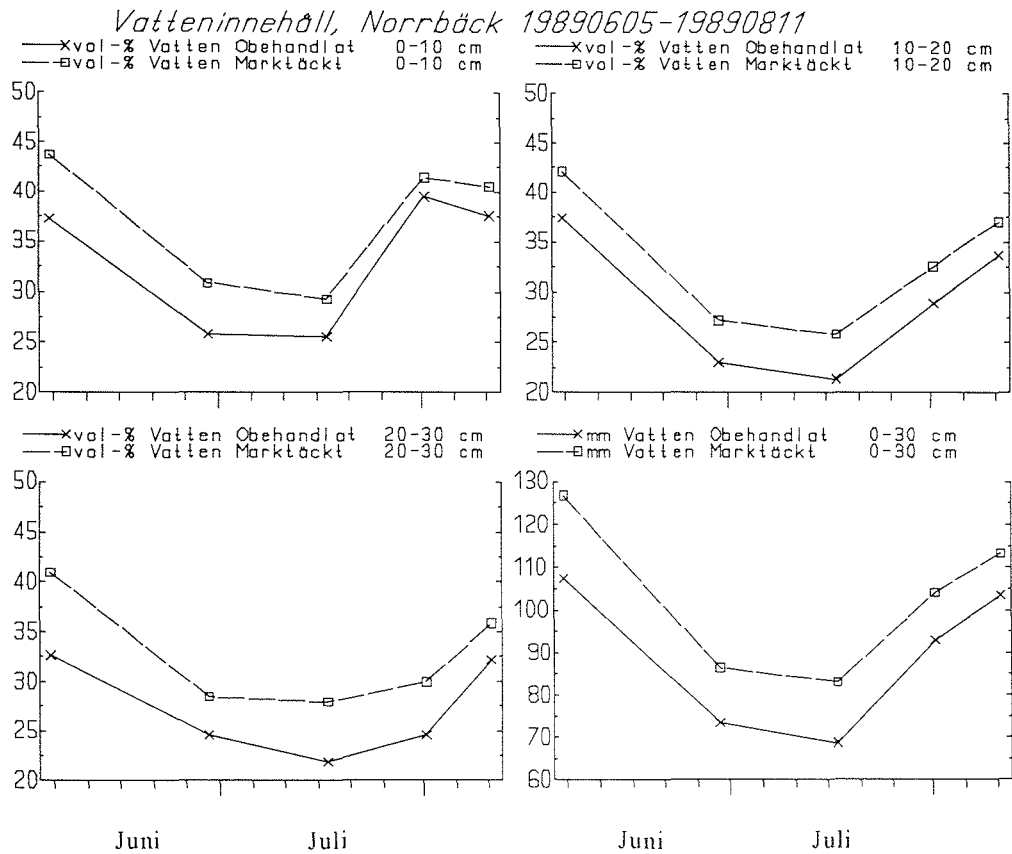


Figur 12. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Nibble 1990.

Norrköping

1989

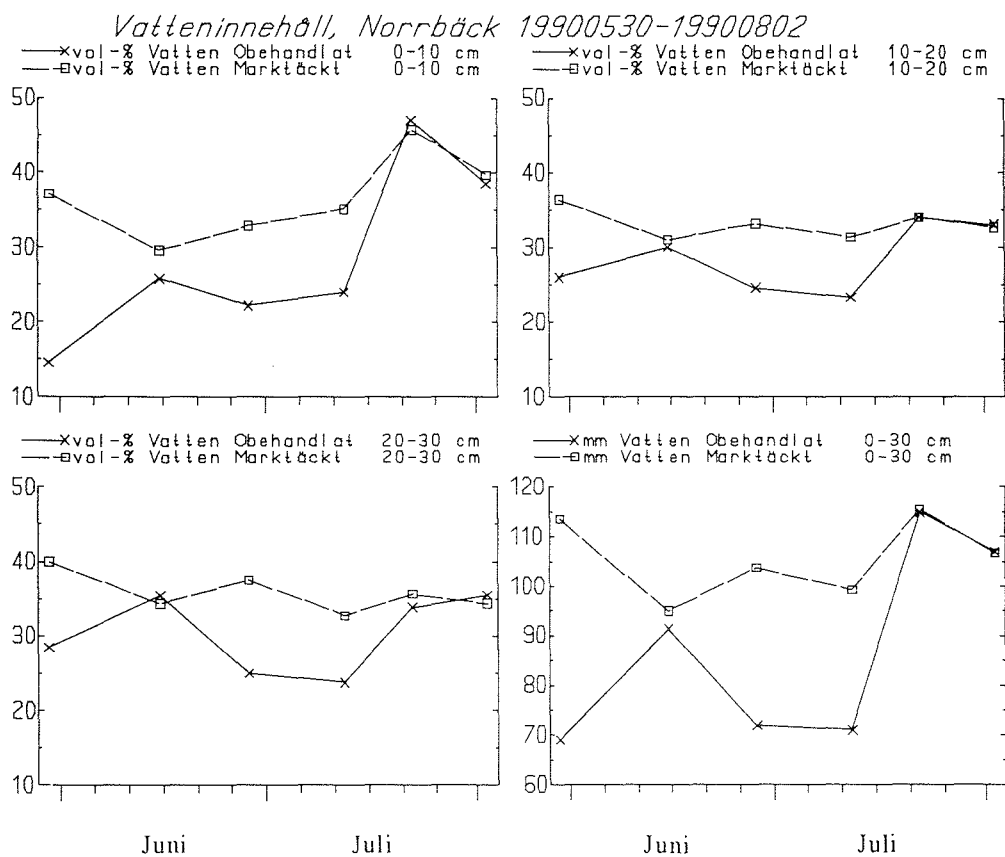
Marken i det täckta ledet innehöll ca 20 mm mera vatten än marken i det obehindrade ledet i början av säsongen (figur 13). Skillnaden kvarstod under hela växstsäsongen. Det var inte heller några skillnader i förändring i vatteninnehåll mellan de olika nivåerna i matjorden.



Figur 13. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 10 cm). Norrköping 1989.

1990

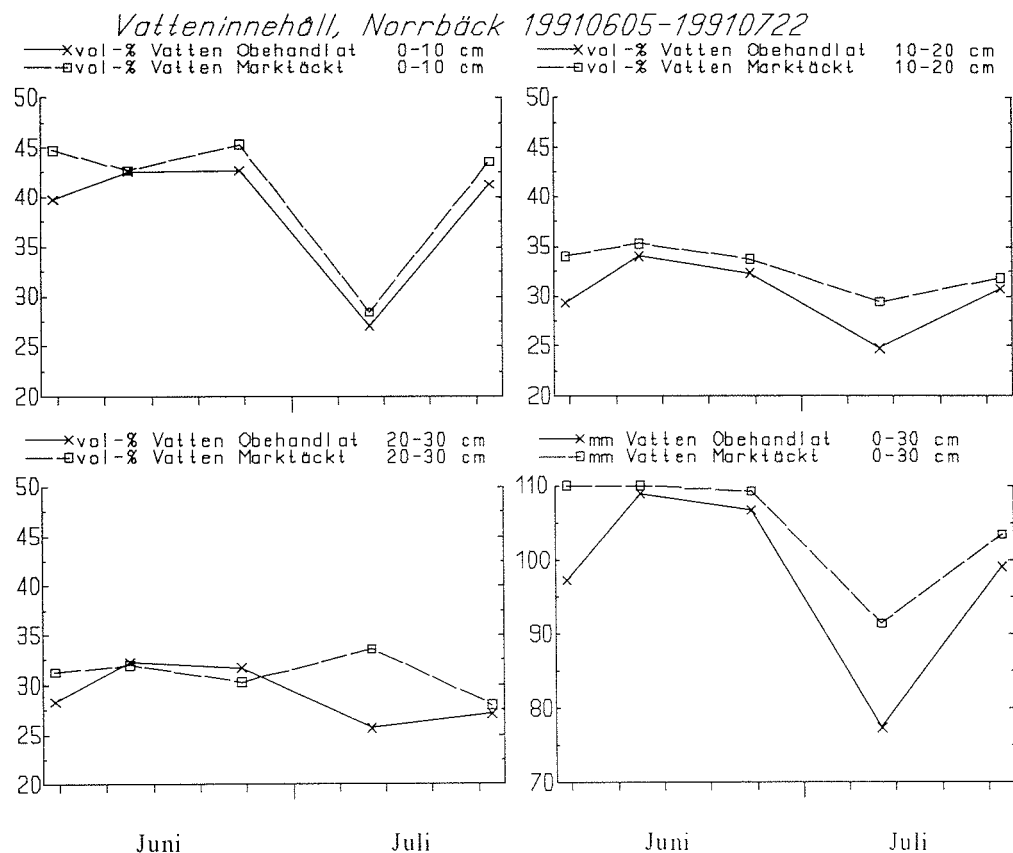
En betydande skillnad i vattenhalt mellan de olika leden uppmättes (figur 14). I början av växtsäsongen innehöll det marktäckta ledet ca 45 mm mera vatten än det obehandlade. Vid det andra provtagningstillfället var det ej längre någon skillnad i vattenhalt mellan de två leden. Vatteninnehållet tycks ha ökat med ca 20 mm i det obehandlade ledet. Troligtvis är detta ett provtagningsfel. Efter ett regn var det den 22 juli lika stort vatteninnehåll i båda leden.



Figur 14. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Norrbäck 1990.

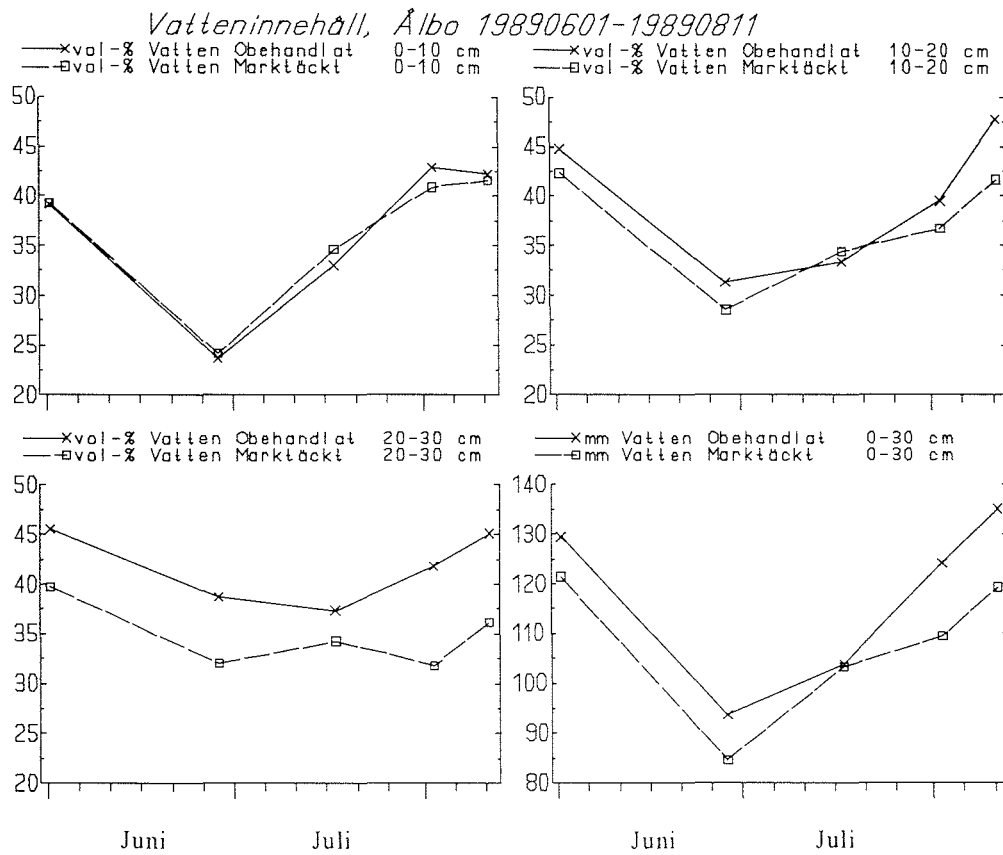
1991

Den 5 juni var det ca 15 mm mer vatten i det marktäckta ledet jämfört med det obehandlade (figur 15). Vid nästa provtagningsstillfälle var det inte längre någon skillnad mellan de olika leden. Mellan den 24 juni och den 9 juli sjönk vattenhalten mer i det obehandlade ledet jämfört med det marktäckta. Efter regn var det den 22 juli lika mycket vatten i båda leden.



Figur 15. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Norrbäck 1991.

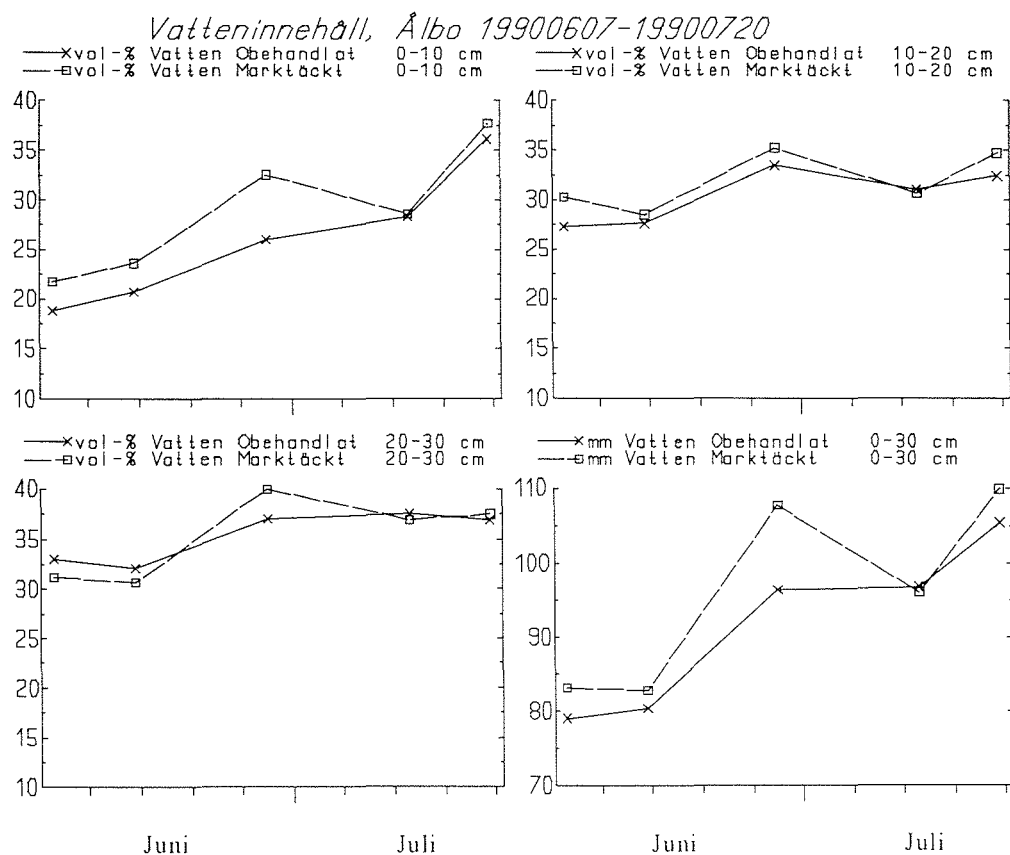
Vid mätningens början var det något större vatteninnehåll i det obehandlade ledet (figur 16). Skillnaden var störst i den nedre delen av matjorden. Vid provtagningstillfället den 17 juli var det lika mycket vatten i båda leden.



Figur 16. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Ålbo 1989.

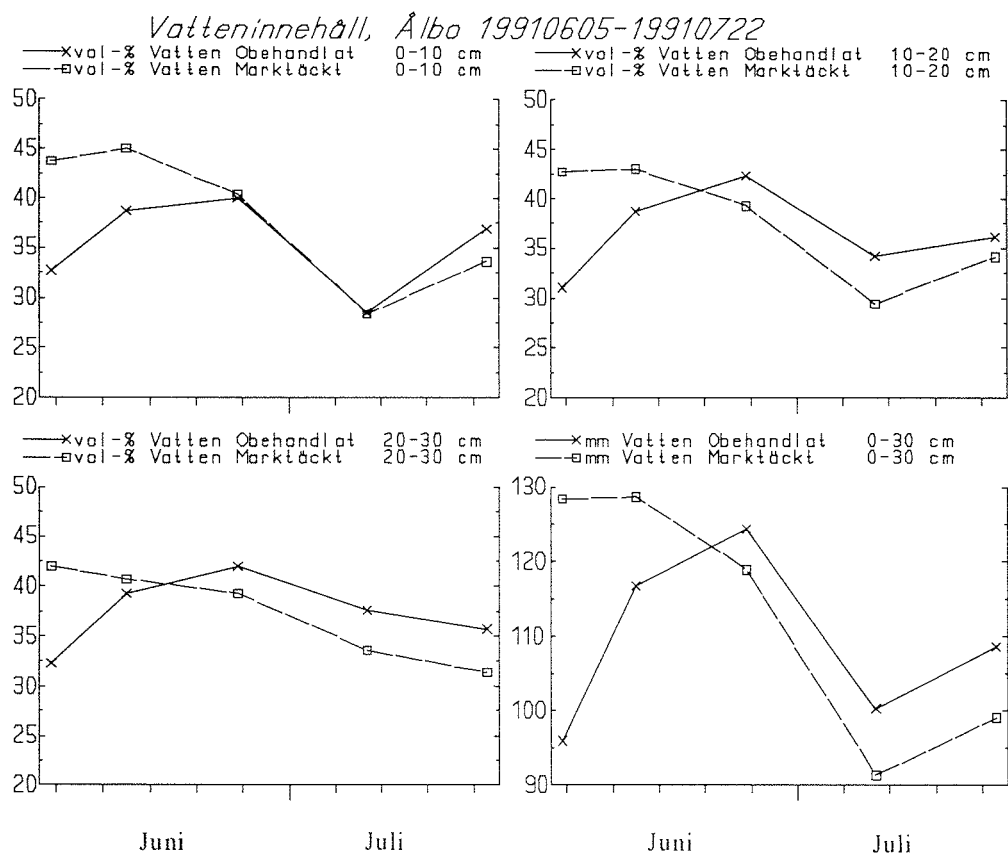
1990

En mycket liten skillnad i vattenhalten mellan de olika leden uppmättes i början av växtsäsongen (figur 17). Efter regn i slutet på juli tycktes vatteninnehållet stiga mer i det marktäckta ledet jämfört med det obehandlade. Under den första hälften av juli sjönk vattenhalten i det marktäckta ledet, under samma period hölls det konstant i det obehandlade ledet.



Figur 17. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Ålbo 1990.

Under inledningen av växtsäsongen var det betydligt mer vatten i det marktäckta ledet (figur 18). Under en regnig juni steg vattenhalten i det obehandlade ledet samtidigt som det under samma period sjönk i det marktäckta ledet. Därefter var skillnaden konstant, 5 - 10 mm mer vatten i det obehandlade ledet, under resten av växtsäsongen.



Figur 18. Vattenhalt, volymprocent, i skikten 0 - 10 cm, 10 - 20 cm och 20 - 30 cm. Vatteninnehåll, mm, i hela matjordslagret (0 - 30 cm). Ålbo 1991.

Rotstudier

Rotstudierna redovisas detaljerat med kommentarer och figurer i Appendix. Här sammanfattas de viktigaste resultaten och iakttagelserna.

1989

Sommaren var torr och varm. Inget regn föll mellan sådd och uppkomst på någon av försöksplatserna, varför inte heller någon förhårdnad uppstod. Marktäckningens påverkan på rotutvecklingen var detta år olika på de olika försöksplatserna.

På Nibble tycktes inte marktäckningen ha någon effekt på rotutvecklingen. Under våren och sommaren var det ingen skillnad mellan de olika leden. Den sista rotstudien för säsongen visade dock på ett betydligt djupare och kraftigare rotsystem i de marktäckta leden jämfört med det obehandlade (Appendix, figur 6). Detta kan naturligtvis vara en tillfällighet, men det skulle också kunna tyda på att vattenhushållningen påverkats gynnsamt av marktäckningen.

Inte heller på Norrbäck hade marktäckningen någon påverkan på rotutvecklingen, de skillnader man kunde se mellan leden A,B och C,D kan troligtvis hänföras till jordartsskillnader (avståndet mellan groparna A och B var endast några få meter medan avståndet till de övriga groparna var ca 30 meter) (Appendix, figur 9).

På Ålbo tycktes marktäckningen ha en negativ effekt på den tidiga rotutvecklingen. Rötterna i det obehandlade ledet nådde snabbare det maximala rotdjupet (ca 70 cm) än rötterna i de övriga leden. Däremot var antalet rötter i de marktäckta leden större än i det obehandlade ledet. Den snabbare rotutvecklingen i det otäckta ledet kan möjligen bero på att marken där värms upp snabbare på våren, jämfört med de täckta leden, och groningen därför kom igång något tidigare (se nedan under temperaturstudier).

1990

Inte heller detta år uppstod någon förhårdnad. Ingen entydig påverkan av marktäckningen kunde heller påvisas.

Omläggningen från plöjning till plöjningsfri odling medförde på Nibble att ett tätt skikt bildades mellan 10 - 30 cm. Skiktet bestod dels av den gamla plogsulan och dels av en ny "stubbearbetningssula". Denna mäktiga förtätning utgjorde ett klart hinder för rötterna. Det dröjde ända till mitten av juli innan några rötter kunde konstateras på större djup än 30 cm, fram till denna tidpunkt var det ingen skillnad i rotutveckling mellan de olika behandlingarna. Den 17 juli hade rötterna i det obehandlade ledet nått ett djup på ca 40 cm. Rötterna i det marktäckta ledet hade samma dag nått ett djup på ca 30 cm. Den 1:a augusti hade även rötterna i det täckta ledet penetrerat det täta skiktet och nådde då ett djup på hela 60 cm. Rötterna i det obehandlade ledet hade under samma tid inte vuxit någonting. Under dessa 15 dagar hade alltså rötterna i det marktäckta ledet vuxit 2 cm per dag.

hade under samma tid inte vuxit någonting. Under dessa 15 dagar hade alltså rötterna i det marktäckta ledet vuxit 2 cm per dag.

På Norrbäck var det detta år mycket liten skillnad mellan de olika leden. Det var möjligen något fler rötter i matjordslagret i det marktäckta ledet.

På Ålbo hade marktäckningen detta år en tydlig positiv effekt på rotutvecklingen, både antalet rötter och rotdjupet var större i det marktäckta ledet. Den troliga förklaringen till den positiva effekten är den lika tydligt positiva effekten på vattenhushållningen som marktäckningen detta år gav på Ålbo (se ovan under vattenhaltsstudier, figur 17).

1991

Det tredje försöksåret kom det ett tidigt regn (före uppkomst), vilket följdes av en kortare torrperiod och förhårdnader uppstod i de obehandlade leden. I mitten på maj, strax efter uppkomst, inleddes en lång period med ostadigt väder. I det myckna regnandet löstes skorpan åter upp. Det bildades således inte heller detta år någon utpräglad, permanent, förhårdnad.

Inga rotstudier gjordes på Nibble detta år.

Vid Norrbäck var den tidiga rotutvecklingen betydligt bättre i det marktäckta ledet i jämförelse med det obehandlade. Det var både ett större antal rötter och ett större rotdjup i det marktäckta ledet. Rötterna i det obehandlade ledet var också tjockare och förekomsten av birötter och rothår var större, vilket kan vara ett tecken på jorden där var för tät för optimal rotutveckling. Det var först i slutet på juni rötterna i det obehandlade ledet "kom ikapp" (Appendix, figur 31).

Även på Ålbo var den tidiga rotutvecklingen bättre i det marktäckta ledet, antalet rötter i matjorden var där i början av säsongen större, i slutet av säsongen mycket större än antalet rötter i det obehandlade ledet (Appendix, figur 27). En kraftig förhårdnad hade bildats vilken av misstag harvades upp i samband med skorpharvning på det fält som omgav försöket.

SAMMANFATTNING

- * Resultat från rotstudier, vattenhaltsprovtagningar, temperaturstudier och luftgenomsläpplighet i försök med marktäckning redovisas. Försöken pågick under åren 1989 - 1991 på tre platser i Västmanland (Nibble, Norrbäck och Ålbo).
- * Marktäckningen gav under de två första försöksåren ingen entydig påverkan på rotutvecklingen. På Ålbo tycktes marktäckningen ha en negativ effekt på rotutvecklingen under det första försöksåret medan det under det andra försöksåret var bättre rotutveckling i de marktäckta leden jämfört med det obehandlade ledet. På Nibble och Norrbäck kunde inga effekter av marktäckningen på rotutvecklingen påvisas under dessa år. På våren under det sista försöksåret utvecklades en lättare skorpa, under denna period observerades också en bättre rotutveckling i de marktäckta leden jämfört med de obehandlade leden.
- * De temperaturstudier som gjordes i försöken visar tydligt den dämpande effekt på temperaturförändringar i marken marktäckningen har. Detta kan ha försenat groningen något.
- * Mätningar av luftgenomsläpplighet visade på bättre genomsläpplighet i de obehandlade leden, vilket troligen berodde på en högre vattenhalt i de marktäckta leden.
- * Marktäckningen har under försöksåren haft en gynnsam effekt på markens vatteninnehåll. Tidigt på säsongen innehöll de behandlade leden i genomsnitt cirka 16 mm mera vatten i matjorden än de obehandlade. Vattenhaltsutvecklingen senare under säsongen har varierat mellan de olika försöksåren.

SUMMARY

- * Results from measurements of root development, soil water content, soil temperature, and air permeability in field experiments with soil mulching are summarized. The experiments were carried out between 1989 and 1991 at 3 sites in Västmanland (Nibble, Norrbäck and Ålbo).
- * Soil mulching had no unambiguous effect on root development during the first two years. Negative results were obtained at Ålbo the first year while there were positive results the second year. At the two other sites no effects at all were obtained on root development. The third year, during the spring, a thin crust had developed. During this period soil mulching had a positive effect on root development at all sites. Positive results meaning better root development.
- * Temperature measurements clearly showed the moderating effect on temperature changes that soil mulching caused. This might have affected the germination negatively.
- * Measurement of air permeability showed that soil mulching gave rise to a lower permeability, probably because the soil water content increased where soil mulching was used.
- * During the three years, higher soil water contents were obtained in treatments with soil mulching. Early in the season soil mulched treatments contained about 16 mm more water in the topsoil compared to untreated. Soil water content, later in the season, varied from one year to another.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Abdulla, A.M., Hettiaratchi, D.R.P & Reece, A.R. 1969. The Mechanics of Root Growth in Granular Media. *J. Agric. Engin. Res.* 14, s 236-248.
- Andrén, E. 1985. Brukning av mjälåhaltiga jordar. Statens Lantbruksinformation 14.
- Berglund, G. 1979. Problemjordar. Statens Lantbruksinformation 4.
- Brady, N.C. 1984. *The Nature and Properties of Soils*, 9:e uppl. New York.
- Brester, E. & Kemper, W.D. 1970. Soil Water Evaporation as Affected by Wetting Methods and Crust Formation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34, s. 3-8.
- Danfors, B. & Linnér, H. 1993. Resursbevarande odling med marktäckning och grund inbrukning av växtmaterial. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande 93:5. 86 s.
- Eriksson, J. 1978. Soil Functions and Drainage. Proceedings of the International Drainage Workshop, 16-20 May 1978. ILRI publication 25. Wageningen. s 181-212.
- Gardner, W.H. 1986. Water Content. In: Klute, A. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. (Agronomy No. 9), 493-544.
- Heinonen, R. 1982. Jordens igenlamning och förhårdnande. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Konsulentavdelningen. Speciella skrifter 12.
- Lindström, J. 1990. Methods for Measurement of Soil Aeration. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Department of Soil Sciences. Reports and Dissertations 5.
- Norling, J. 1980. Skorpbildning. Examensarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för markvetenskap.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. 1985. *Plant Physiology*, 3:e uppl. Belmont.
- Sharma, P.P., Gantzer, C.J. & Blake, G.R. 1981. Hydraulic Gradients Across Simulated Rain-Formed Soil Surface Seals. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, s. 1031-1034.
- Wiklander, L. 1976. Marklära. Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Wiklert, P. 1960. Studier av rotutveckling hos några nyttoväxter med särskild hänsyn till markstrukturen. *Grundförbättring*, årg. 13, Nr 3, 113-148.
- Williams, R.F. 1960. The Physiology of Growth in the Wheat Plant. 1. Seedling Growth and the Pattern of Growth at the Shoot Apex. *Aust. J. Biol. Sci.* 13, s. 401-428.

APPENDIX

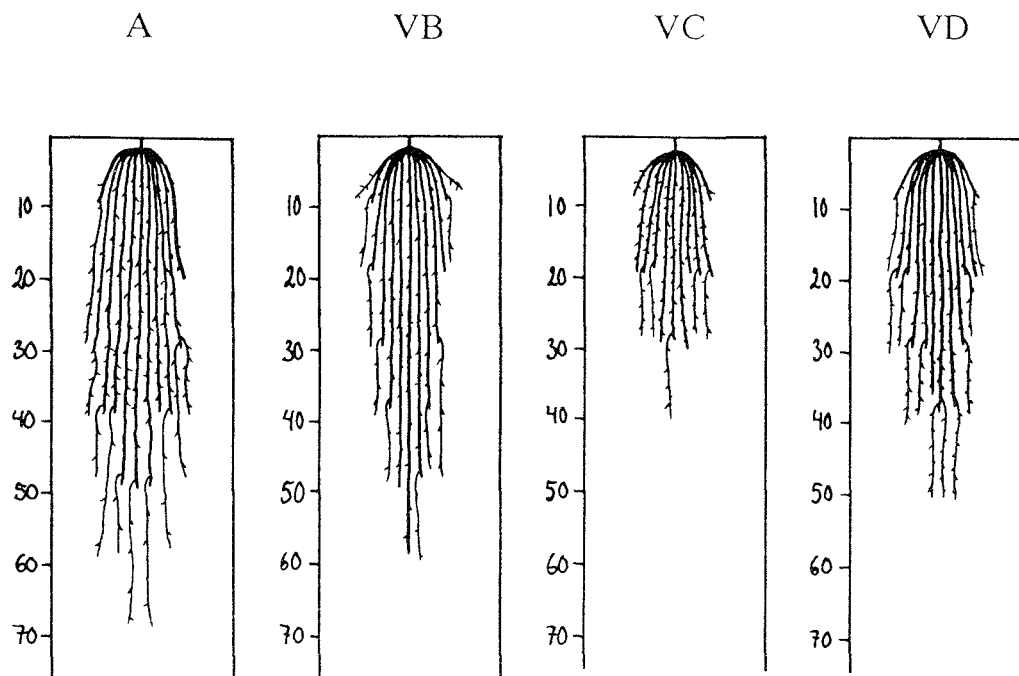
STUDIER AV ROTUTVECKLING

Ålbo 1989. Havre

Strukturen i matjorden var den samma i alla led. I skiktet 0 - 5 cm var det 5 - 10 mm stora granulera aggregat och under 5 cm djup var det 10 mm stora skarpkantade aggregat. Strukturen var ganska svag, aggregaten kunde med lätthet smulas sönder.

Den 1 - 6 juni var rotdjupet större i led A. Det var dock något fler rötter i matjordslagret i de marktäckta leden.

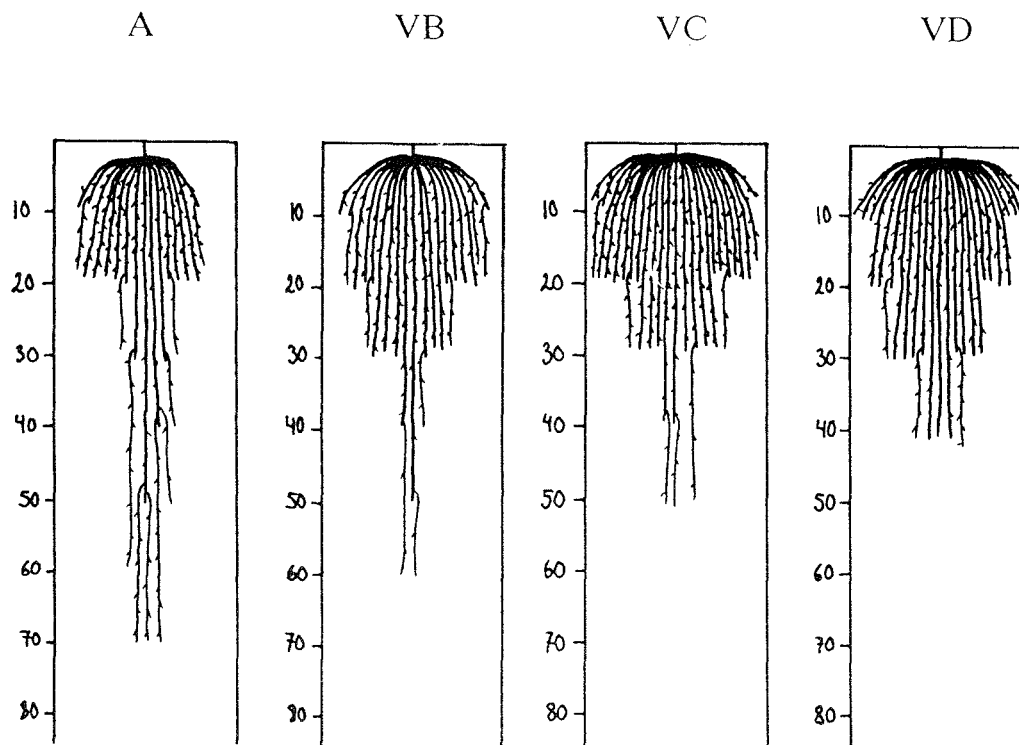
Beståndets utveckling: Led A (6/6) 12 cm högt, 2 blad utvecklade. Led VB (6/6) 14 cm högt, 2 blad utvecklade. Led VC (1/6) och VD (2/6) 10 cm högt, 1 blad utvecklat.



Figur 1. Rotutveckling Ålbo 1 - 6 juni 1989.

Rotdjupet var den 19 - 20 juni fortfarande störst i led A och minst i led VC och VD. Antalet rötter i matjordslagret var betydligt större i de marktäckta leden. Rötterna var knotiga och hade ett trassligt växtsätt i skiktet 20 - 30 cm där jorden var tät (plogsula).

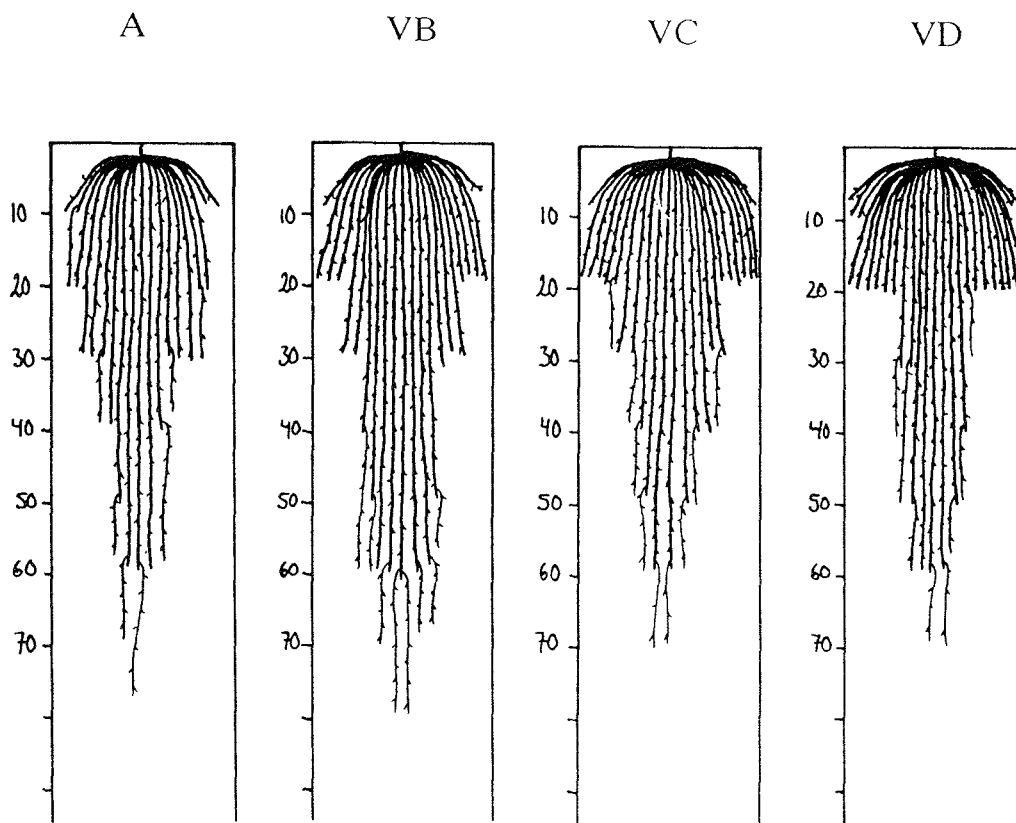
Beståndets utveckling: Led A (20/6) 25 cm högt, 4 blad utvecklade, 2 sidoskott per planta. Led VB (20/6) 29 cm högt i övrigt som led A. Led VC och VD (19/6) 26 cm högt, 3 blad utvecklade, 2 sidoskott per planta.



Figur 2. Rotutveckling Ålbo 19 - 20 juni 1989.

Den 3 - 7 augusti var det inte längre någon större skillnad i rotdjup mellan de olika leden. Antalet rötter i matjorden var dock fortfarande betydligt större i de marktäckta leden.

Beståndets utveckling i led A (7/8) 70 cm högt, sen mjölkognad. Led VB (7/8) 80 cm högt, sen mjölkognad. Led VC och VD (3/8) 75 cm högt, mjölkognad.



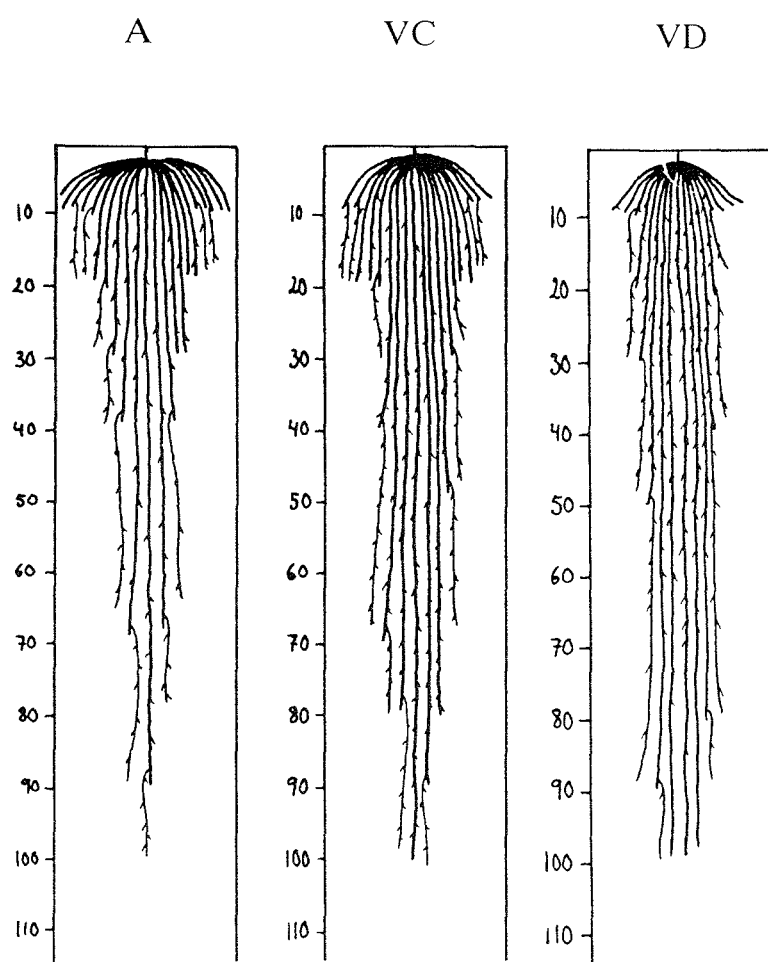
Figur 3. Rotutveckling Ålbo 3 - 7 augusti 1989.

Nibble 1989. Korn

Strukturen i matjorden var den samma i alla led. I skiktet 0 - 5 cm var det ca 5 mm stora granulera aggregat och i skiktet 5 - 20 cm var det ca 5 cm stora fragment som föll sönder i ca 1 cm stora aggregat. I led VC och VD var dessa aggregat något svagare och man kunde lätt smula sönder dem. I led A var det dessutom en tunn svag skorpa i markytan.

Den 8 - 12 juni var det ingen skillnad i rot djup mellan de olika leden. I led A och VC var antalet rötter i matjorden större än i led VD. I led VC och VD var antalet rötter längre ner i profilen större än i led A.

Beståndets utveckling: Led A och VC (12/6), 30 cm högt, 3 blad utvecklade, 2 sidoskott per planta. Led VD (8/6), 22 cm högt, 2 blad utvecklade, 2 sidoskott per planta.

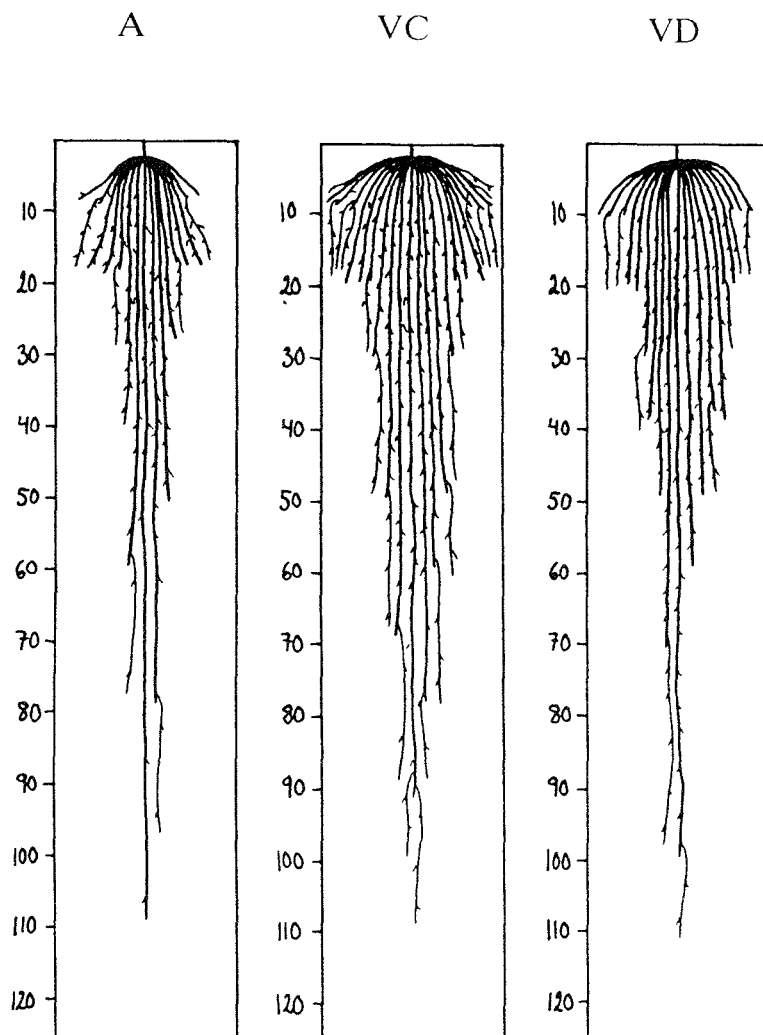


Figur 4. Rotutveckling Nibble 8 - 12 juni 1989.

Den 26 - 27 juni var rottdjupet lika stort i alla led. Rötternas utbredning i matjorden var större i led VC och VD än i led A. Även rotutbredningen längre ner i profilen var större i led VC och VD än i led A.

Matjordslagret var förhårdnat i alla led, kraftigast i led A.

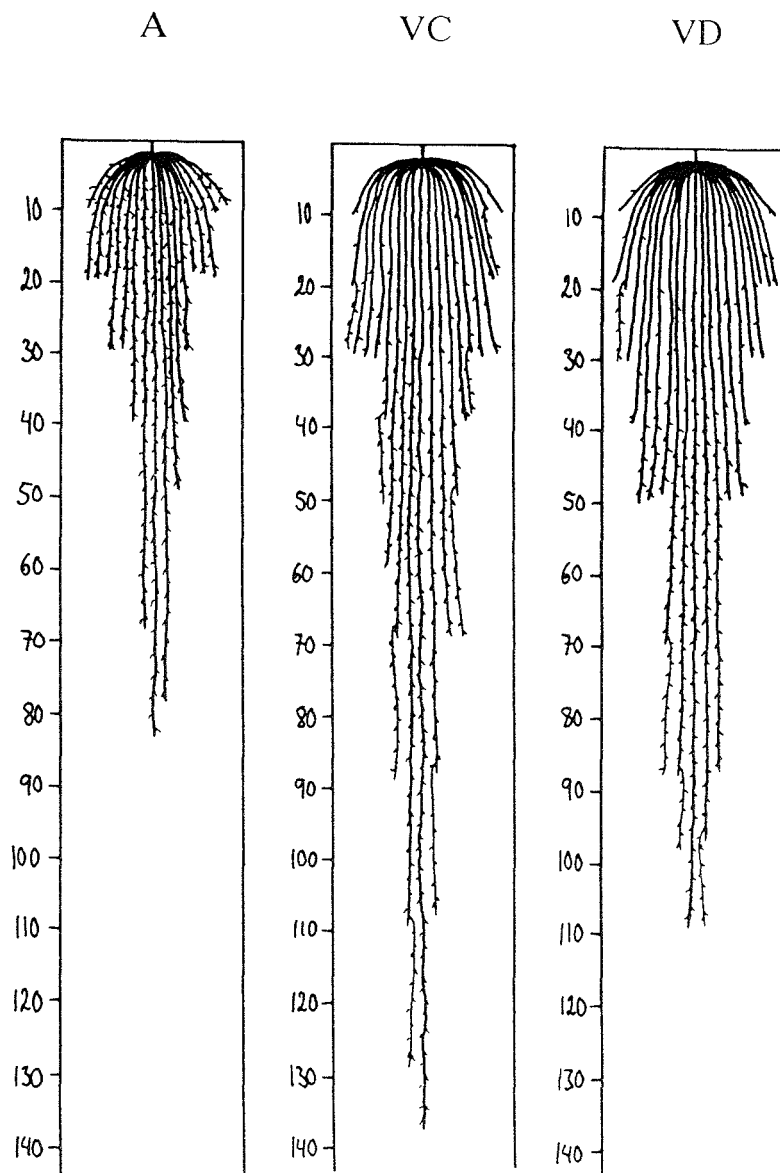
Beståndets utveckling: Led A (27/6), 52 cm högt, axborsten synliga. Led VC och VD (26/6), 58 cm högt, axborsten synliga.



Figur 5. Rotutveckling Nibble 26 - 27 juni 1989.

Den 8 - 9 augusti var rottdjupet störst i led VD och minst i led A. Rötternas utbredning i matjorden var något större i led VC och VD. Antalet birötter var i matjorden mycket större i led A än i led VC och VD. Rötterna i led A var alla gulnade i led VC och VD fanns det fortfarande vita kraftiga rötter.

Beståndets utveckling: Led A (8/8), 52 cm högt, kärnan hård. Led VC (9/8), 65 cm högt, kärnan hård. Led VD (9/8), 70 cm högt, sen degmognad.



Figur 6. Rotutveckling Nibble 8 - 9 augusti 1989.

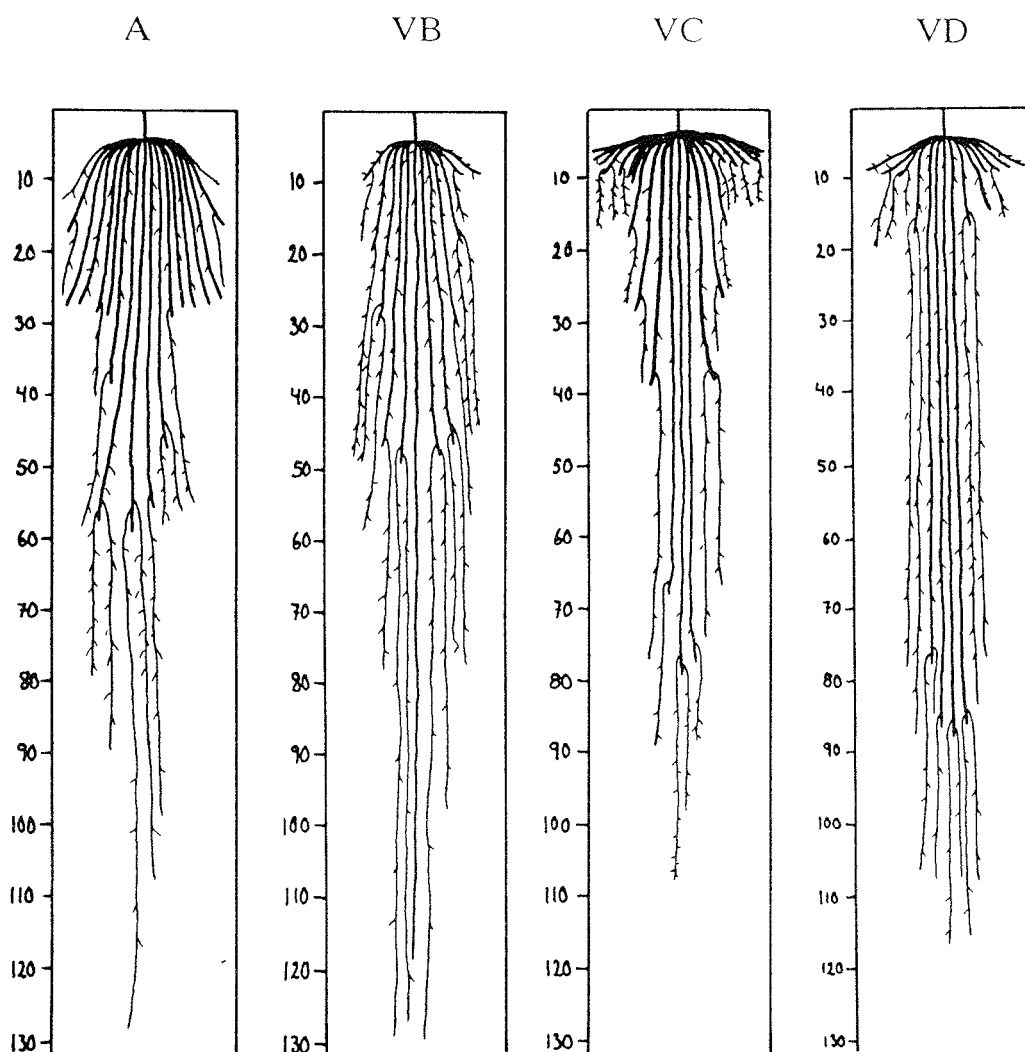
Norrbäck 1989. Havre

Mäktigheten av det postglaciala lerskiktet varierade över fältet. I led A och VB var lerskiktet ca 80 cm djupt, i led VC ca 60 cm och i led VD var det ca 40 cm.

Strukturen i matjorden skilde sig något mellan de olika leden. I skiktet 0 - 5 cm var det i led VB ca 5 cm stora fragment som i fuktigt tillstånd lätt trycktes sönder i små granulära aggregat och enkelkorn. I led A var fragmenten något mindre och i leden VC och VD förekom de inte alls. Under 0 - 5 cm skiktet var strukturen densamma i alla led, en mycket tät struktur som man kunde bryta sönder i ca 3 cm stora aggregat.

Den 13 - 16 juni var rot djupet något större i led A och VB och något mindre i led VC. Rötternas utbredning i matjorden var störst i led A och VD.

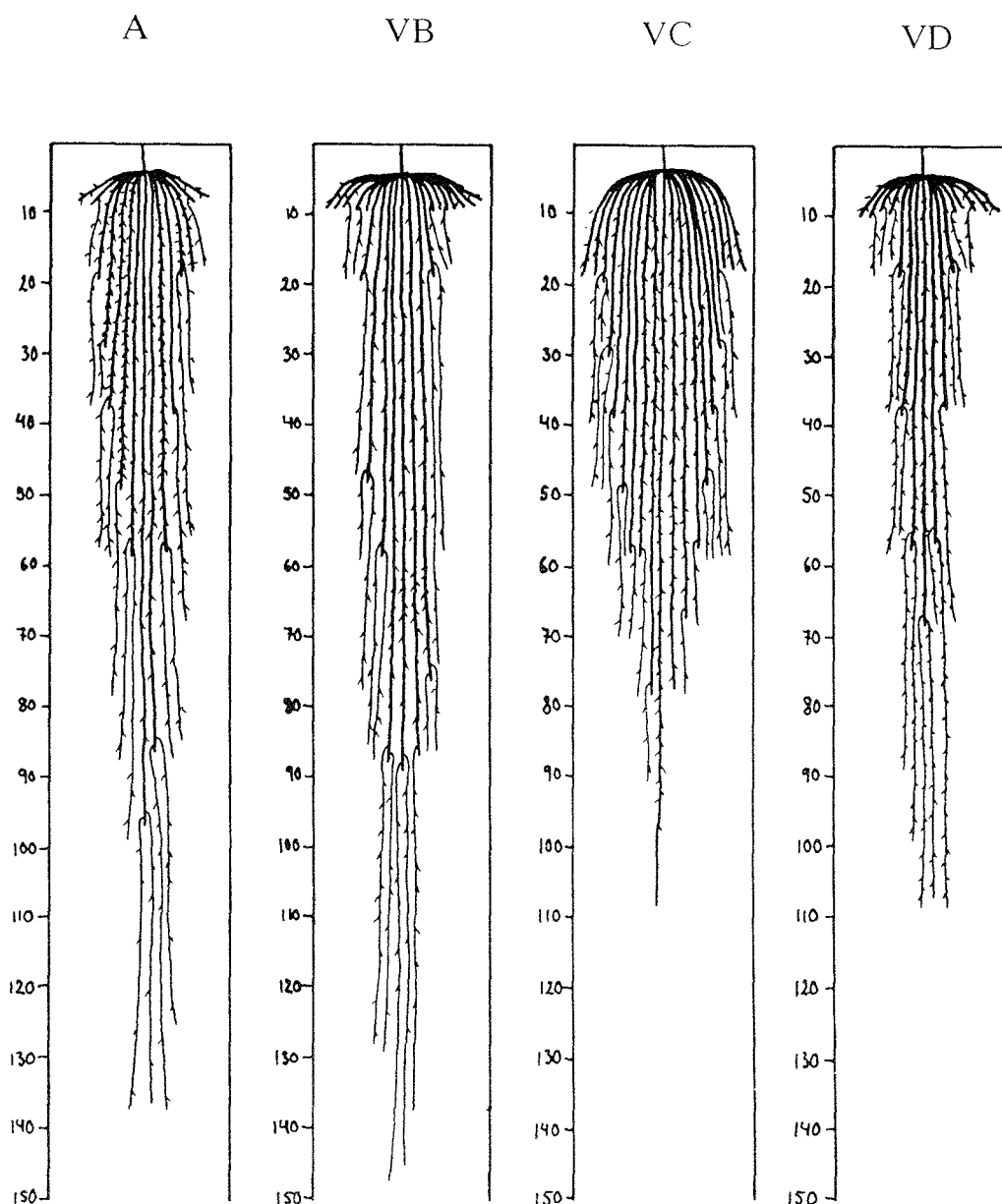
Beståndets utveckling: Led A (14/6), 20 cm högt, 3 blad utvecklade, 2 sidokott per planta. Led VB (13/6), 20 cm högt, 2 blad utvecklade, 2 sidokott per planta. Led VC och VD (16/6), 25 cm högt, 3 blad utvecklade, 2 sidokott per planta.



Figur 7. Rotutveckling Norrbäck 13 - 16 juni 1989.

Den 30 juni - 6 juli var rotdjupet störst i led A och VB. Rotutbredningen i matjorden var däremot störst i led VC, där rötterna också var mer jämnt fördelade i hela profilen.

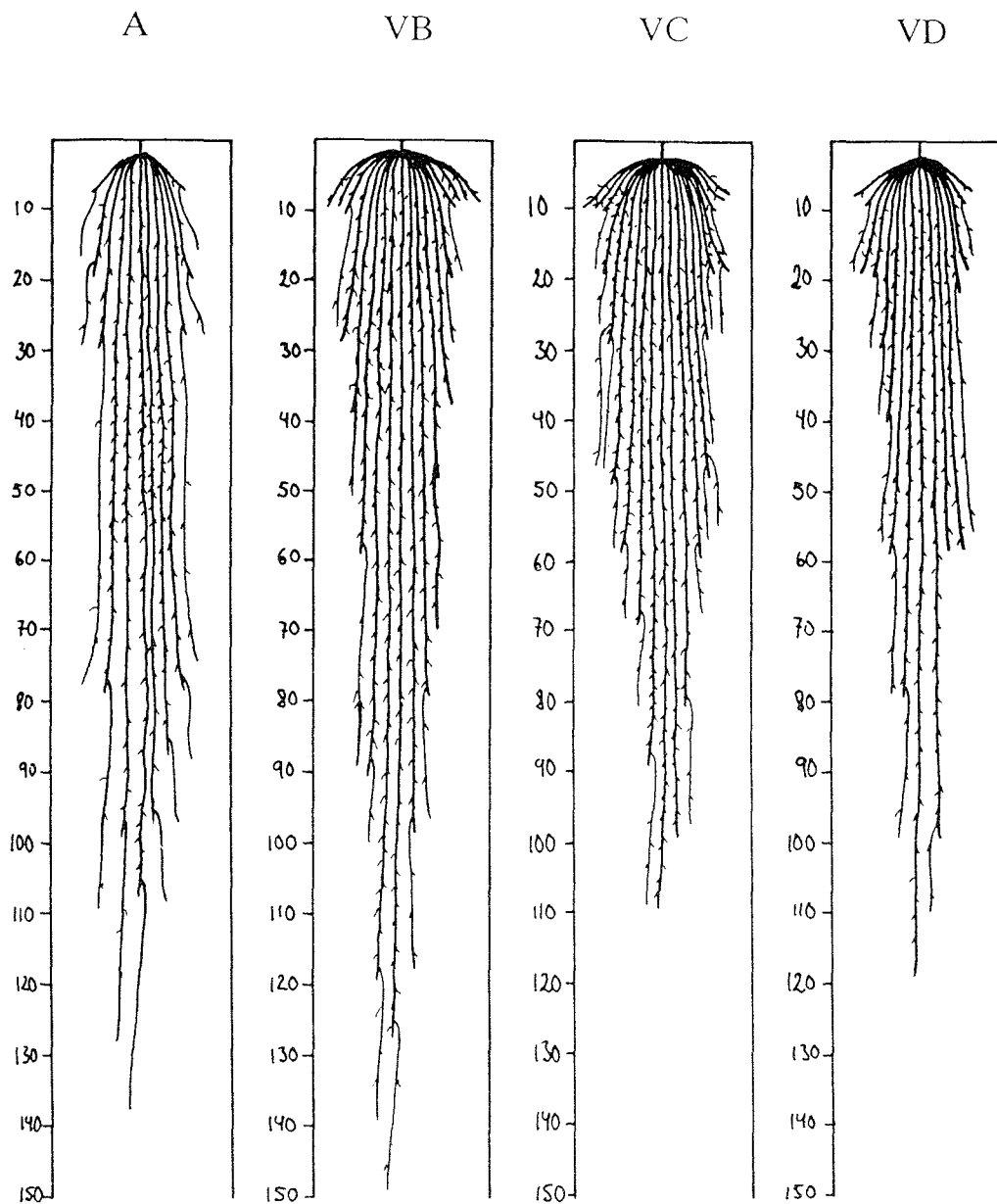
Beståndets utveckling: Led A (30/6), 45 cm högt, de första borsten just synliga. Led VB (3/7), 60 cm högt, halva axet framme. Led VC och VD (6/7), 60 cm högt, begynnande blomning.



Figur 8. Rotutveckling Norrbäck 30 juni - 6 juli 1989.

Den 9 - 11 augusti var rotdjupet störst i led A och VB. Rötternas utbredning i matjorden var störst i led VB och VD.

Beståndets utveckling: Led A (11/8), 55 cm högt, kärnan började bli hård. Led VB och VC, (10/8) 60 cm högt, kärnan började bli hård. Led VD (9/8), 55 cm högt, kärnan började bli hård.

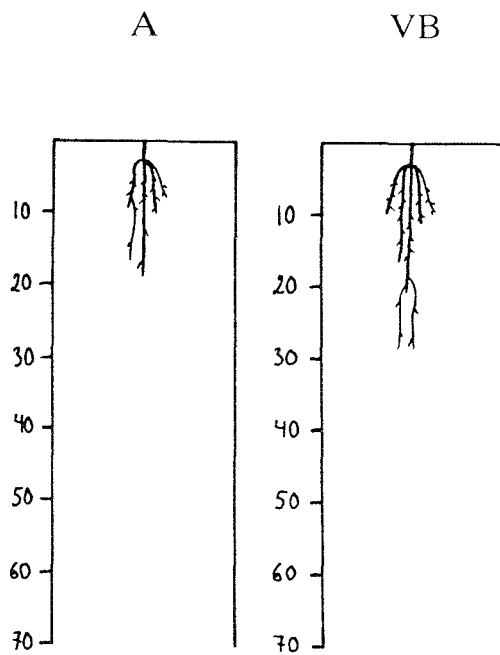


Figur 9. Rotutveckling Norrbäck 9 - 11 augusti 1989.

Ålbo 1990. Havre

Den 11 juni var rot djupet lite större i led VB än i led A.

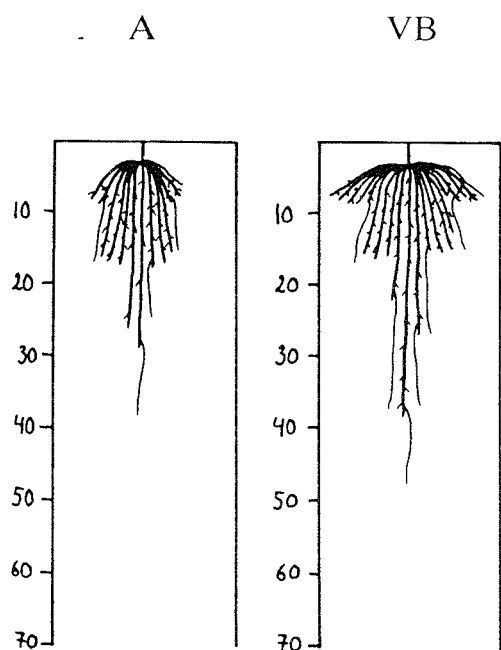
Beståndets utveckling: Led A, 6 cm högt, 2 blad utvecklade. Led VB, 8 cm högt, 2 blad utvecklade.



Figur 10. Rotutveckling Ålbo 11 juni 1990.

Den 16 juli var det något större rot djup i led VB än i led A. Även antalet rötter i matjorden var störst i led VB.

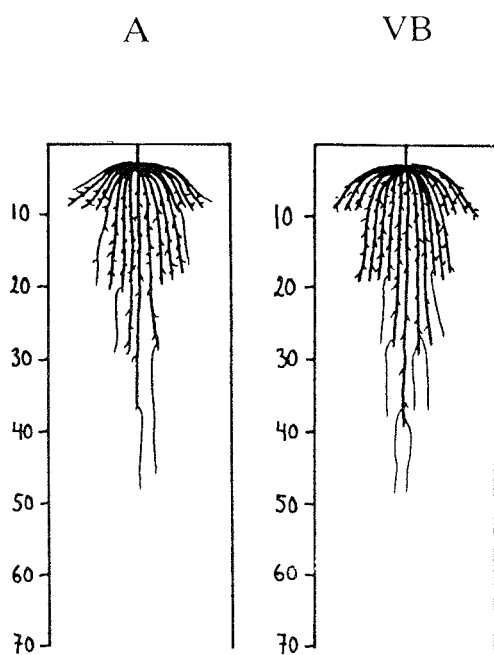
Beståndets utveckling: Led A, 40 cm högt, 2 sidokott per planta, begynnande blomning. Led VB, 50 cm högt, 2 sidokott per planta, begynnande blomning.



Figur 11. Rotutveckling Ålbo 16 juli 1990.

Den 30 juli var det ingen skillnad i rotdjup mellan de olika leden.

Beståndets utveckling: Led A, 50 cm högt, begynnande mjölkmodnad. Led VB, 65 cm högt, mjölkmodnad.



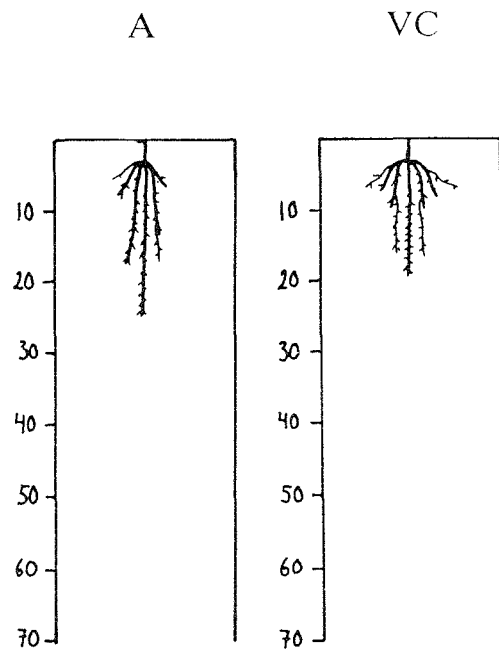
Figur 12. Rotutveckling Ålbo 30 juli 1990.

Nibble 1990. Korn

Strukturen i matjorden var densamma i alla led. I skiktet 0 - 5 cm var det ca 5 mm granulära aggregat. I 5 - 10 cm skiktet var det en tät struktur med skarpkantade aggregat och många små sprickor. I skiktet 10 - 20 cm var strukturen mycket tät med ett fåtal större sprickor och maskgångar.

Den 29 maj var det ingen skillnad i rotutveckling mellan de olika leden. Rötterna hade mycket svårt att penetrera den täta jorden, de växte trassligt och hade mycket förtjockningar.

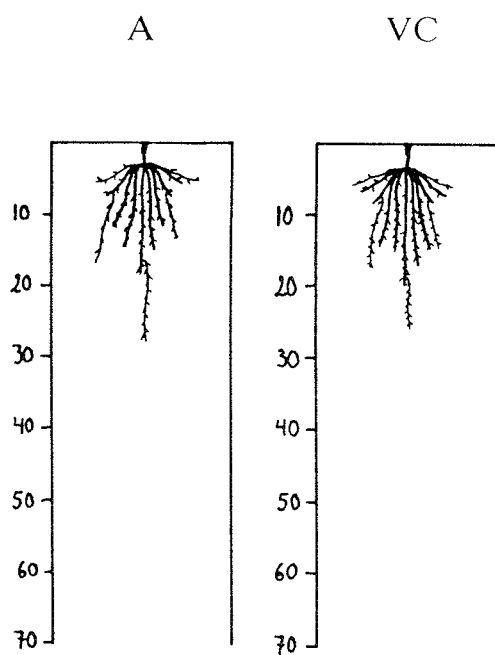
Beståndets utveckling: Led A, 12 cm högt 2 blad utvecklade, begynnande bestockning. Led VC, 15 cm högt 2 blad utvecklade.



Figur 13. Rotutveckling Nibble 29 maj 1990.

Den 8 juni var det heller ingen skillnad i rotutveckling mellan de olika leden. Rötterna karakteriserades fortfarande av det trassliga växtsättet med mycket förtjockningar.

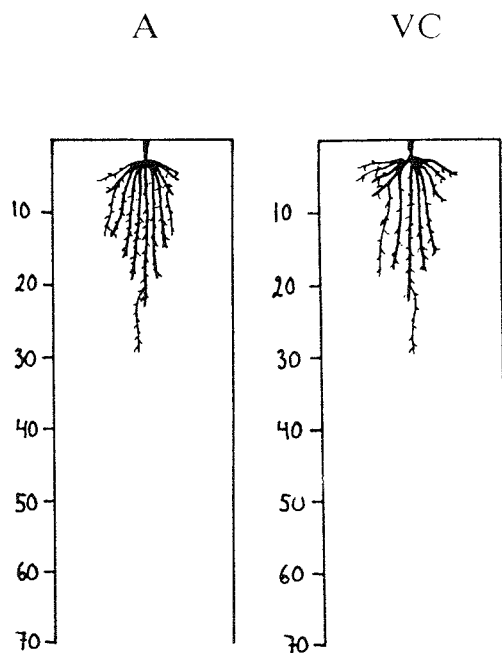
Beståndets utveckling: Led A, 22 cm högt, 2 sidokott per planta. Led VC, 25 cm högt, 2 sidokott per planta.



Figur 14. Rotutveckling Nibble 8 juni 1990.

Inte heller den 18 juni var det någon skillnad i rotutveckling mellan de olika leden. Mitt i den kraftiga förtätningen låg det gamla halmrester, många av rötterna i detta skikt växte inuti halmstråna.

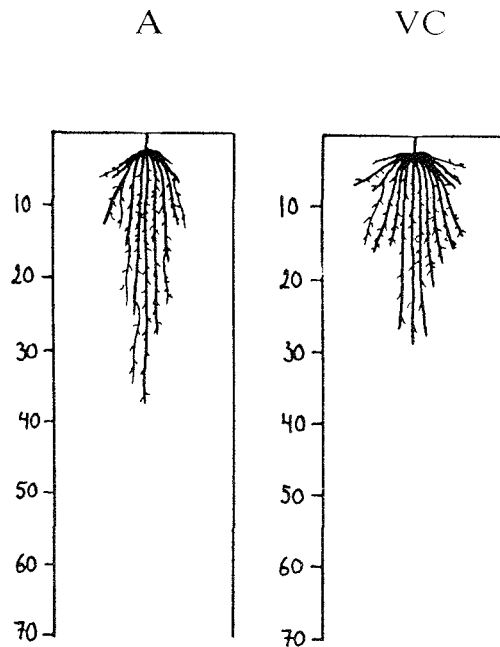
Beståndets utveckling: Led A, 32 cm högt, första borsten synliga. Led VC, 35 cm högt, första borsten synliga.



Figur 15. Rotutveckling Nibble 18 juni 1990.

Allt fler torksprickor gjorde den tidigare så dåliga strukturen något mer gynnsam för rötterna och den 17 juli hade rötterna i led A lyckats ta sig igenom det täta skiktet. I led VC var istället rötternas utbredning i matjorden större.

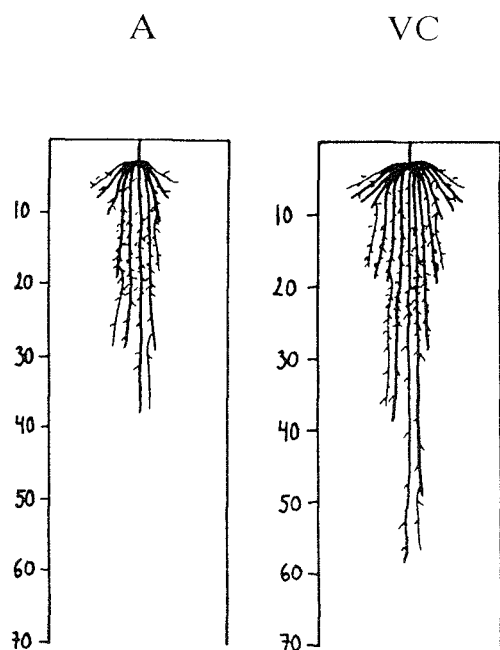
Beståndets utveckling: Led A, 50 cm högt, 3 sidokott per planta, mjölk-mognad. Led VC, 55 cm högt, 2 sidokott per planta, mjölk-mognad.



Figur 16. Rotutveckling Nibble 17 juli 1990.

Den 1 augusti hade även rötterna i led VC tagit sig igenom det täta skiktet och hade då både det största rotdjupet och den största rotutbredningen.

Beståndets utveckling: Led A, 55 cm högt, sen degmognad. Led VC, 60 cm högt, sen degmognad.



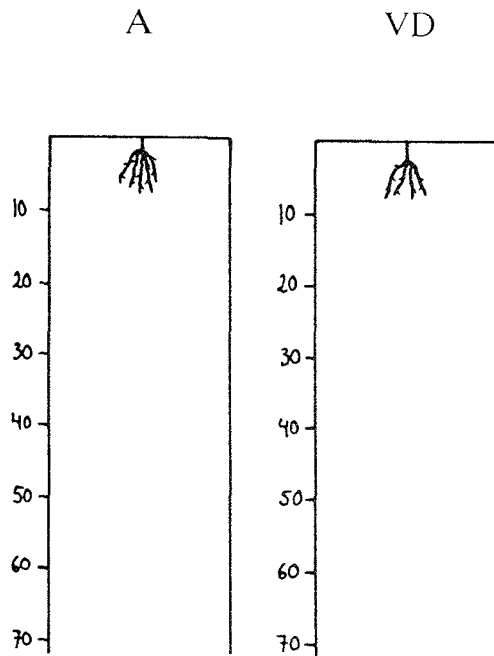
Figur 17. Rotutveckling Nibble 1 augusti 1990.

Norrbäck 1990. Havre

Mäktigheten på skiktet med postglacial lera var i led A ca 50 cm och i led VD ca 40 cm.

Den 14 maj var det ingen skillnad i rotutveckling mellan de olika leden.

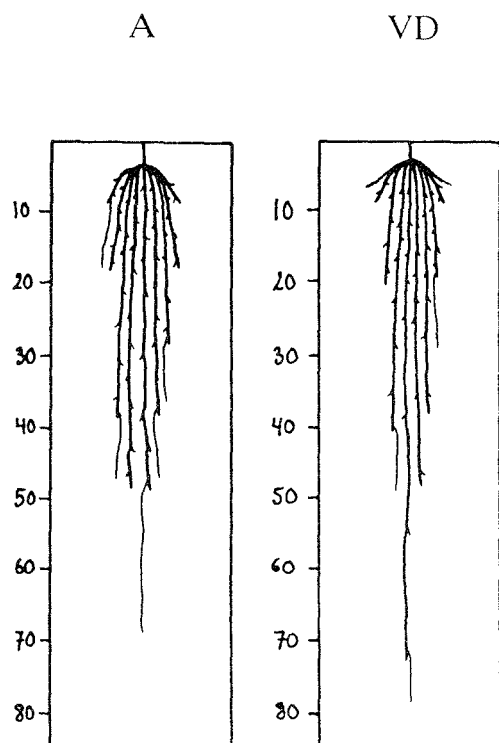
Beståndets utveckling: Ett blad utvecklat i båda leden.



Figur 18. Rotutveckling Norrbäck 14 maj 1990.

Den 6 juni var det något större rotdjup i led VD än i led A. Rötterna i led A hade ett trassligt växtsätt i skiktet 15 - 25 cm där jorden var tät.

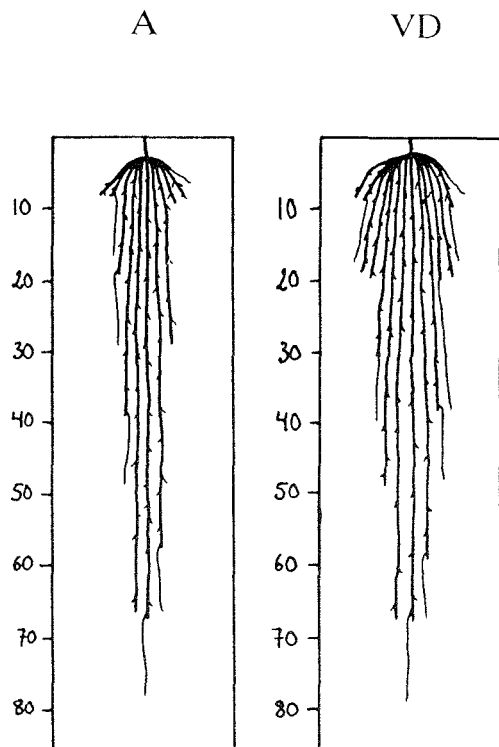
Beståndets utveckling: Båda led, 20 cm högt, 4 blad utvecklade, 2 sidokott per planta.



Figur 19. Rotutveckling Norrbäck 6 juni 1990.

Den 13 juni var det återigen lika stort rottdjup i de båda leden. I led VD var det fler rötter i matjorden.

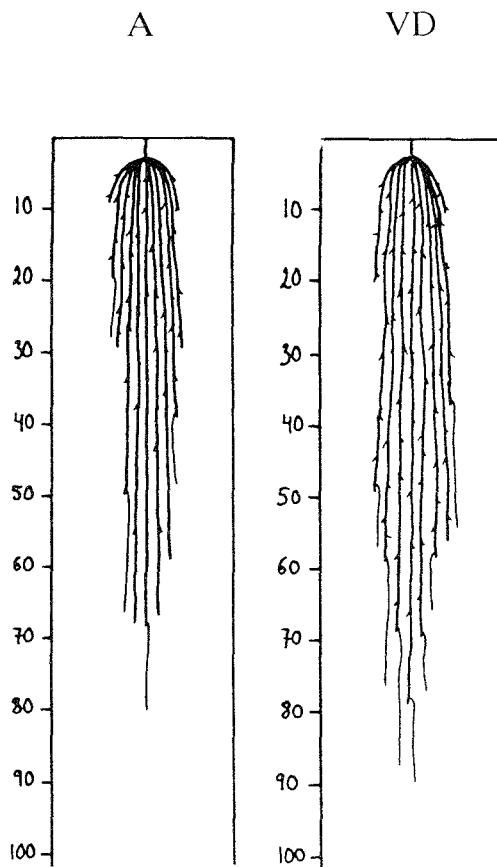
Beståndets utveckling: Led A, 29 cm högt, fyra blad utvecklade, första noden kunde kännas, ett sidoskott per planta. Led VD, 24 cm högt, fyra blad utvecklade.



Figur 20. Rotutveckling Norrbäck 13 juni 1990.

Den 19 juni var det något större rotdjup i led VD än i led A.

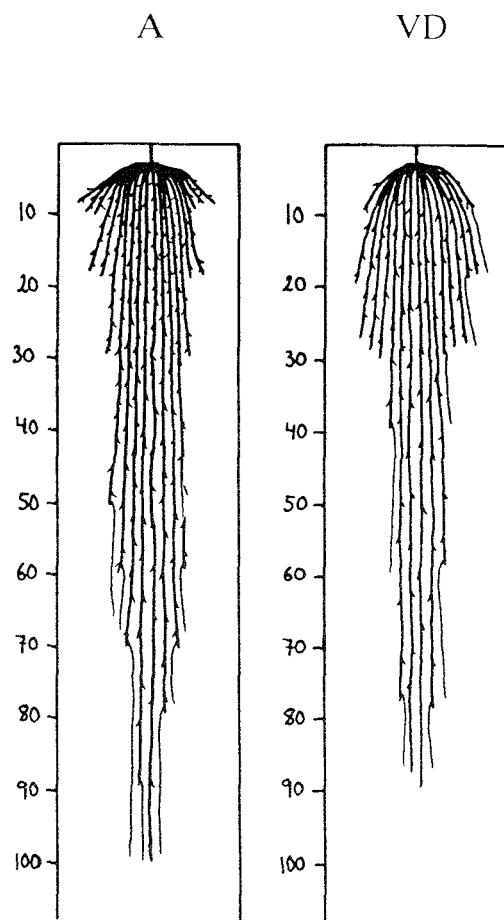
Beståndets utveckling: Led A, 33 cm högt, 2:a noden kunde kännas. Led VD, 29 cm högt, 2 sidoskott per planta, 1:a noden kunde kännas.



Figur 21. Rotutveckling Norrbäck 19 juni 1990.

Den 18 juli var det ett något större rotdjup i led A än i led VD.

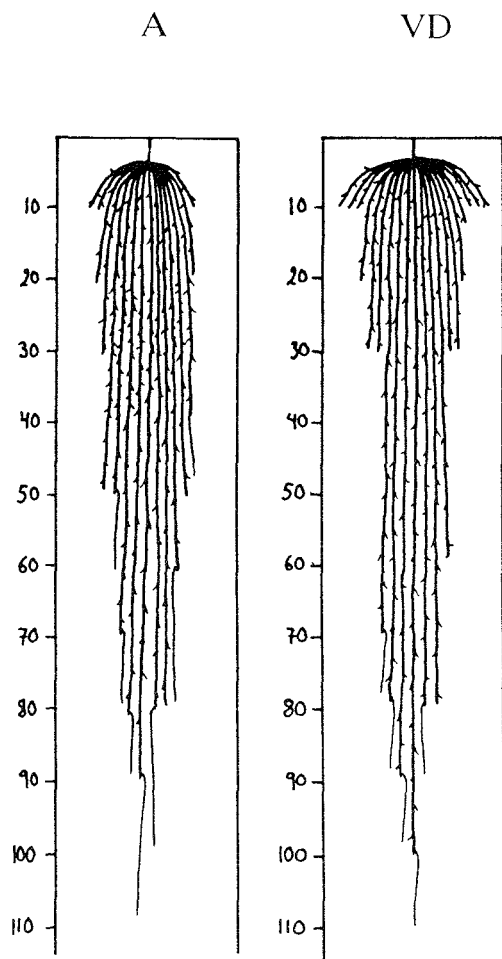
Beståndets utveckling: Båda led 80 cm höga, avslutad blomning.



Figur 22. Rotutveckling Norrbäck 18 juli 1990.

Den 31 juli var det återigen lika stort rotdjup i de båda leden.

Beståndets utveckling: Led A och VD, 85 cm högt, sen mjölkmodnad.



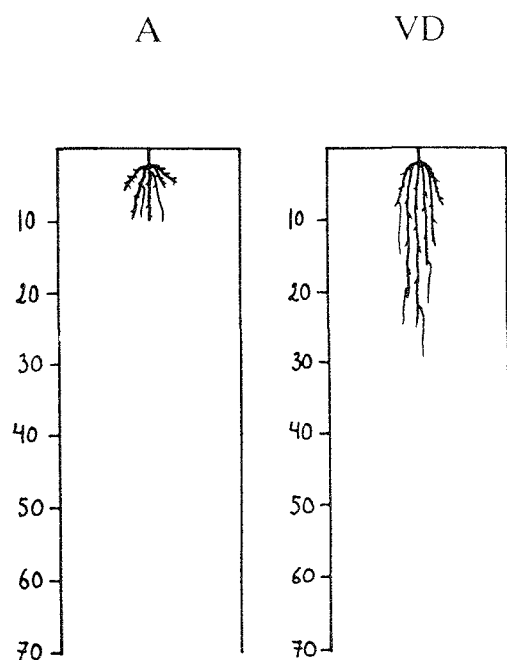
Figur 23. Rotutveckling Norrbäck 31 juli 1990.

Ålbo 1991. Havre

I led A var strukturen i skiktet 0 - 5 cm svag och smulig sand, därunder ett tätt skikt. I led VD i skiktet 0 - 5 cm var det 5 - 10 mm stora aggregat som ganska enkelt smulades sönder och därunder tätt och strukturlöst.

Den 3 juni var det stor skillnad i rottdjup. I led VD hade rötterna växt ner till 30 cm jämfört med det otäckta ledet där rötterna endast växt ner till 10 cm. Antalet rötter var däremot det samma i de båda leden.

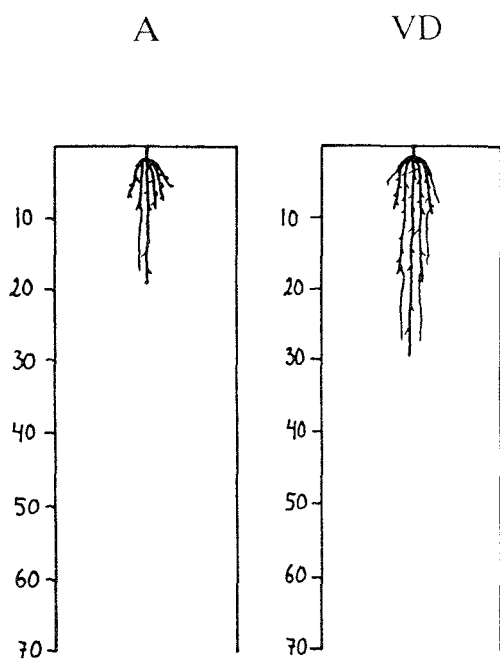
Beståndets utveckling: Led A, mycket ojämn uppkomst, 5 cm högt där det var som bäst, 2 blad utvecklade. Led VD, ett mycket jämnare bestånd, 13 cm högt, 2 blad utvecklade.



Figur 24. Rotutveckling Ålbo 3 juni 1991.

Den 6 juni var det fortfarande störst rotdjup i led VD, men det var ingen skillnad i rotdjupet i led VD mellan denna och den föregående tidpunkten. Antalet rötter var det samma i båda led.

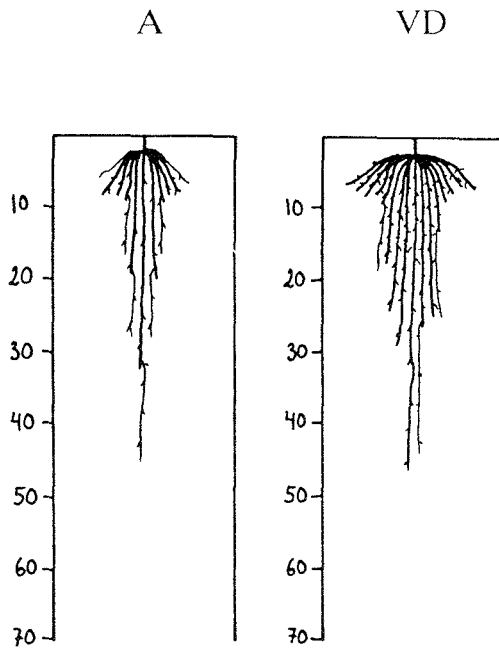
Beståndets utveckling: Led A, 8 cm högt, 2 blad utvecklade. Led VD, 14 cm högt, 2 blad utvecklade.



Figur 25. Rotutveckling Ålbo 6 juni 1991.

Den 25 juni var det inte längre någon stor skillnad i rottdjup mellan de olika leden, men rötternas utbredning i matjorden var större i led VD jämfört med led A.

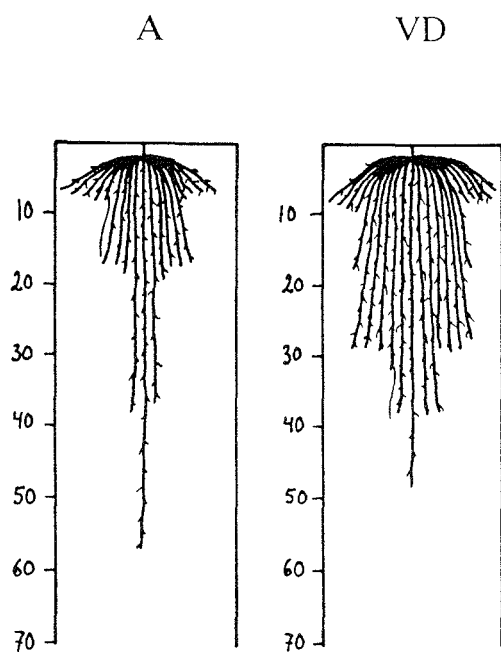
Beståndets utveckling: Led A, 20 cm högt, 4 blad utvecklade, 1 sidokott per planta. Led VD, 30 cm högt, 5 blad utvecklade, 2 sidokott per planta.



Figur 26. Rotutveckling Ålbo 25 juni 1991.

Den 8 juli var det större rotdjup i led A än i led VD. Antalet rötter var däremot betydligt större i led VD än i led A.

Beståndets utveckling: Led A, 45 cm högt, 3:dje noden kunde kännas. Led VD, 55 cm högt, 3:dje noden kunde kännas.

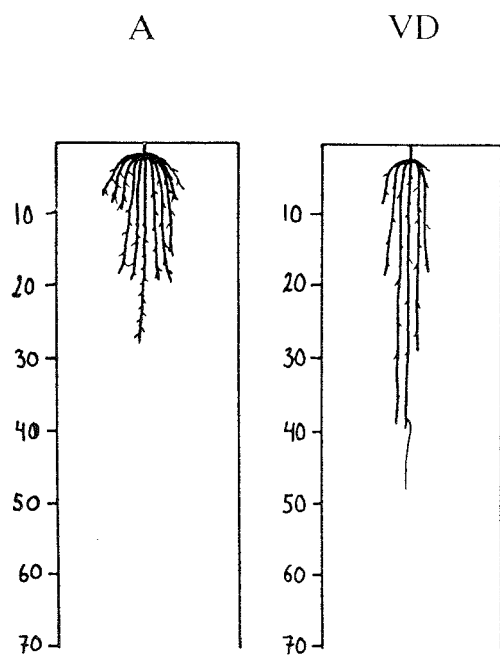


Figur 27. Rotutveckling Ålbo 8 juli 1991.

Norrbäck 1991. Korn

Den 3 juni var det större rottdjup i led VD än i led A. Antalet rötter i led A var däremot betydligt större än i led VD.

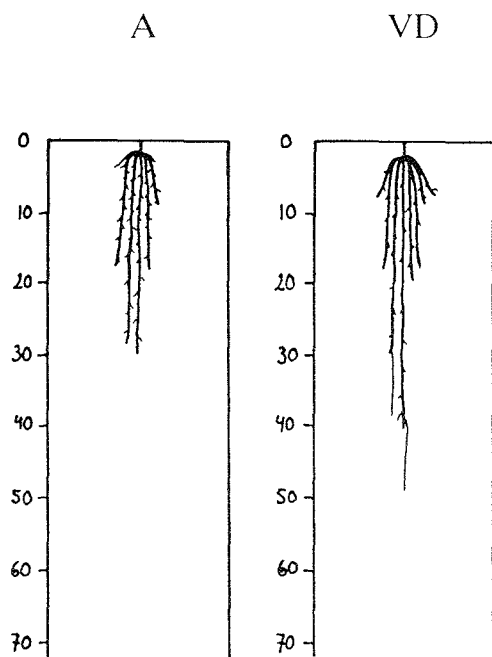
Beståndets utveckling: Led A, 10 cm högt, 3-bladsstadiet, led VD, 14 cm högt, 3-bladsstadiet.



Figur 28. Rotutveckling Norrbäck 3 juni 1991.

Den 6 juni var det större rottdjup i led VD än i led A. Det var ingen skillnad i antal rötter mellan de olika leden.

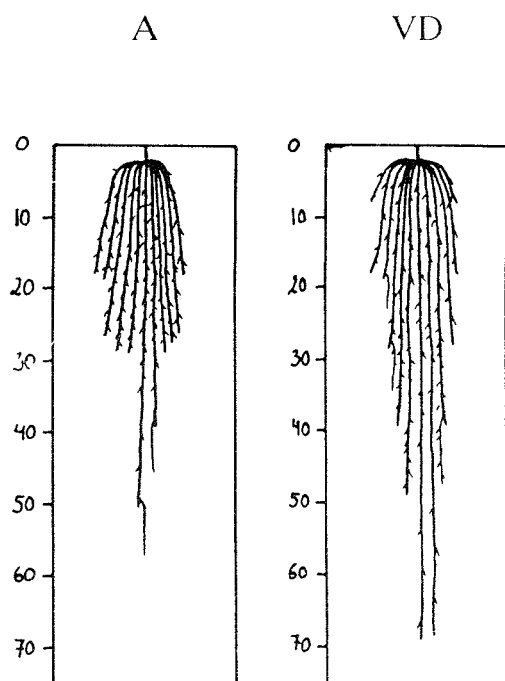
Beståndets utveckling: Led A, 12 cm högt, 3-bladsstadiet, led VD, 15 cm högt, 3-bladsstadiet.



Figur 29. Rotutveckling Norrbäck 6 juni 1991.

Den 20 juni var det fortfarande större rotdjup i led VD än i led A. Antalet rötter var nu lika stort i båda led.

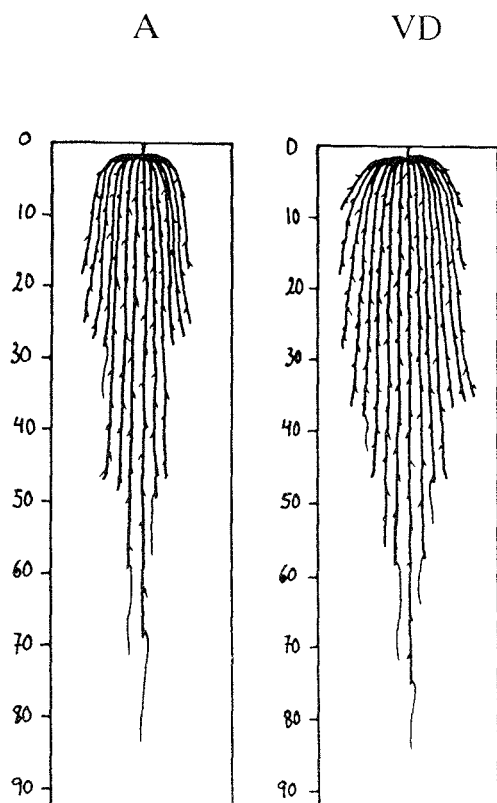
Beståndets utveckling: Led A, 25 cm högt, 2 sidoskott per planta. Led VD, 30 cm högt, 2 sidoskott per planta.



Figur 30. Rotutveckling Norrbäck 20 juni 1991.

Den 29 juni var det inte längre någon skillnad i rotdjup mellan de båda leden (A och VD). Dock något fler rötter i led VD än i led A.

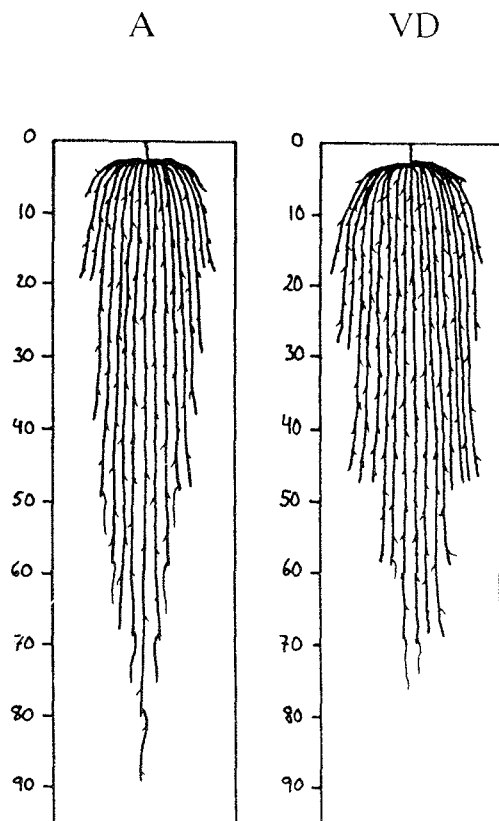
Beståndets utveckling: Led A, 40 cm högt, 3:dje noden kunde kännas. Led VD, 45 cm högt, 4:de noden kunde kännas.



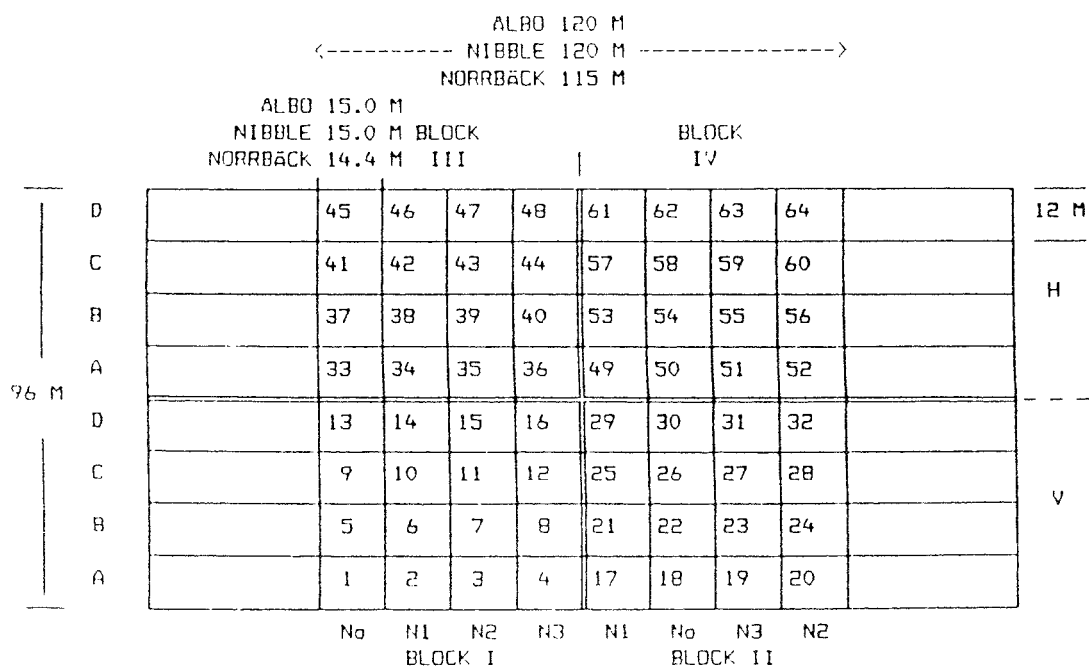
Figur 31. Rotutveckling Norrbäck 29 juni 1991.

Efter mycket regnande låg grundvattenytan, den 10 juli, i led A 80 cm under markytan och i led VD 70 cm under markytan. Det var också större rotdjup i led A än i led VD. Det var däremot något fler rötter i led VD än i led A.

Beståndets utveckling: Led A, 70 cm högt, borsten synliga en del ax just synliga. Led VD, 75 cm högt, borsten synliga en del ax just synliga.



Figur 32. Rotutveckling Norrbäck 10 juli 1991.



Figur 33. Fältplan för försöken med marktäckning på våren och grund inbrukning av organiskt material på hösten.

Följande försöksled ingick:

- A Utan marktäckning
- B Marktäckning med ensilage, cirka 5 ton torrs substans per ha
- C Marktäckning med hackat hö, cirka 5 ton torrs substans per ha
- D Marktäckning med hackad halm, cirka 5 ton torrs substans per ha

- N0 Utan kväve
- N1 40 kg kväve per ha
- N2 80 kg kväve per ha
- N3 120 kg kväve per ha

- V = Marktäckning på våren efter sådden
- H = Tillförsel och grund inbrukning av organiskt material på hösten

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE. Fr o m 1991

- 91:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1990 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 92 s.
- 91:2 Persson, R. & Wesström, I. Markkemiska effekter av bevattning med Östersjövatten på Öland. 23 s + 5 bil.
- 91:3 Eckersten, H. WIGO model. User's manual. 30 s.
- 91:4 Eckersten, H. SPAC-GROWTH model. User's manual. 32 s.
- 91:5 Stenlund, S. Rainwater harvesting - Metoder för uppsamling av regnvatten för bevattning. En litteraturöversikt. 24 s.
- 91:6 Jansson, P-E., Eckersten, H. & Johnsson, H. SOILN model. User's manual. 49 s.
- 91:7 Jansson, P-E. SOIL model. User's manual. 59 s.
- 91:8 Wesström, I. Liste des publications du sujet "Besoin en eau des plantes et irrigation en climat semi-aride". 32 s.
- 92:1 Rockström, J. Framtidens livsmedelsförsörjning i världens torra regioner: Begränsas den av tillgången på vatten? 106 s.
- 92:2 Kerje, T. Erosionsmätningar i Nicaragua. 35 s.
- 92:3 Burujeny, M. B. Dygnsvariation i bladvattenpotential hos raps och senap. Mätningar och simuleringar. 27 s.
- 92:4 Simonsson, M. Rotstudier i några olika ärtsorter. 15 s.
- 92:5 Malm, P. Spridning av flytgödsel med bevattningsmaskin försedd med lågspridningsramp. 46 s.
- 92:6 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1991 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 105 s.
- 93:1 Jansson, C. Rekonstruktion av naturlig vattenföring i Österdalälven och värdering av regleringsnytta. 30 s + 5 bil.
- 93:2 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1992 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 83 s.
- 93:3 Joel, A. & Wesström, I. Vattenhushållning vid bevattning - en studie av tillämpad bevattningsteknik i Sidi Bouzid-distriktet, Tunisien. 54 s.
- 93:4 Jansson, P-E. SOIL model. User's Manual. Second edition. 65 s.
- 93:5 Danförs, B. & Linnér, H. Resursbevarande odling med marktäckning och grund inbrukning av växtmaterial. 86 s.
- 93:6 Jansson P-E. PLOTPE. User's manual. 33 s.
- 93:7 Båth, A. Studier av rotutveckling och markvattenhalt i försök med marktäckning. 71 s.

