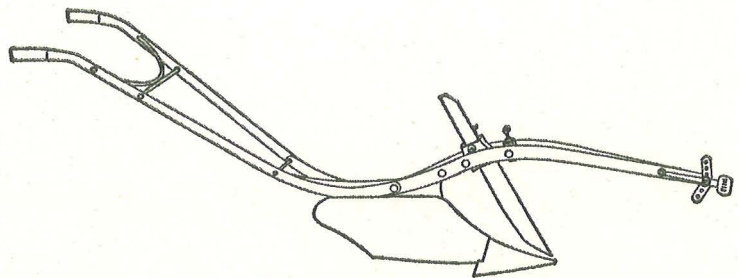




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 50

2005

Ararso Etana

Jordpackningens verkan på grödan under olika väderleksförhållanden

Crop response to soil compaction as influenced by weather conditions

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--50--SE

Förord

I denna rapport redovisas resultat från ettåriga packningsförsök som utfördes under 70-80 talet. Fältförsöken genomfördes vid avdelningen för jordbearbetning, institutionen för markvetenskap, SLU under ledning av professor emeritus Inge Håkansson. Mellan åren 1969 och 1981 utfördes packningsförsök med olika ändamål. I rapporten ingår resultat från packningsförsök utförda vid vårsådd. Klimatdata för uppskattning av markens fuktighet erhöles från SMHI. Arbetet för databearbetning och sammanställning finansierades av SLF.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Backgrund.....	4
Material och metoder	5
Uppskattning av markens vattenhalt och luftfylld porositet under vegetationsperioden.....	6
Resultat och diskussion.....	7
Slutsater	8
Referenser	26

Sammanfattning

Markpackning har varit ett stort problem allt sedan mekaniseringen och intensifieringen av växtproduktionen. För att karlägga olika jordars och gröders packningskänslighet utförde avdelningen för jordbearbetning vid institutionen för markvetenskap, SLU, omfattande ettåriga markpackningsförsök mellan åren 1969 till 1981. Antalet försök uppgick till över 100 och var fördelade över hela landet. I de flesta försök ingick fyra led (ingen packning, lätt packning, normal packning och stark packning).

Packningsskadorna karakteriserades med hjälp av den s.k. packningsgraden (D). Denna definieras som jordens torra skrymdensitet i fält i % av torra skrymdensiteten i samma jord sedan den på laboratoriet packats med en vertikal tryck av 200 kPa. I en nyplöjd mineraljord är D omkring 65 och måste återpackas för att förbättra jord/rot kontakt och kapillär ledningsförmåga för vatten. Är D omkring 100, så är jorden starkt packad. Den optimala packningsgraden för korn, som var försöksgröda i studierna som redovisas här, ligger omkring 87. Vid utförandet av försöken följdes ett likartat schema. Det förekom dock variation i packningsgradsoptimet från år till år för ett flertal försöksplatser och serier. Den främsta orsaken till de varierande resultaten mellan åren kan ha varit att väderleken under vegetationsperioden varierade. Med denna hypotes analyserade vi skörderesultat från 53 försök med vårsådda grödor genom att använda mark- och väderleksdata. Föreliggande rapport omfattar följande serier: jordpackning i vårsäd (R2-7204, 13 försök), olika jordars packningskänslighet (R2- 7210, 24 försök), Jordpackning – olika kornsorter (R2-7211 & 7212, 9 försök), vårsådda gröders packningskänslighet (R2-7213, 3 försök), ettåriga packningsförsök i korn (R2-7214, 4 försök).

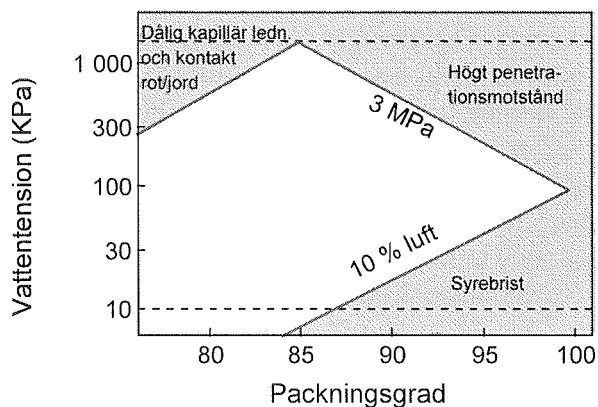
Från mark- och klimatdata simulerades markens vattenhalt under vegetationsperioden. Data för nederbörd, lufttemperatur, vindhastighet och relativ fuktighet erhöles från närliggande klimatstationer. För simuleringen av markens vattenhalt användes COUPModel . Med hjälp av de erhållna simuleringsresultaten och packningsgraden bedömdes om det hade inträffat en kritisk situation vad gällde syre- och vatten/näringsbrist och om markens penetrationsmotstånd hade varit för hög. Resultat av statistisk analys visade att de mest betydelsefulla faktorer för inverkan av packningsgraden på skörden var vattenhalt vid packning > såtid > extrem torka under vegetationsperiod > tillfälligt vattenbrist > för hög markfuktighet (syrebrist) under vegetations perioden. Hög vattenhalt vid packningen resulterade i hög packningsgrad men den hade mindre betydelse för skördesänkningen. Tidig sådd i många försök mildrade den negativa inverkan av packningen särskilt under extrem torra växtsäsonger, då nederbörden var så låg att markens vattenhalt minskade kraftigt under hela vegetationsperioden. Annars orsakade långvarig vattenbrist stora skördesänkningar i hårt packade led. Däremot observerades stigande skörd med ökande packningsgrad om det hade varit korta perioder med vattenbrist. Det orsakade förskjutning av packningsgradsoptimet. Högst avkastning erhöles för 55 % av de här rapporterade försöksresultaten vid den så kallad packningsgradsoptimum (omkring 87 för korn). Trendanalys indikerade att den siffran kunde ha varit betydligt högre om man vid packningsförsöket hade lyckats skapa packningsgradsoptimet i alla försök.

Backgrund

Markpackningens effekt på grödan beror i hög grad på väderleksförhållandena under vegetationsperioden. Bland väderleksparametrarna räknas nederbörden och temperaturen till de viktigaste när det gäller packningens inverkan på grödan (Lipiec & Simota, 1994). Om till exempel inträffas en torr period omedelbart efter packningen torkar jorden snabbt upp och skrymdensiteten ökar ytterligare. Penetrationsmotståndet blir för högt och rotutvecklingen hämmas kraftigt. Det mekaniska motståndet kan förvärras av skorpbildning om jorden är skorpbildningsbenägen. Grödan lider av vattenbrist och växtnäringsoptagningen blir mycket lägre än den potentiella. Även om vattentillgången blir normal under senare utvecklingsperiod blir skördenivån lägre än "den normala" på grund av hämmad utveckling i början av vegetationsperioden.

I Sverige har man sedan länge karakteriserat markens packningstillstånd med hjälp av den s.k. packningsgraden (Håkansson, 1990; Håkansson, 2000). Packningsgrad (D) definieras som jordens torra skrymdensitet i fält i % av torra skrymdensitet i samma jord sedan den på laboratoriet packats med ett tryck av 200 kPa. Jordproverna packas i löst och fuktigt tillstånd så att man får den starkaste packning som är möjligt med det använda trycket. Grödans avkastning är väl relaterad till packningsgrad oavsett jordart. I en nyplöjd mineraljord är D omkring 65 och måste återpackas för att förbättra jord/rot kontakt och kapillär ledningsförmåga för vatten. Är D omkring 100, så är jorden starkt packad.

I figur 1 illustreras kombination av markens packnings- och fuktighetstillstånd, som påverkar andra markfysikaliska egenskaper. I figuren anges de kritiska gränserna för penetrationsmotstånd och luftfylld porositet. Dessa parametrar är starkt beroende av markens packnings- och fuktighetstillstånd (Håkansson, 2000). I en lucker jord brukar det inträffa vatten- och/eller näringsbrist under torr period. Vattentensionen är för hög och det råder dålig kontakt mellan jordpartiklar och rötterna. Vid hög packningsgrad och för låg vattenhalt i marken växer rötterna dåligt på grund av högt penetrationsmotstånd. Vid för hög packningsgrad och vattenhalt kan det uppstå syrebrist. Således råder det gynnsamma förutsättningar i det vita fältet medan i det skuggade är sannolikheten för skördeminskning stor.



Figur 1. Schematiskt diagram över effekter av packningsgrad och vattentension på grödans utveckling (efter Håkansson & Lipiec, 2000)

Avdelningen för jordbearbetning vid institutionen för markvetenskap, SLU utförde många ettåriga markpackningsförsök mellan åren 1969 och 1981. Antalet försök uppgick till över 100 och var fördelade över hela landet. Resultaten av dessa och av kompletterande mätningar visade att antalet överfarter, fordonsvikten och fuktigheten vid körning hade stor betydelse för packningsgraden (Håkansson, 1986; Ljungars, 1977). För att undvika packningens efterverkan förflyttades de enskilda försöken varje år till nya försöksplatser, vanligen inom samma gårdar, men till ungefär samma jordart. Dessutom följdes ett likartat schema för packning, såbäddsberedning, gödsling och skörd. Det visade sig att den optimala packningsgraden (den som gav högsta skörd) var oberoende av jordarten men varierade från år till år för ett flertal försöksplatser och serier. Vi antog hypotesen att inverkan av packningen inte bara beror på den aktuella packningsgraden utan också på väderleksförhållanden under vegetationsperioden. För att testa hypotesen samlade vi väderleks- och markdata för att uppskatta markens vatten- och luftförhållanden under vegetationsperioden och analyserade skörderesultaten .

Material och Metoder

I de ettåriga försöksserierna, som utfördes mellan åren 1969 till 1981, ingick följande led:

- A) Ingen packning
- B) Lätt packning - en överfart, lätt traktor med lågt ringtryck
- C) Normal packning - en överfart, medelstor traktor med högt ringtryck
- D) Stark packning - fyra överfarter, medelstor traktor med högt ringtryck

I försöksserierna R2-711 och R2-7212 ingick endast tre led (A, B och D). Då försöksverksamheten utfördes var traktorerna mycket lättare än dagens men däcktrustningarna var sämre än de som används idag. Således lätta och medelstora traktorer som användes i försöken vägde totalt ca två respektive tre ton (tabell 1). För att undvika packningens efterverkan förflyttades de enskilda försöken varje år till nya försöksplatser, vanligen inom samma gårdar, men till ungefär samma jordart. Dessutom följdes ett likartat schema för packning, såbäddsberedning, gödsling och skörd. I försöken bestämdes jordart, vattenhalt vid packningen, matjordens packningstillstånd och försöksgrödans avkastning.

I försöken ingick serier med både höst- och vårsådda grödor, men i analysen inkluderades endast packningsförsök vid vårsådd. Från dem uteslöts de försök som inte ligger i närheten av någon klimatstation. Således ingick i denna rapport resultat från 53 försök (tabell 1). Rapporten omfattar följande serier: jordpackning i vårsäd (R2-7204, 13 försök), olika jordars packningskänslighet (R2-7210, 24 försök), Jordpackning – olika kornsorter (R2-7211 & 7212, 9 försök), vårsådda grödors packningskänslighet (R2-7213, 3 försök), ettåriga packningsförsök i korn (R2-7214, 4 försök).

Det övergripande syftet med dessa försök har varit att undersöka effekten av traktorkörning vid såbäddsberedningen på våren på matjordens packningsgrad och på grödans avkastning. I försöken bestämdes vattenhalt vid packningstidpunkt, den torra skrymdensiteten efter packning och den så kallade standardpackning. Från standard packningen och packningsgraden beräknades packningsgraden (Håkansson, 1990; 2000). De insamlade mark- och maskindata anges i tabell 1. Jordarterna varierade från lätta till styva leror. En serie med organogen jord var också inkluderad.

Tabell 1. Mark- och maskindata för de olika försöksserierna (traktor A användes i led A och traktor B användes i resten av behandlingarna. Traktorer som har använts vid packningen kan ha varit andra än som angavs i tabellen, men den totala vikten var nästan lika varje år för enskilda försöksserier)

Försöksserie	Plats/år	Traktor: A B	totalvikt (kg)	Däckdimension		Partikelstorleksfördelning i matjord				
				Bak	Fram	Ler	Mjäla	Mo	Sand	MH
R2-7204	Olika platser 1969-72	MF 135 BM 36	1700 3500	11/28 13/30	6,0x16 7,5x18	Varierade jordart med leralt från 7% till 50%				
R2-7210/201	Ugerup 1971- 74	BM 400 BM 350	2040 3000	12,4X36 13,6X38	7,5X16 7,5X18	6	4	39	47	4
R2-7210/202	Ugerup 1971- 74	BM 400 BM 350	2040 3000	12,4X36 13,6X38	7,5X16 7,5X18	11	9	54	22	4
R2-7210/203	Ugerup 1971- 74	MF 178	3060	14x34	7.50x16	39	24	23	10	4
R2-7210/168	Stenstugu 1972- 75	BM 320 Ford 5000	1950 3510	11x32 13,6x38	6,0x16 7,5x16	26	18	30	23	3
R2-7210/580	Hörsne 1972-75	Bust. 320 Bust. 400	1960 2700	11x32 13,6x36	6,0x16 6,5x16					66
R2-7210/AC	Röbäcksdalen 1971-74	MF 135S BM 350	1850 3600	12,4x28 12,4x38	6,0x16 7,6x18	13	47	30	6	4
R2-7211/12	Uppsala 1974-1977	MF 135 MF 16	1680 2530	12,4x28 13,6x36	5,0x16 7,5X16	50	28	16	1	5
R2-7213	Lönnstorp 1975-77	BM 430 ^D	2830	12,4X36	7,5X16	19	14	42	22	3
R2-7214	Lönnstorp 1978-1981	BM 430 Boxer 350	2490 2730	12,4x36 11x38	7,6x16 7,5X18	17	15	36	29	3

D- dubbelmontage

Uppskattning av markens vattenhalt och luftfylld porositet under vegetationsperioden

För att kunna uppskatta markens vattenhalt och porositet av försöksmarken utnyttjades klimatdata (nederbörd, lufttemperatur, vindhastighet och relativ fuktighet) från närliggande klimatstation, som erhöles från SMHI. I bilaga 1 till 6 anges nederbördsdata från mars till juli. Markdata såsom textur och skrymdensitet var också nödvändiga för simuleringen. För simuleringen av markens vattenhalt användes COUPModel (Jansson & Karlberg, 2004). Från textur- och skrymdensitetsdata uppskattades bindningskurvas parametrar, som behövdes i modellen, med hjälp av RETC programmet (Genuchten m.fl., 1991).

Från Simuleringsresultaten och packningsgraden gjordes bedömning av kritiska tillstånd på grund av syrebrist, penetrationsmotstånd och vatten/näringsbrist. Bedömningen gjordes kvalitativt för det saknades data för penetrationsmotstånd samt att markens vattenhalt och skrymdensitet bestämdes endast vid packningen. Således baserades simuleringen på den aktuella skrymdensiteten vid packningen. Skrymdensiteten är en dynamisk parameter och dess förändring under vegetationsperioden beror bland annat på markfuktigheten.

Statistisk bearbetning utfördes med statistiska programmen ”The Unscrambler” (<http://www.camo.no>) och Sas (<http://www.sas.com/>). De mest använda analysverktygen i statistikprogrammen var trendanalys, faktoriell anova. Framför allt

användes PCA (Principal Component Analysis) från "The Uncrambler" för att identifiera vilka faktorer var mest betydelsefulla för packningens inverkan på grödans avkastning.

Resultat och diskussion

I figur 2-14 redovisas packningsgraden och grödans avkastning. Inom parantes vid skördeår anges vattenhalten vid packningen. I figur 15-27 redovisas matjordens vattenhalt, simulerad från väderleks- och markdata. Pilen i figurerna visar såtid och vattenhalten vid packningen. Från simuleringen gick inte det att precisera vattenhalten för enskilt led på grund av otillräcklig data. Det berodde på att både vattenhalten och skrymdensiteten bestämdes endast vid packningstidpunkterna. Därför ger simuleringsresultaten endast en indikation om vattenhushållningen. Figurerna gav ändå en bättre bild av situationen än vad regndata gjorde..

Högst skörd erhöles för 55,2 % av de analyserade försöken vid den så kallade optimala packningsgraden (omkring 88 för försöksgrödan). Trendanalys visade dock att om man hade lyckats skapa den så kallade packningsgradoptimum i alla försök kunde den siffran varit mycket högre. Andelen försök som gav högst skörd vid D som var lägre än 87 var 22,4 %.. För 10,2% av försöken behövdes det högre packningsgrad än den optimala för högst skörd. För resten 12,2 % observerades ingen trend i skördenivån som kunde förklaras med packningsgraden. Lägst skörd erhöles mest vid högsta packningsgrad (för 62 % av försöken), men också vid för låg packningsgrad (för 41 % av försöken). I de flesta försöken var packningsgraden i ledet med stark packning endast omkring 92.

Allmänt kan man dela resultatet i fyra grupper:

- 1) Stigande skörd med ökande packningsgrad: Anledningen kan vara att matjorden behövde återpackning samt att packningsgraden inte nått den skadliga.
- 2) Parabolform, dvs att skörden steg först och sedan föll när packningsgraden ökade ytterligare. Teoretiskt förväntade man sig ett sådant resultat.
- 3) Fallande skörd med stigande packningsgrad: Anledningen kan ha varit strukturskador som tyvärr inte kunde förklaras med skrymdensiteten. En annan orsak kan ha varit extrem torra i kombination med sen sådd.
- 4) Utan tydlig trend: Denna grupp utgjorde 12,2 % av försöken. Flertal orsaker kan ligga bakom ett sådant utfall.

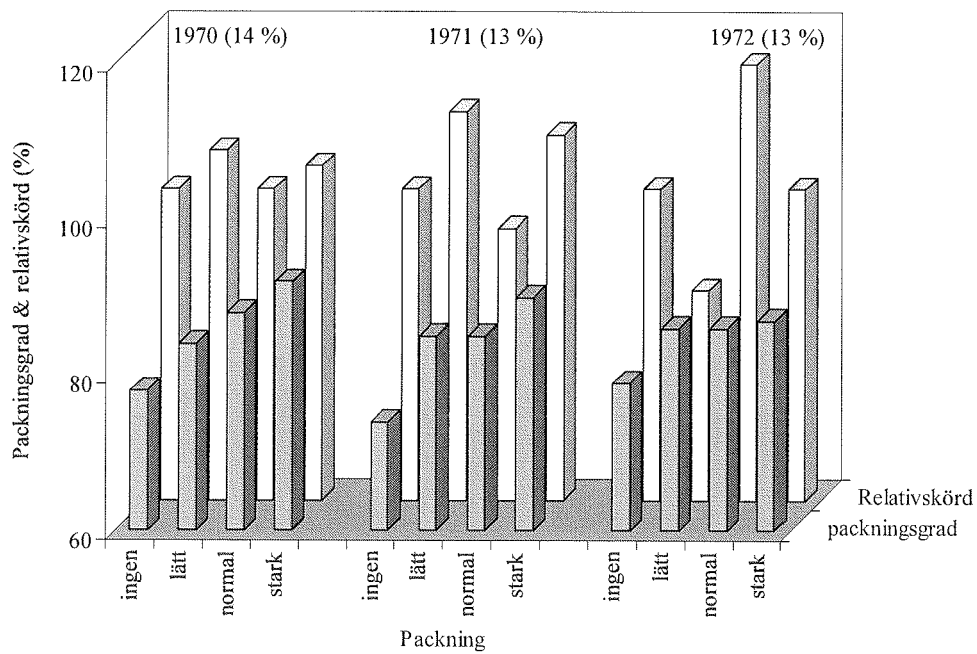
De mest betydelsefulla faktorer för inverkan av packningsgraden på skörden var vattenhalt vid packning > såtid > extrem torra under vegetationsperiod > tillfälligt vattenbrist > för hög markfuktighet (syrebrist) under vegetations period. Hög vattenhalt vid packningen resulterade i hög packningsgrad men den hade mindre betydelse för skördesänkningen. Tidig sådd i många försök mildrade den negativa inverkan av packningen särskilt under extrem torra växtsäsonger, då nederbörden var så låg att markens vattenhalt minskade kraftigt under hela vegetationsperioden. Annars orsakade långvarig vattenbrist stora skördesänkningar i hårt packade led. Däremot observerades stigande skörd med ökande packningsgrad om det hade varit korta perioder med vattenbrist. Det orsakade förskjutning av packningsgradsoptimet.

Det var inte någon indikation på syrebrist på grund av hög markfuktighet förutom i ett försök år 1972 (figur 5).

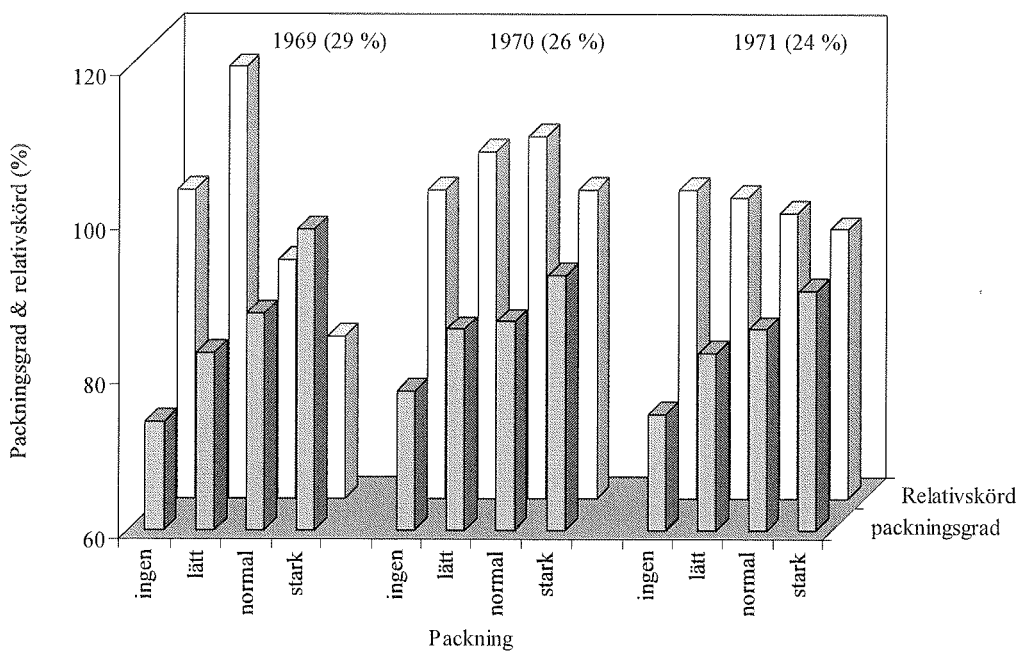
Det finns en stor skillnad i skrymdensiteten och andra markfysikaliska egenskaper mellan mull- och mineraljordar. Därför passade inte resultaten från försöken på en mulljord på Gotland (figur 10) i analysen. För det första är packningsgraden för mulljorden mycket låg även vid stark packning. Det berodde på den höga elasticiteten hos mulljordar efter packningen, men återhämtningen efter standard packning i laboratoriet är mycket liten. Packningsgraden (D) av mulljorden i de opackade leden var mellan 60 och 65. D i det starkt packade ledet var mellan 70 och 75 till skillnad från den i mineraljordar som i genomsnitt var 92. Liksom i försök på mineraljordar varierade packningseffekten från år till år. Två första åren (1972 och 1973) var högst skörd vid packningsgraden 68-70 medan 1974 och 1975 gav alla packade led lägre skörd än ledet utan packning.

Slutsatser

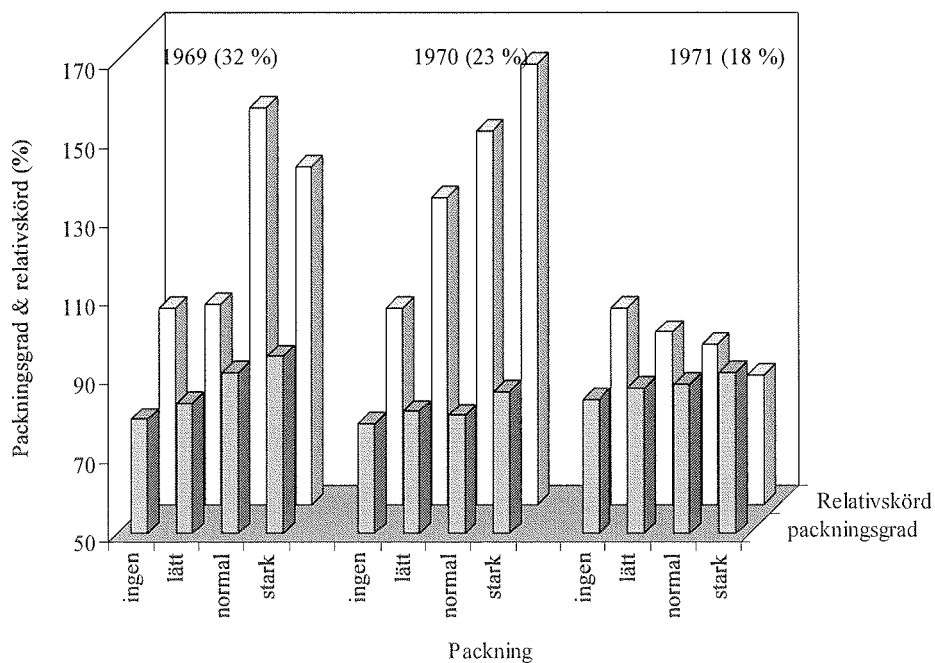
- 1) Packning vid hög markfuktighet orsakade stora skördesänkningar men andra faktorer såsom tidpunkt för sådd och nederbördsfördelningen hade också en stor inverkan på skörden.
- 2) Tidig sådd mildrade den negativ inverkan av packningen och långvarig torka.
- 3) Vid kortvarig vattenbrist förflyttades den s.k. packningsgradsoptimet åt höger.
- 4) Liksom de flesta fysikaliska egenskaper var packningsegenskaperna hos en mulljord på Gotland olika från de hos mineraljordar.
- 5) I ett flertal av försöken som redovisades här kunde man inte skapa den s.k. packningsgradsoptimet.



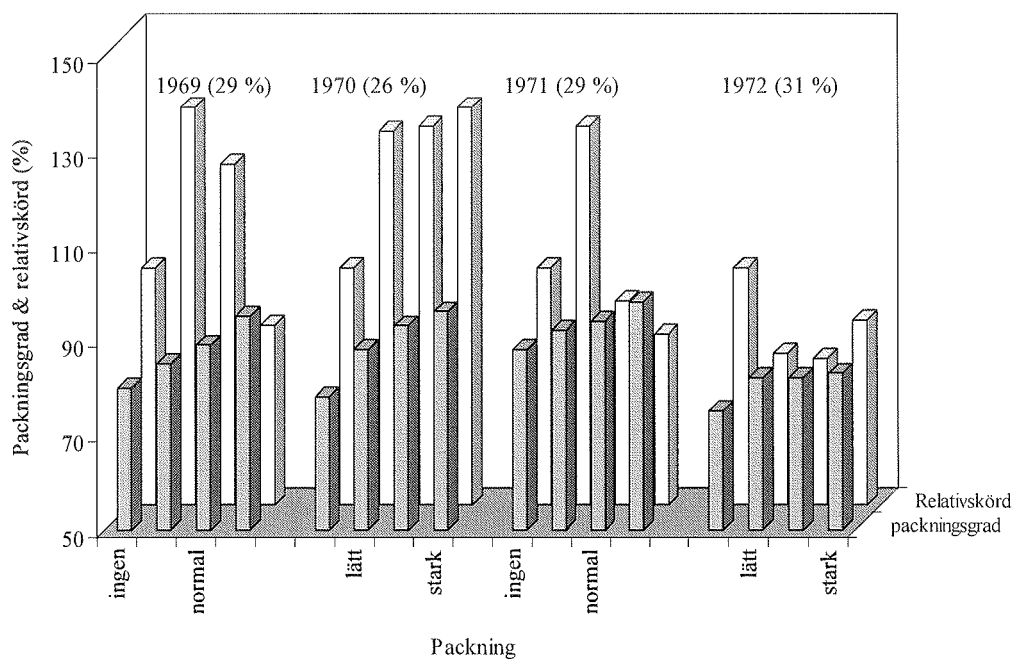
Figur 2. packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7204 (lerhalt 7-11%, dominerande fraktion = mo & sand). Inom parantes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



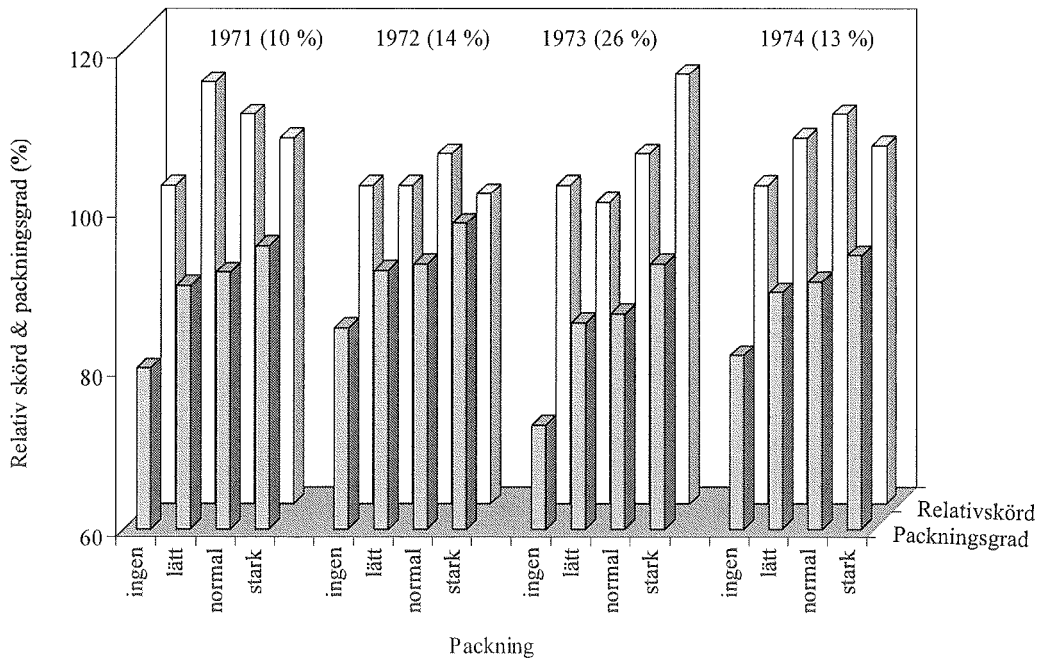
Figur 3. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7204 (lerhalt 12-18 %, dominerande fraktion = mo). Inom parantes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



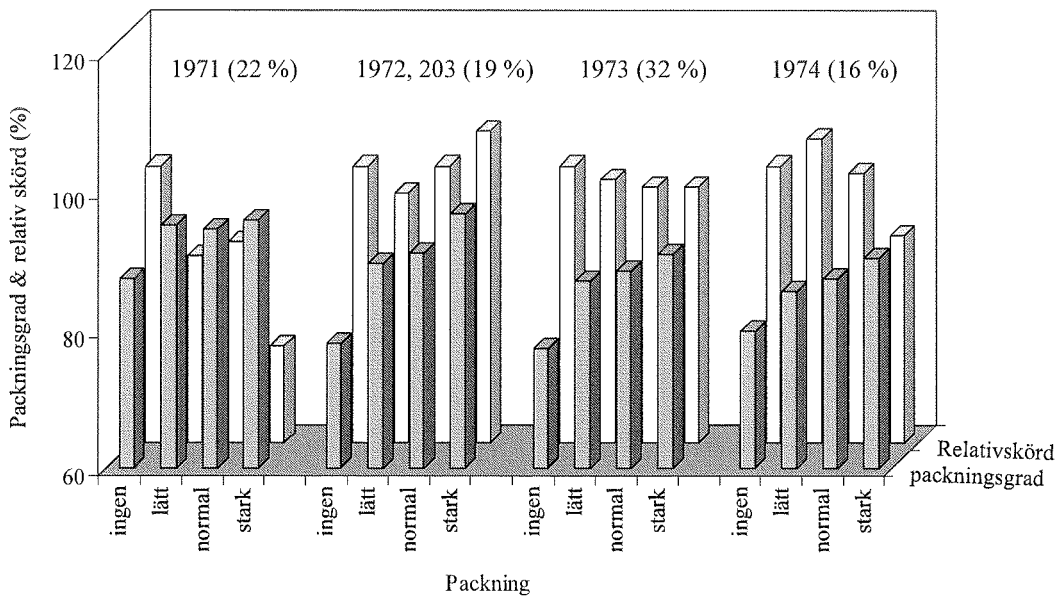
Figur 4. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7204 (lerhalt 31-32 %, dominerande fraktion= mjäla). I Parantes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



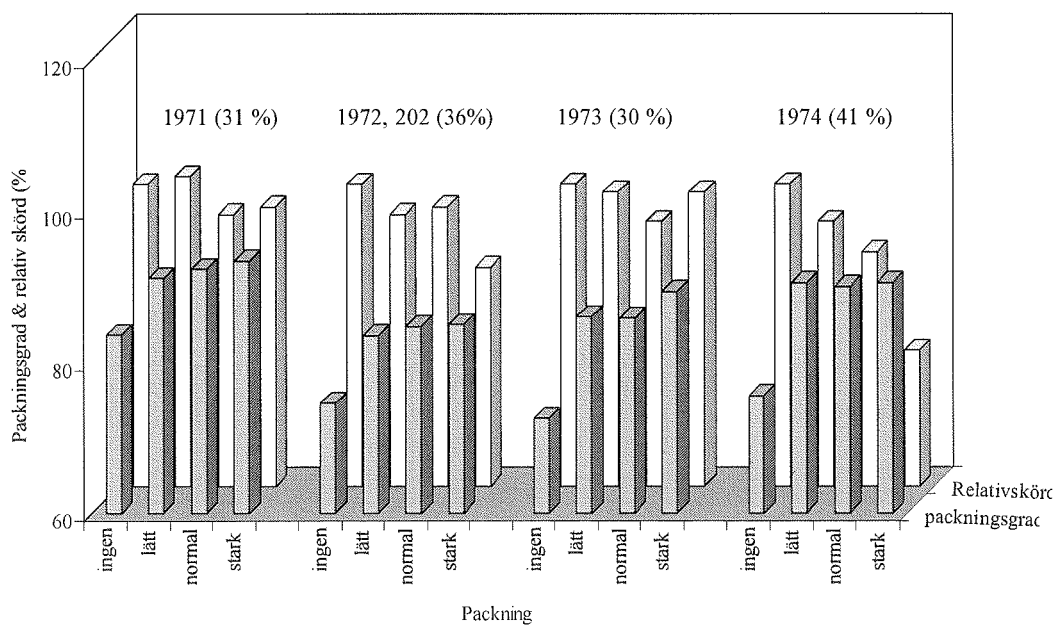
Figur 5. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7204 (lerhalt > 40 %). Inom parantes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



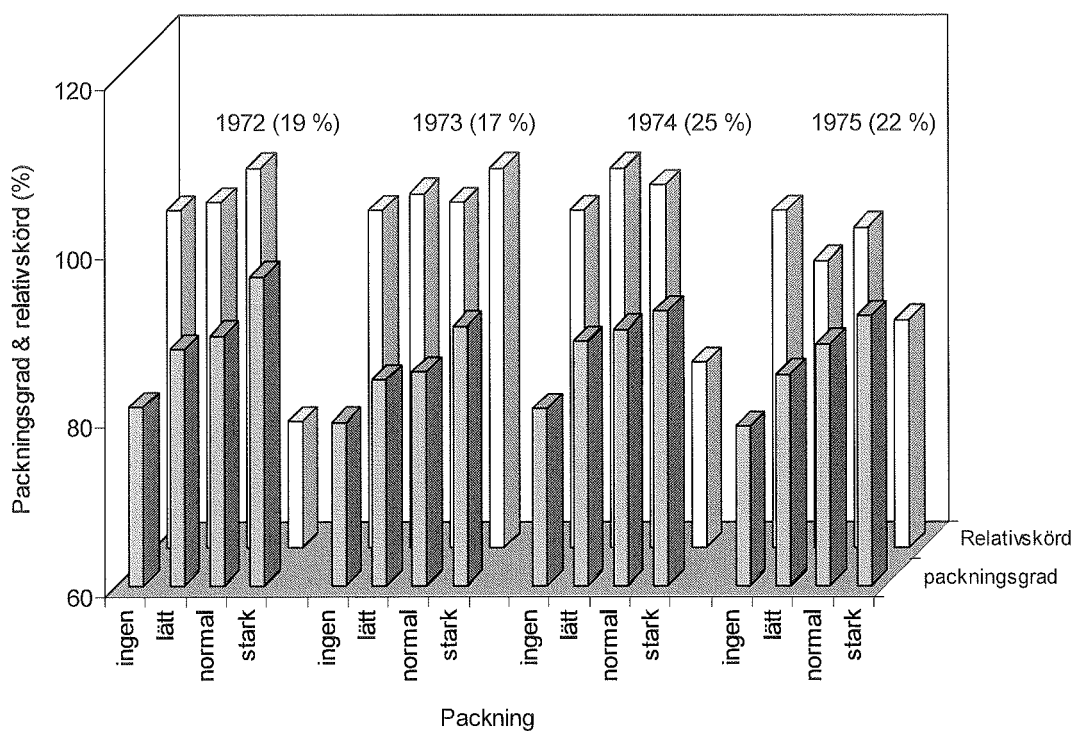
Figur 6. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7210/201, Ugerup, Kristianstad. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



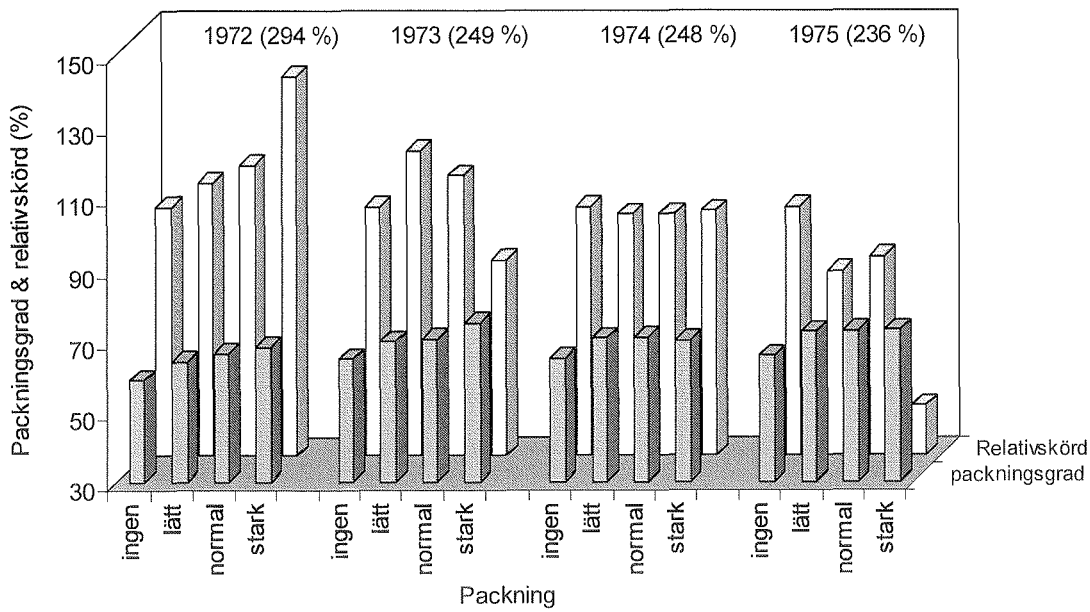
Figur 7. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7210/202, Ugerup & ett försök i serien R2-7210/203, Kristianstad. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



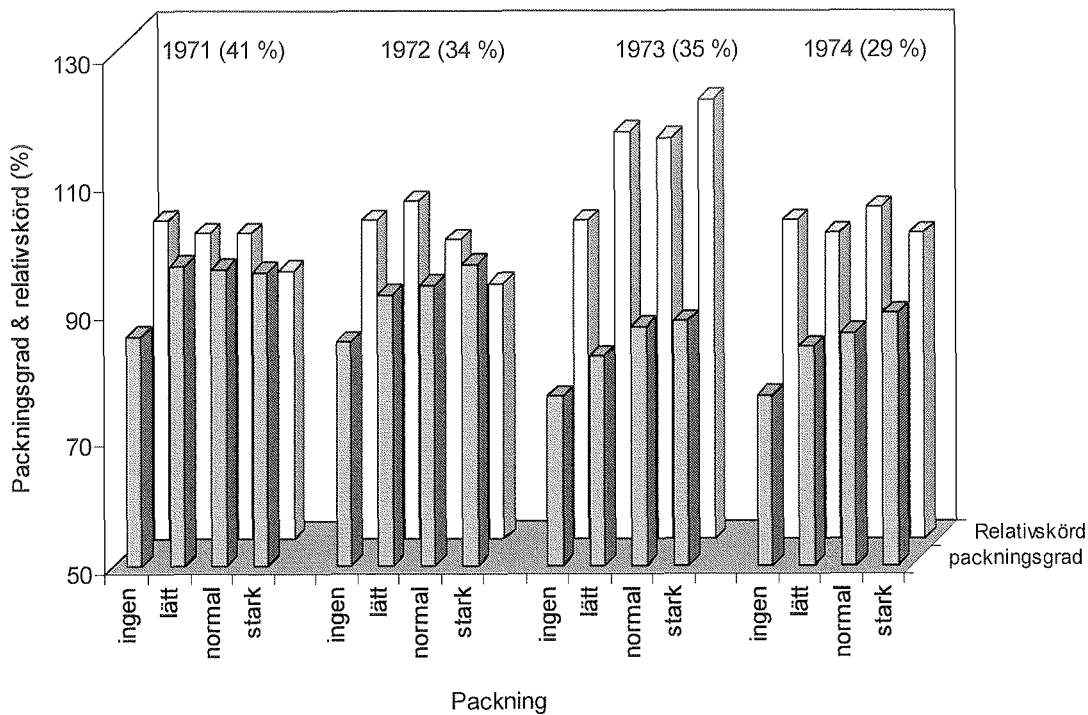
Figur 8. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7210/203, & ett försök i serien R2-7210/202, Ugerup, Kristianstad. Inom parantes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen



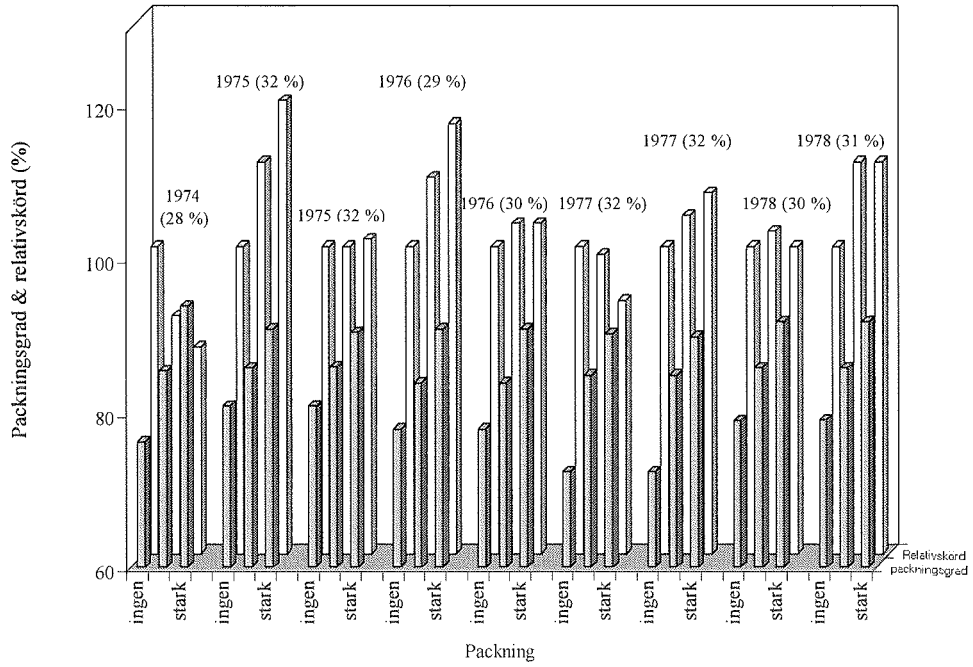
Figur 9. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7210, Stenstugu. Inom parantes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



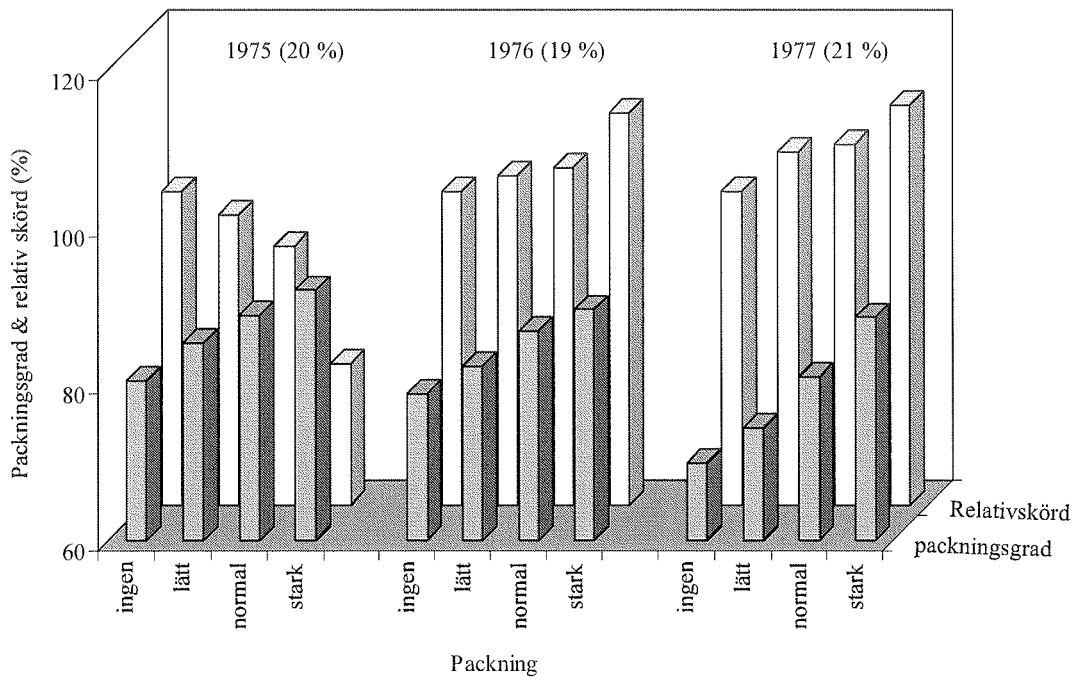
Figur 10. Packningseffekter på grödans avkastning i försök på mulljord, R2-7210, Hörsne. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



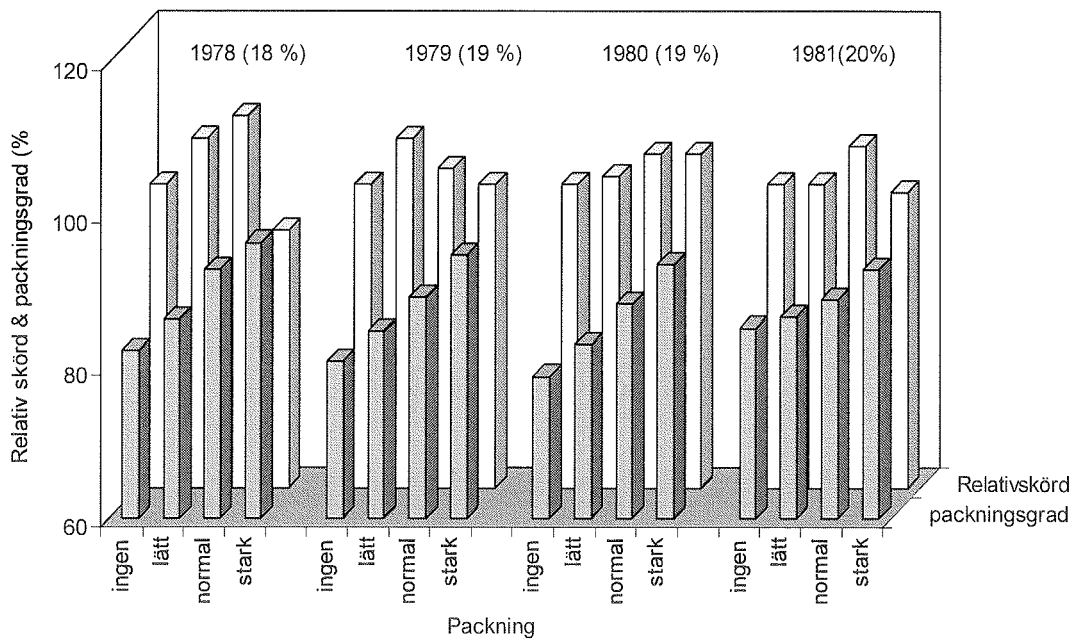
Figur 11. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7210, Röbbäcksdalen. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



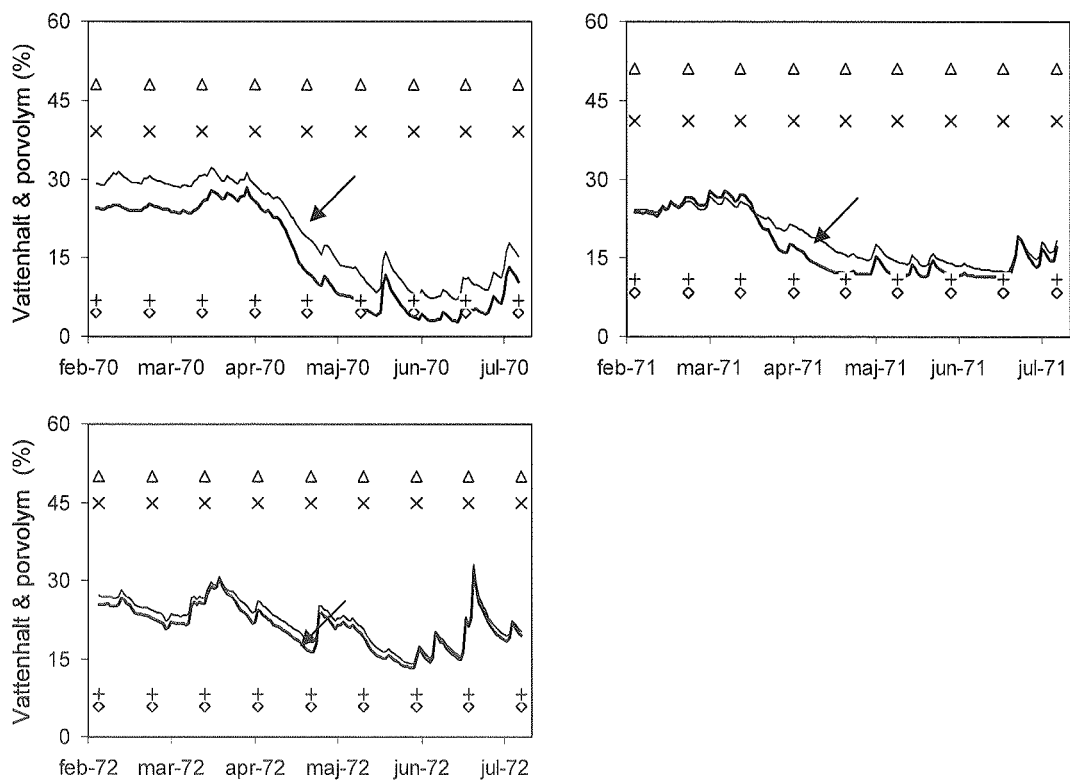
Figur 12. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7211/12, Uppsala. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



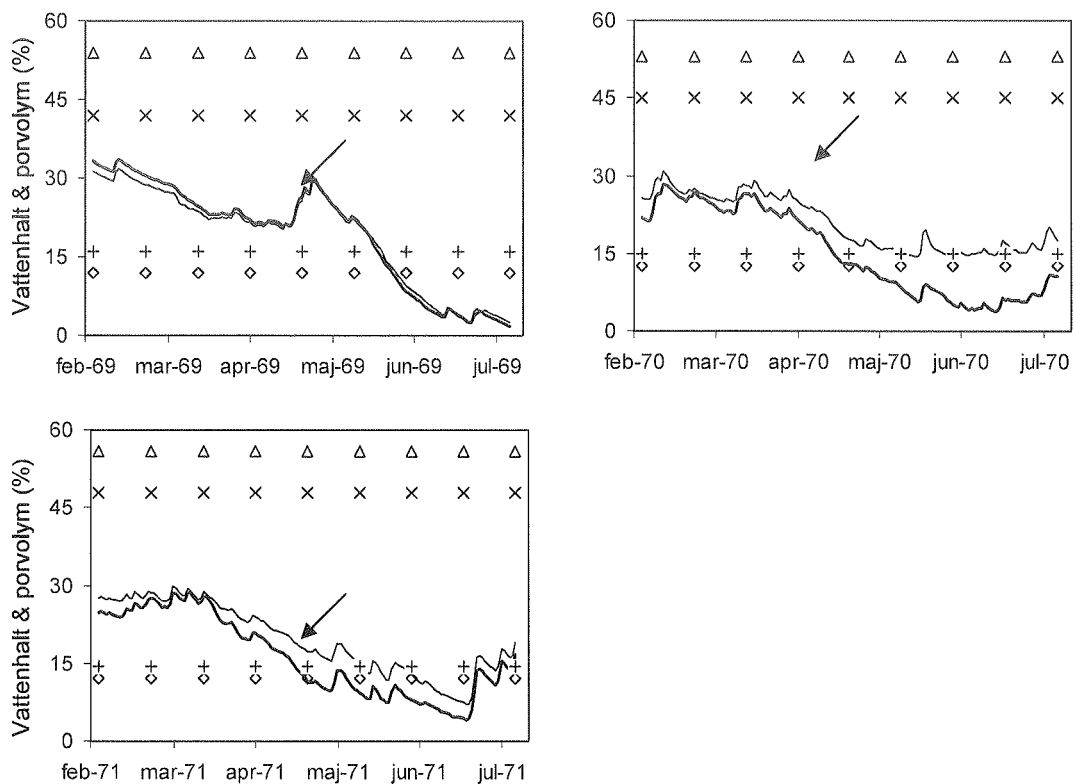
Figur 13. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7213, Lönnstorp. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.



Figur 14. Packningseffekter på grödans avkastning i försök R2-7214, Lönnstorp. Inom parentes anges gravimetrisk vattenhalt vid packningen.

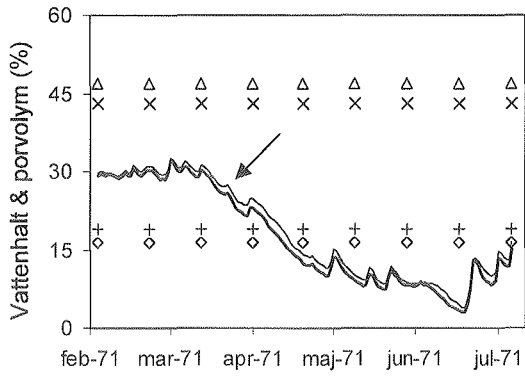
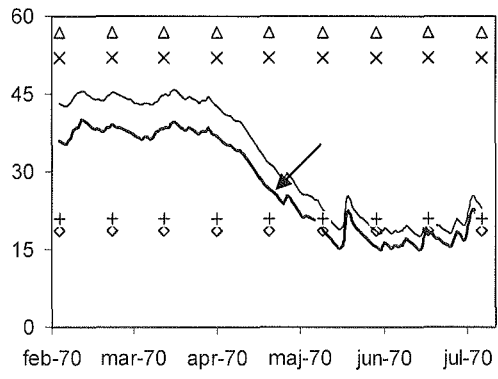
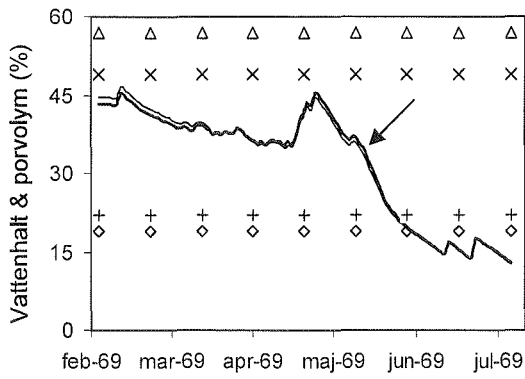


Figur 15a-c. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7204, lerhalt 7-11%, dominerande fraktion mo & sand (klimatstation: Malmslätt).

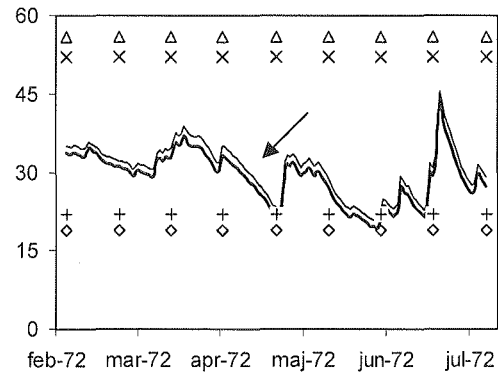
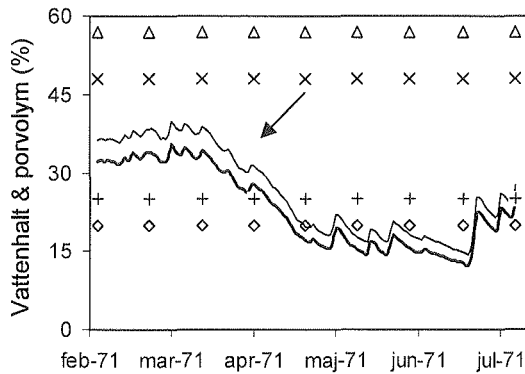
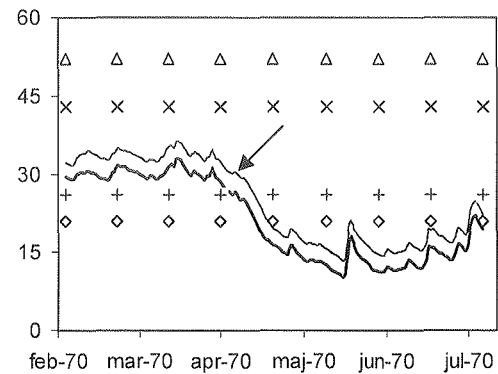
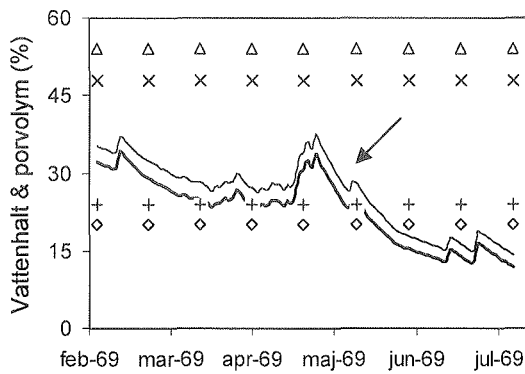


— Vattenhalt i opackat led; — Vattenhalt i packat led; Δ Porositet utan packning;
 x Porositet vid packning; \diamond Visningsgräns utan packning; + Visningsgräns vid packning

Figur 16a-c. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7204, lerhalt 12-18, dominerande fraktion mo, (klimatstation: Malmslätt).

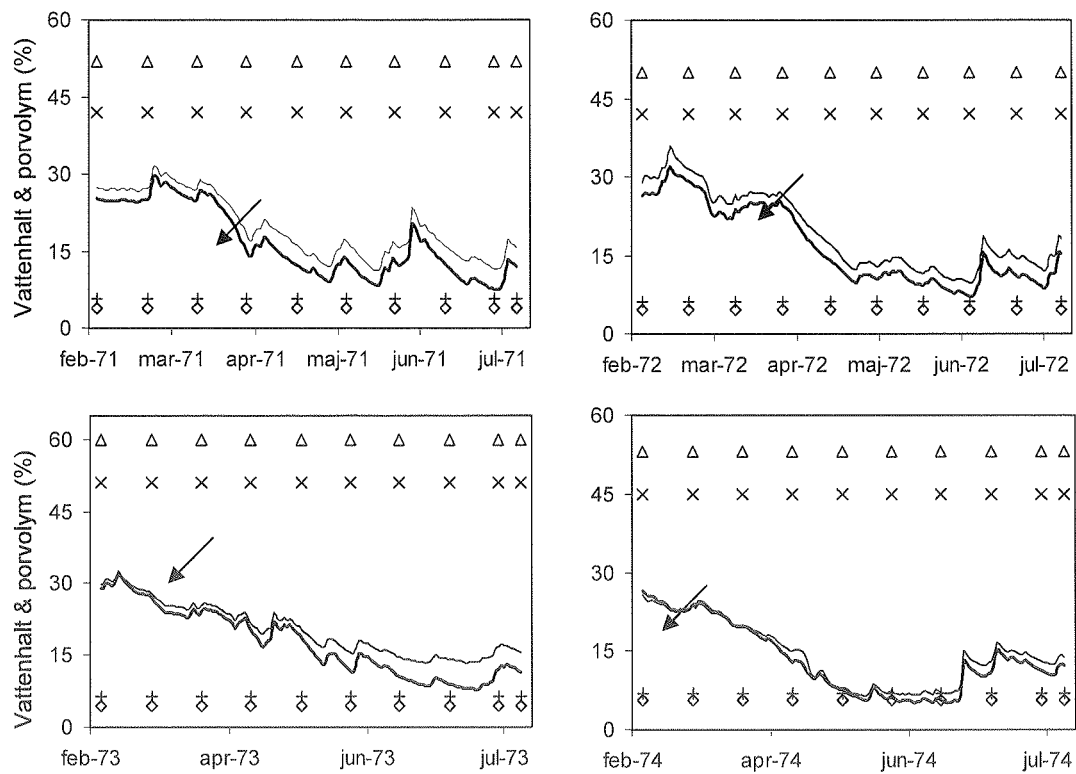


Figur 17a-c. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7204, lerhalt 31-32 %, dominerande fraktion mjåla (klimatstation: Malmslätt).

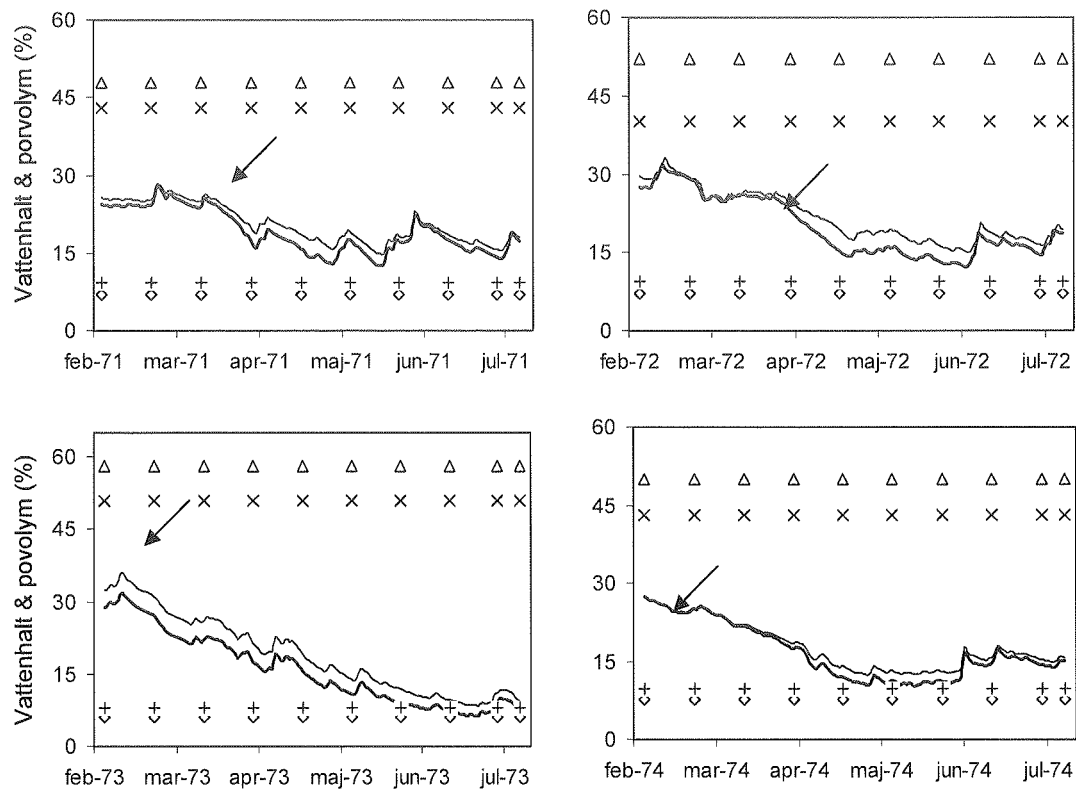


— Vattenhalt i opackat led; — Vattenhalt i packat led; Δ Porositet utan packning;
 \times Porositet vid packning; \diamond Visningsgräns utan packning; + Visningsgräns vid packning

Figur 18a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7204, lerhalt > 44 % (klimatstation: Malmslätt).

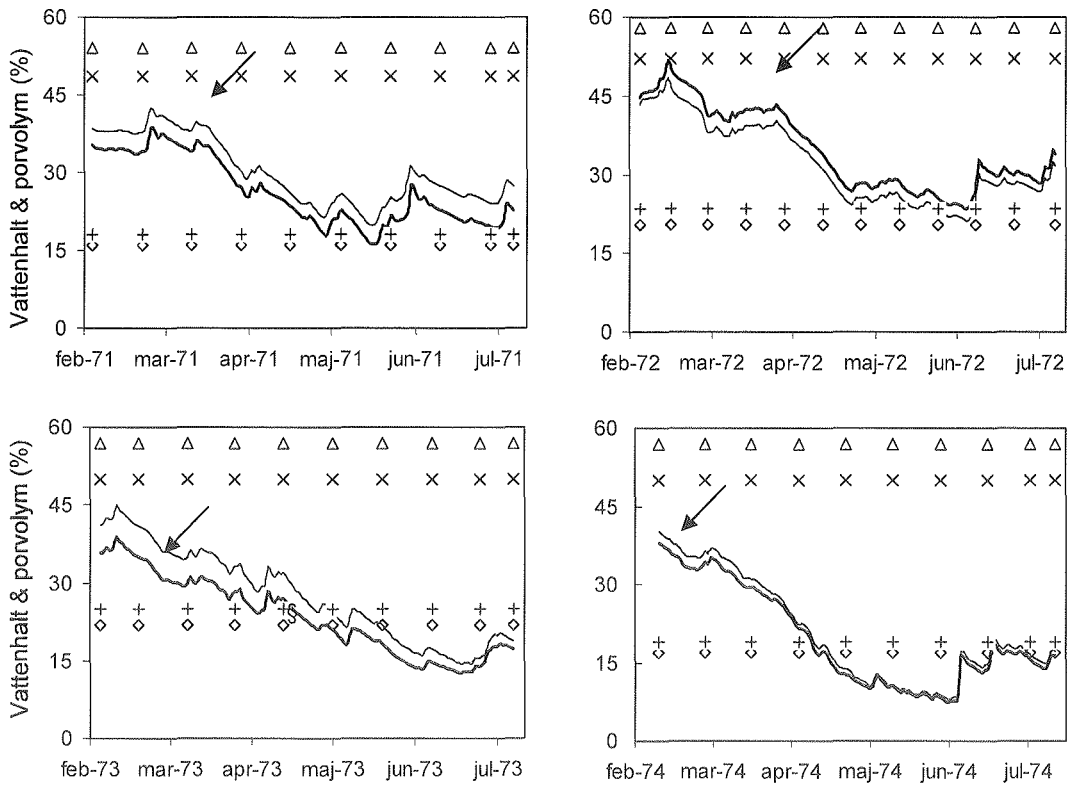


Figur 19a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7210/201, Ugerup (klimatstation: Kristianstad)

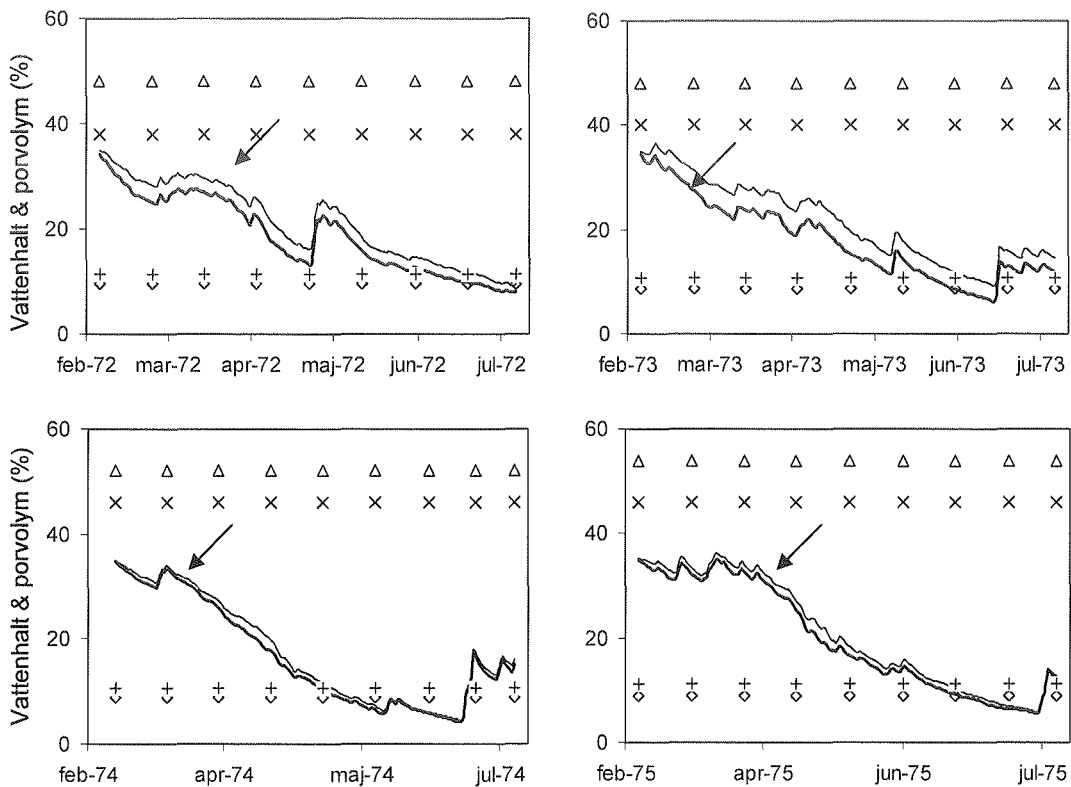


— Vattenhalt i opackat led; — Vattenhalt i packat led; Δ Porositet utan packning;
 \times Porositet vid packning; \diamond Visningsgräns utan packning; + Visningsgräns vid packning

Figur 20a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7210/202, Ugerup (klimatstation: Kristianstad). Siffrorna i figurerna anger vattenhalten strax före packning och sådd.

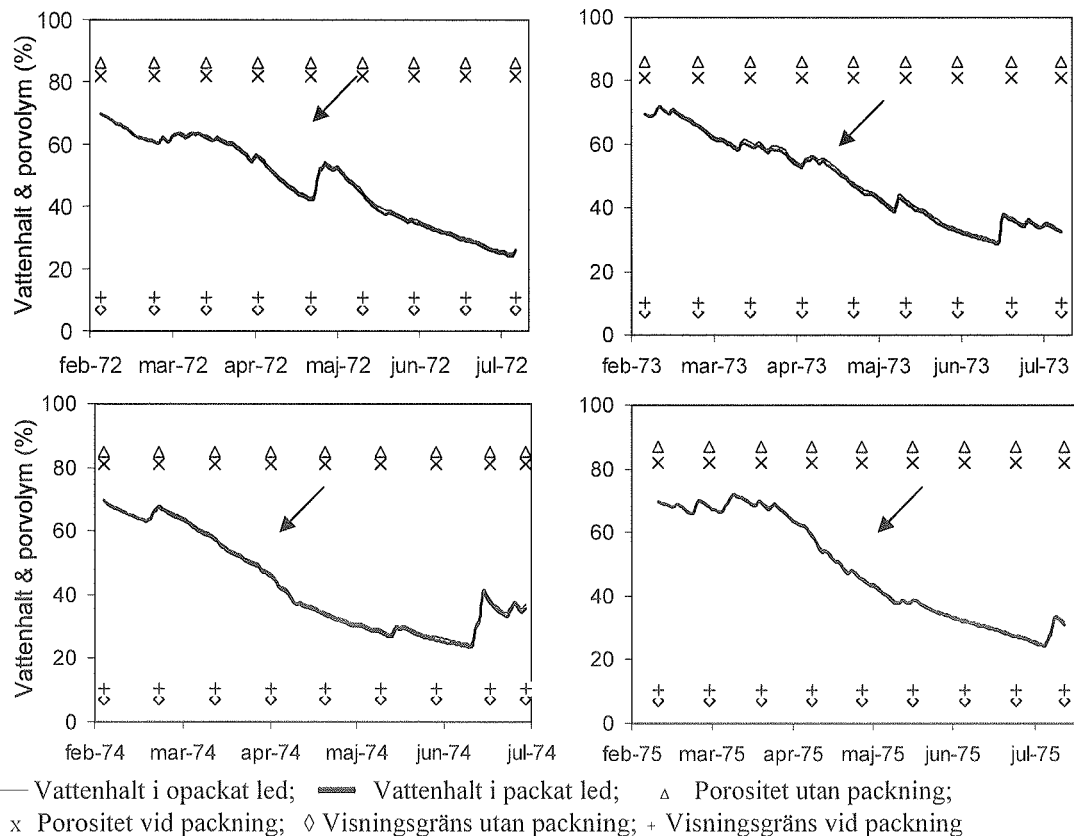


Figur 21a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7210/203, Kristianstad klimatstation: Kristianstad)

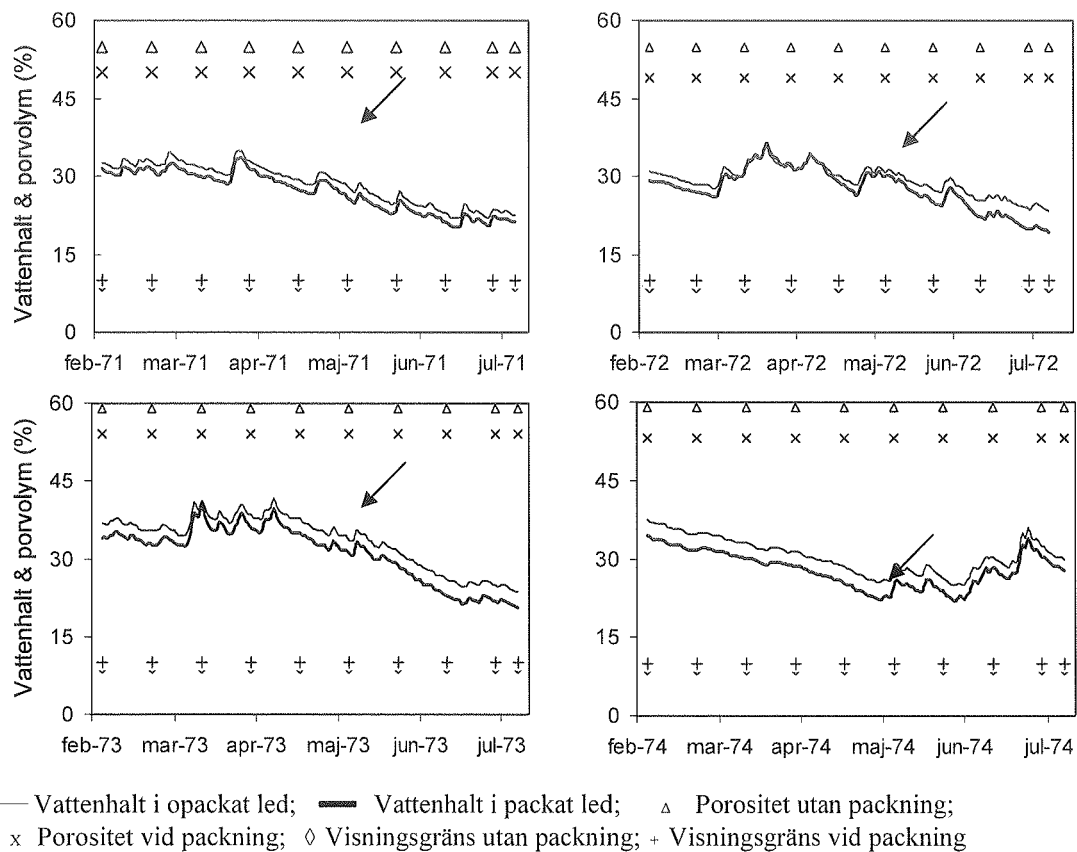


— Vattenhalt i opackat led; — Vattenhalt i packat led; Δ Porositet utan packning;
 \times Porositet vid packning; \diamond Visningsgräns utan packning; + Visningsgräns vid packning

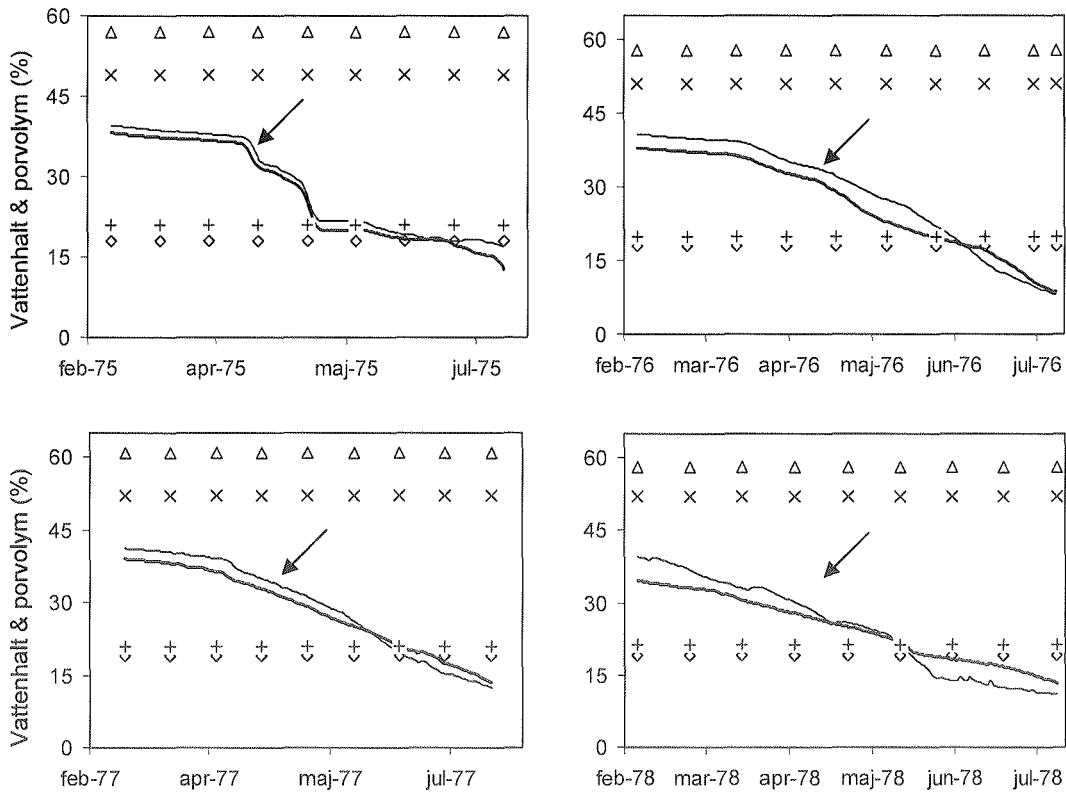
Figur 22a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7210/168- Stenstugu, Gotland (klimatstation: Visby Flygplats).



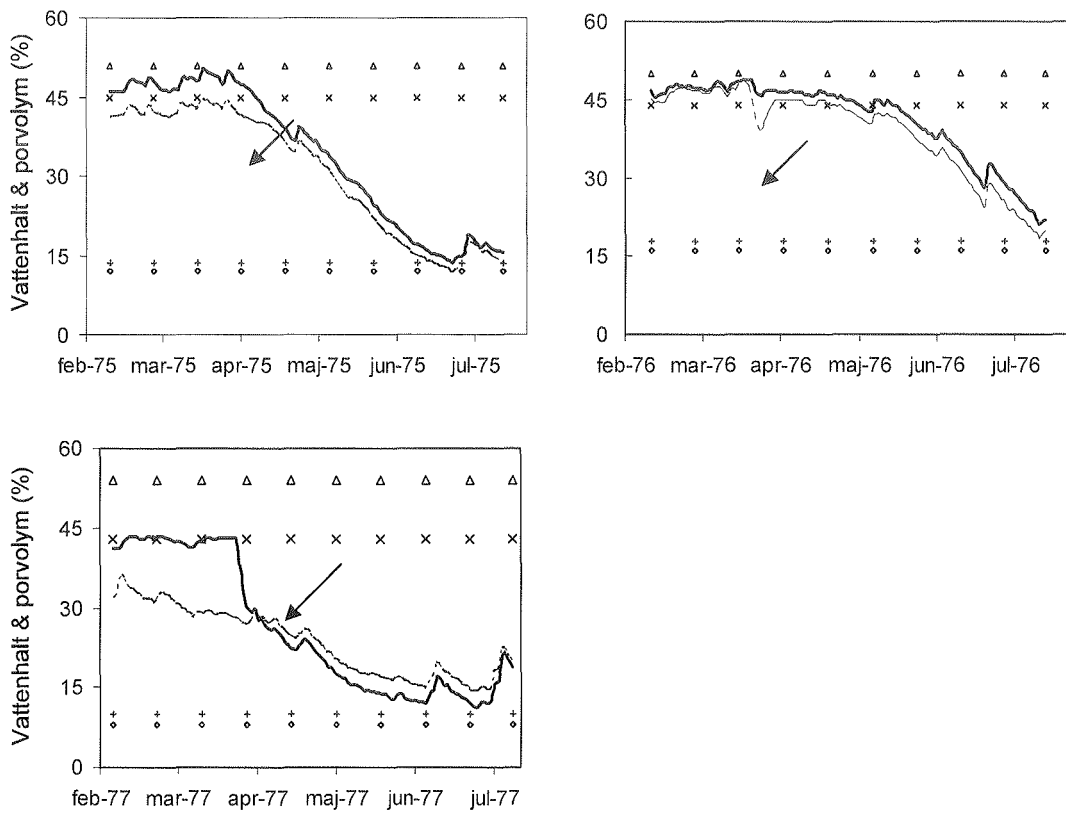
Figur 23a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7210, mulljord- Hörsne-Gotland (klimatstation: Visby Flygplats).



Figur 24a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7210, Röbbäcksdalen (klimatstation: Umeå Flygplats).

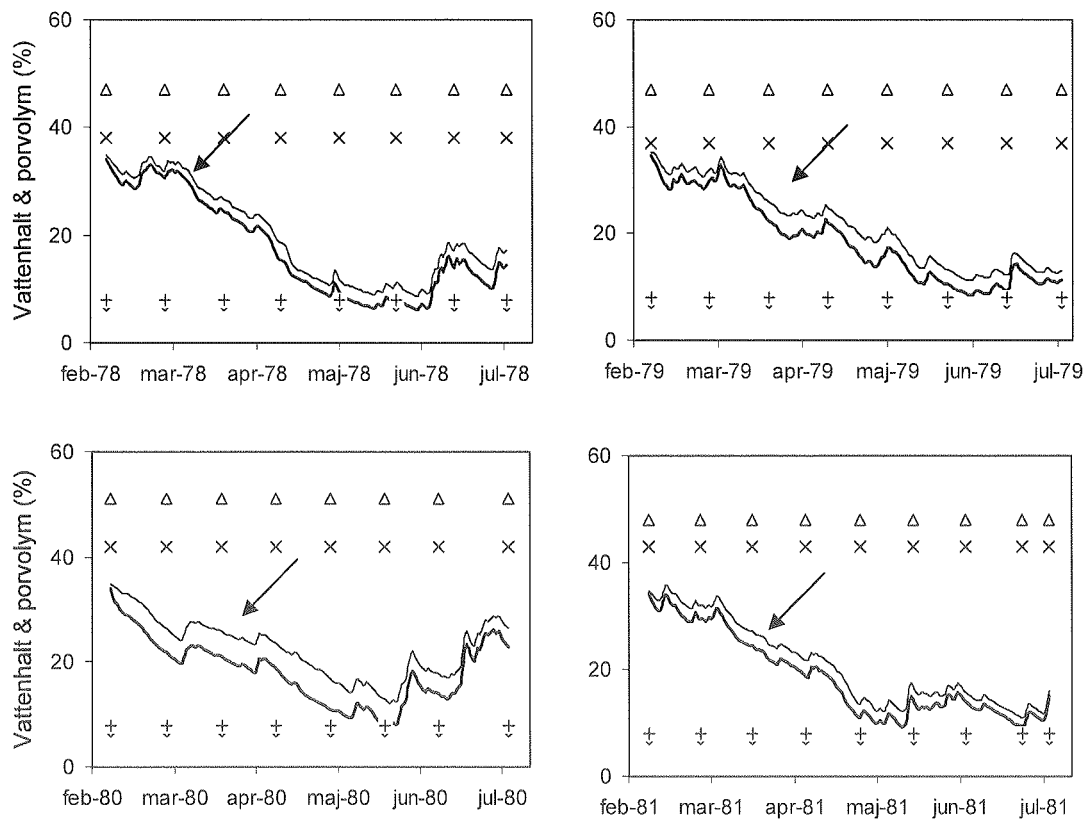


Figur 25a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7212 Uppsala (klimatstation: Ultuna).



— Vattenhalt i opackat led; — Vattenhalt i packat led; Δ Porositet utan packning;
 \times Porositet vid packning; \diamond Visningsgräns utan packning; + Visningsgräns vid packning

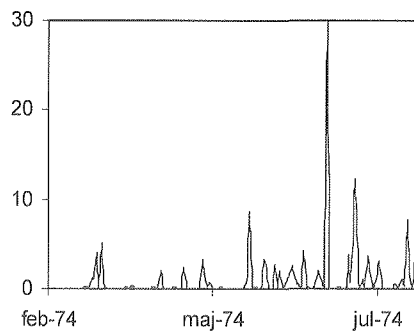
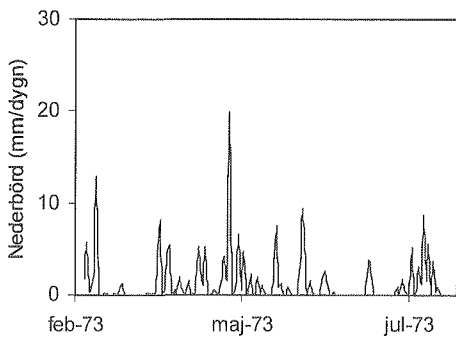
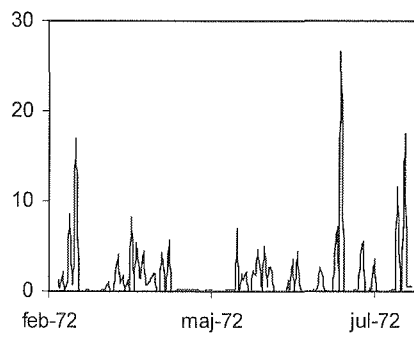
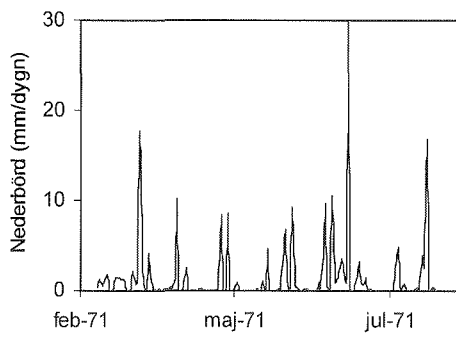
Figur 26a-c. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7213, Lönstorp (klimatstation: Lund)



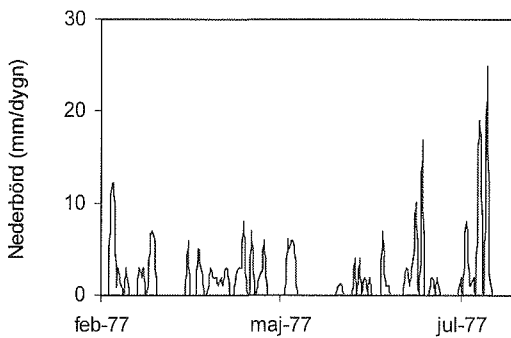
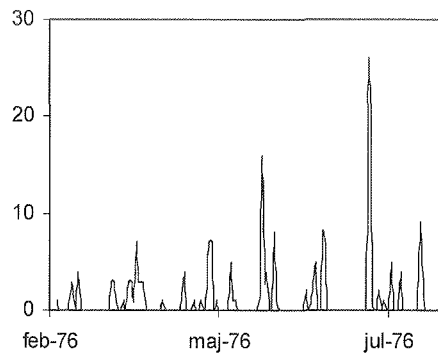
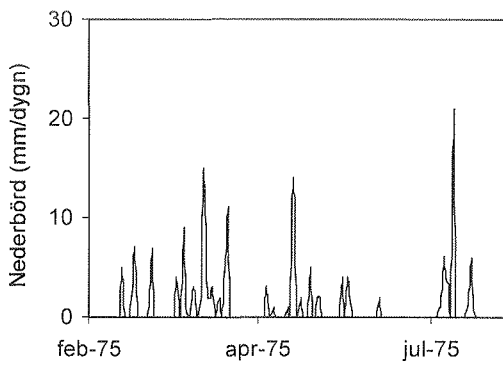
— Vattenhalt i opackat led; — Vattenhalt i packat led; Δ Porositet utan packning;
 \times Porositet vid packning; \diamond Visningsgräns utan packning; + Visningsgräns vid packning

Figur 27a-d. Uppskattad vattenhalt i matjorden för försök R2-7214, Lönnstorp (klimatstation Lund)

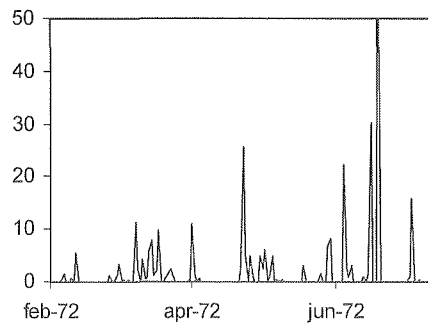
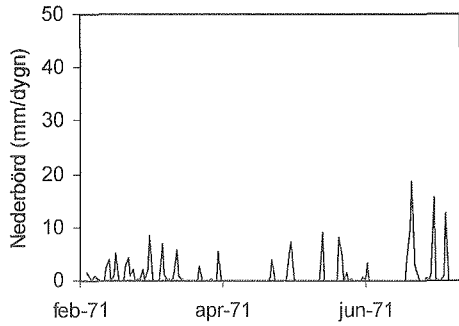
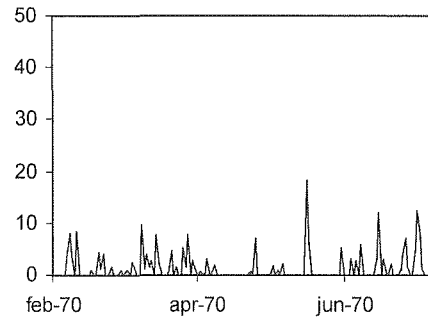
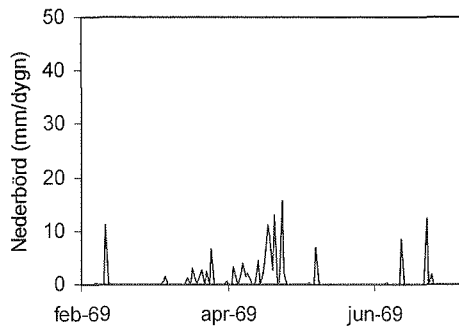
Bilaga 1. Nederbörd under vegetationsperioden (Kristianstad, 56°03'N 14°18'E)



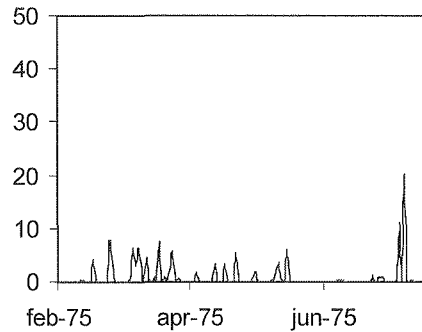
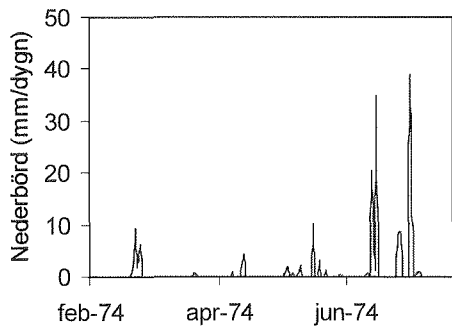
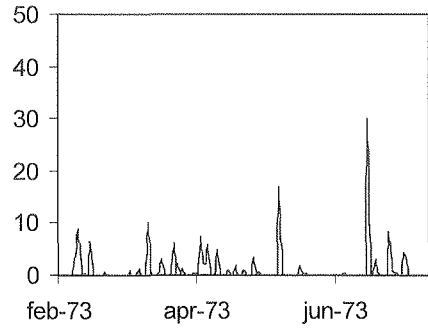
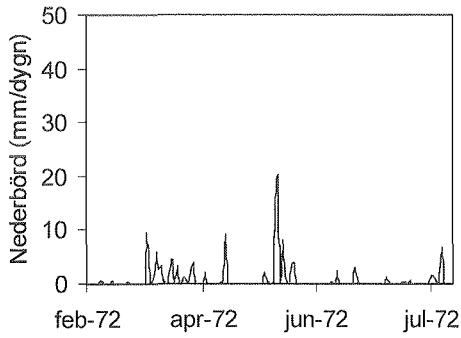
Bilaga 2. Nederbörd under vegetationsperioden (Lund, 55°71'N 13°20'E)



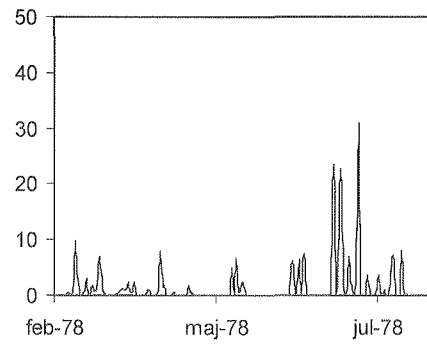
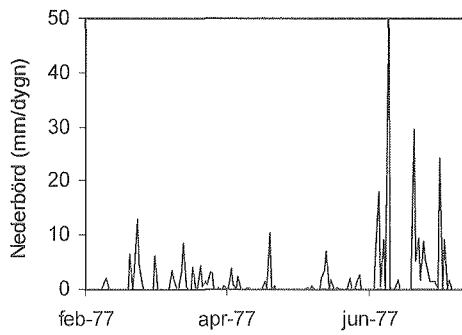
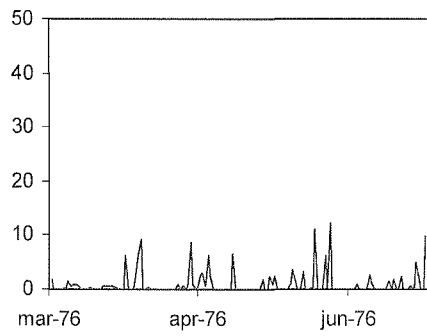
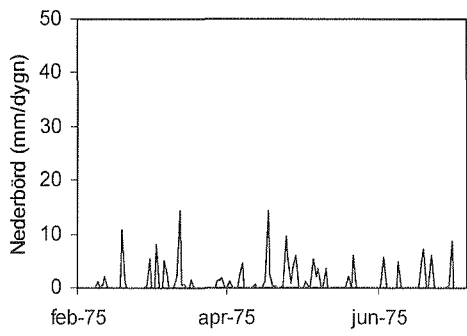
Bilaga 3. Nederbörd under vegetationsperioden (Malmslätt, 58°40'N 15°54'E)



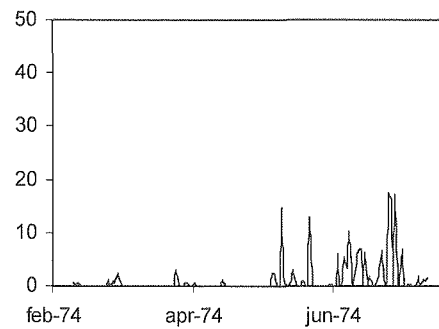
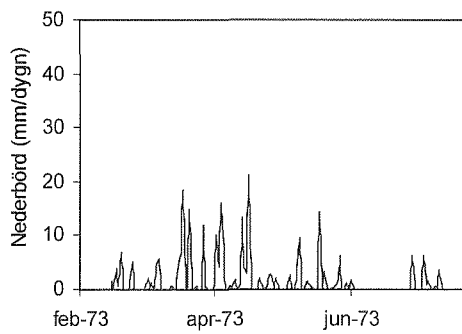
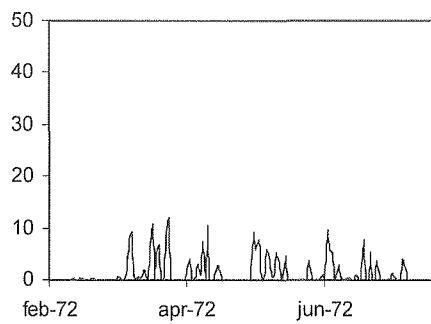
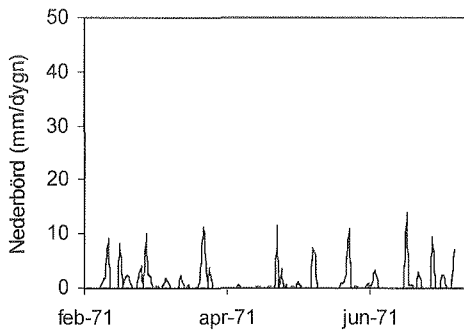
Bilaga 4. Nederbörd under vegetationsperioden (Visby Flygplats, xx⁰⁷⁹'N 20°29'E)



Bilaga 5. Nederbörd under vegetationsperioden (Ultuna, 59°81'N 17°65'E)



Bilaga 6. Nederbörd under vegetationsperioden (Klimatstation: Umeå Flygplats, 63°07'N 20°29'E)



Referenser

- Håkansson, I. 1986. Översikt över jordpackningsproblematiken i jordbruket med utgångspunkt från den svenska forskningen. I: Jordpackningskördepåverkan, motåtgärder och ekonomi, Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 71:5-19.
- Håkansson, I., 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil Tillage Res.* 16: 105-120.
- Håkansson, I., 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Omfattning-effekter-motåtgärder. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 99. Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.
- Håkansson, I. & Lipiec, J. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Res.* 29,277-304.
- Jansson, P-E & Karlberg, L., 2004. Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Royal Institute of Technology, Dept of Civil and Environmental Engineering, Stockholm 435 pp., <ftp://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf>.
- Lipiec, J. & Simota, C., 1994. Role of soil and climatic factors in influencing crop responses to soil compaction in Central and Eastern Europe. In: B.D Soane & C.Van Ouwerkerk (Editors) *Soil Compaction in Crop Production*, Elsevier, Amsterdam. pp 365-390.
- Ljungars, A. 1977. Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsinverkan. Mätningar 1974-1976. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 52, 43 s.
- Sas Institute. (<http://www.sas.com/>).
- The Unscrambler. (<http://www.camo.no>)
- Van Genuchten, M.T., Leij, F.J. & Yates, S.R. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. EPA/600/2-91/065. US EPA Office of Research and Development. Washington, DC.