



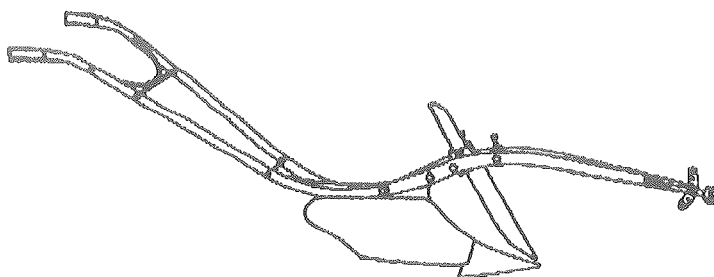
Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala.

Department of Soil Sciences,

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 22

Richard Ivarsson

PLÖJNINGSFRI ODLING OCH STRUKTUR- KALKNING PÅ LERJORDAR

Effekter på markbiologiska, markkemiska
och markfysikaliska egenskaper, samt
ogräs och skörd

*Ploughless tillage and structural liming on clay soils
Effects on soil biological, soil chemical and soil
physical characteristics, weeds and yield*

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--22--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Markvetenskap
Avdelningen för Jordbearbetning

Meddelanden från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 22, 1996
ISSN 1102-6995
ISRN SLU-JB-M--22--SE

Richard Ivarsson

Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar

Effekter på markbiologiska, markkemiska och markfysikaliska egenskaper, samt ogräs och skörd

Ploughless tillage and structural liming on clay soils

Effects on soil biological, soil chemical and soil physical characteristics, weeds and yield

Mätningarna genomfördes år 1995 i fyra försök tillhörande plan nr R2-P76 S, odlingssystem på lerjordar. Försöken startades år 1987.

Examensarbete i jordbearbetning och markbiologi

Handledare:

Bo Stenberg
Maria Stenberg

Förord

Föreliggande uppsats är ett 20 poängs examensarbete som utförts på Inst. för Markvetenskap, avd. för Jordbearbetning och Inst. för Mikrobiologi vid Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetets syfte har varit att undersöka markbiologiska, markkemiska och markfysikaliska effekter av plöjningsfri odling på lerjord.

Förutom laborationsarbete innefattar examensarbetet även en hel del fältarbete. Varav t ex såbäddsundersökningar och luftgenomsläpplighetsmätningar ej redovisas i denna uppsats.

Det är många människor som har hjälpt till att göra detta examensarbete möjligt. Först och främst vill jag tacka Carl Blackert för ett gott samarbete i fält och givande diskussioner. Jag rekommenderar Er att läsa även hans examensarbete. Till alla er på Jordbearbetningsavdelningen och speciellt min handledare Maria Stenberg och Daniel Johansson som stimulerat och varit hjälpsamma vill jag säga att jag vet och känner att det faktiskt var ni som möjliggjort detta arbete. Tack Einar Larsson! Ni på Inst. för Mikrobiologi ska också ha ett stort tack för att ni ställt Er utrustning till förfogande, sedan att det var en hel del krångel och att disken var stängd under sommaren är väl knappast edert fel. Jag vill speciellt tacka min handledare Bo Stenberg för alla artiklar han lånat ut och för det intresse han visat under arbetets gång. Till Kjell Sjödal-Svensson, Mats Johansson och Mikale Pell vill jag genom att nämna er vid namn visa att jag uppskattat de glada till rop och engagemang jag känt från Er sida.

Båda mina eximinatorer Tomas Rydberg och Lennart Torstensson ska ha stort tack för ett gott stöd under arbetets gång.

Jag vill också tacka Naturvårdsverkets ISA-program, dels för möjligheten att utnyttja de markmikrobiologiska testmetoder som tagits fram inom ISA och dels för ekonomiskt stöd för genomförande av vissa tester.

Till min kära Pauliina Riit'aho tack för det stöd och tålamod du visat under arbetets gång speciellt alla de nätter då tankar förvandlats till ord på ett papper.

Richard Ivarsson

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Genomförande	4
1.3 Syfte	4
2. INTRODUKTION TILL OLIKA MARKPARAMETRAR	4
2.1 Markfysik	4
2.1.1 <i>Vattenhållande förmåga (WHC)</i>	4
2.1.2 <i>Temperaturmätningar</i>	5
2.1.3 <i>Penetrationsmotstånd</i>	5
2.2 Markkemi	5
2.2.1 <i>pH</i>	5
2.2.2 <i>Mullhalt och kol/kväve-kvot</i>	5
2.2.3 <i>Katjonbyteskapacitet</i>	6
2.2.4 <i>Mangan</i>	6
2.3 Markbiologi	6
2.3.1 <i>Maskförekomst</i>	6
2.3.2 <i>Kvävefixering i ytskikt</i>	6
2.3.3 <i>Basrespiration och SubstratInducerad Respiration (SIR)</i>	7
2.3.4 <i>Nitrifikation</i>	7
2.3.5 <i>Denitrifikation</i>	8
3. MATERIAL OCH METODER	9
3.1 Beskrivning av försöksplatsen	9
3.1.1 <i>Geografiskt läge och geologi</i>	9
3.1.2 <i>Metrologiska förutsättningar</i>	9
3.1.3 <i>Odlingshistorik</i>	9
3.1.4 <i>Profilbeskrivning</i>	10
3.2 Försöksplan	11
3.2.1 <i>Kalkning</i>	11
3.2.2 <i>Jordbearbetning</i>	11
3.2.3 <i>Gödning</i>	12
3.2.4 <i>Växtföljd</i>	12
3.2.5 <i>Kemisk bekämpning</i>	12
3.2.6 <i>Statistik</i>	12
3.3 Insamling av jordprover	13
3.4 Markfysikaliska undersökningar	13
3.4.1 <i>Torrsubstans och vattenhaltsbestämning</i>	13
3.4.2 <i>Vattenhållande förmåga (WHC)</i>	13
3.4.3 <i>Temperaturmätningar</i>	14

3.4.4 Penetrationsmotstånd	14
3.5 Markkemiska undersökningar	15
3.5.1 pH-mätningar	15
3.5.2 Total-kol, total-kväve och mullhalt	15
3.5.3 Katjonbyteskapacitet	15
3.5.4 Mangan	15
3.6 Markbiologiska undersökningar	16
3.6.1 Daggmaskförekomst	16
3.6.2 Kvävefixering i ytskikt	16
3.6.3 Basrespiration och SubstratInducerad Respiration (SIR)	16
3.6.4 Nitrifikation	17
3.6.5 Denitrifikation	17
3.7 Ogräsförekomst	18
4. RESULTAT	18
4.1 Markfysikaliska undersökningar	18
4.1.1 Vattenhållande förmåga och torrsubstanshalter	18
4.1.2 Temperaturmätningar	19
4.1.3 Penetrationsmotstånd	21
4.2 Kemiska undersökningar	22
4.2.1 pH	22
4.2.2 Mullhalt och kol/kväve-kvot	23
4.2.3 Katjonbyteskapacitet	25
4.2.4 Fosfor och kalium	25
4.2.5 Mangan	25
4.3 Biologiska undersökningar	26
4.3.1 Maskförekomst	26
4.3.2 Kvävefixering i ytskikt	27
4.3.3 Respiration och SubstratInducerad Respiration (SIR)	28
4.3.4 Nitrifikation	29
4.3.5 Denitrifikation	30
4.4 Ogräsförekomst	31
4.5 Skörderesultat	31
5. DISKUSSION	33
5.1 Markfysik	33
5.1.1 Vattenhållande förmåga	33
5.1.2 Temperaturutveckling	33
5.1.3 Penetrationsmotstånd	34
5.2 Kemiska undersökningar	35
5.2.1 pH	35
5.2.2 Mullhalt och kol/kväve-kvot	35
5.2.3 Fosfor och kalium	36
5.2.4 Koppar och mangan	36
5.2.5 Katjonbyteskapacitet	37

5.3 Biologiska undersökningar	37
5.3.1 <i>Daggmaskförekomst</i>	37
5.3.2 <i>Kvävefixering i ytskikt</i>	38
5.3.3 <i>Respiration</i>	39
5.3.4 <i>Nitrifikation</i>	41
5.3.5 <i>Denitrifikation</i>	42
5.4 Ogräsförekomst	42
5.5 Skörderesultat	42
6. SLUTSATS	43
7. SAMMANFATTNING	44
8. SUMMARY	46
9. LITTERATURFÖRTECKNING	48
10. PERSONLIGA MEDDELANDEN	51

1. Inledning

1.1 Bakgrund

När vallodlingen upphört på Sundbygård i Västmanland uppmärksammade brukaren en tydlig årlig försämring av jordens struktur. Problemen med igenslammning och skorpbildning i vårsäd ökade och höstsäden utvintrade allt oftare på grund av uppfrysning och isbränna. För att komma till rätta med denna typ av problem startades år 1987 försök med olika odlingssystem på gårdarna Sundby och Limsta i Västmanland. I försöken jämfördes okalkade led mot strukturkalkade led, höstplöjning mot plöjningsfri odling och normal kvävegiva mot reducerad kvävegiva. De plöjningsfritt odlade leden innefattade dels konventionell såbäddsberedning och sådd, samt harvsådd.

1.2 Genomförande

Detta examensarbete utgör en del av den slututvärdering som gjorts tillsammans med agronomie studerande Carl Blackert under 1995 (Blackert 1996). I detta arbete behandlas huvuddelen av de markbiologiska, markfysikaliska och markkemiska studier som utförts på Sundby. Ytterligare markfysikaliska resultat, planräkningar och skörderesultat från Sundby och Limsta försöken redovisas i Blackerts examensarbete.

1.3 Syfte

Avsikten med detta examensarbete har varit att få en ökad klarhet i vilka effekter plöjningsfri odling får på markbiologiska, markfysikaliska och markkemiska parametrar, samt rotogräs och skörd.

2. Introduktion till olika markparametrar

2.1 Markfysik

2.1.1 Vattenhållande förmåga (WHC)

Jordens vattenhållande förmåga ger ett samlat mått på jordens texturella och strukturella egenskaper som porositet, porstorleksfördelning och aggregatstabilitet. De strukturella egenskaperna påverkas av bl a lerhalt, mullhalt, biologisk aktivitet, pH och katjonsammansättning.

2.1.2 Temperaturmätningar

Vid låga marktemperaturer ökar tiden från sådd till uppkomst och andra biologiska processer går också långsammare. I struktursvaga jordar är den initiala marktemperaturen speciellt betydelsefull, eftersom risken för igenslammning och skorpbildning som försämrar uppkomsten ökar vid långsam groning.

Det krävs mer energi för att värma en viss massa vatten än motsvarande massa jord, därför går uppvärmningen på våren snabbast i en väl dränerad jord med god struktur. När en våt jord är uppvärmd förmår den dock lagra mer energi än en torr jord. Dygnstemperaturvariationen och avkyllningen nattetid är således minst i en fuktig jord.

Temperaturutvecklingen är främst beroende av jordens strukturella och dränerande egenskaper, dit kapilläritet, aggregatstorleksfördelning och luftfylld porvolym hör.

2.1.3 Penetrationsmotstånd

Jordens packningsgrad bestäms indirekt med penetrationsmotståndsmätningar och har stor inverkan på jordens luft- och vattenhushållning. Om jorden är alltför packad kan rotutveckling hämmas både som en direkt konsekvens av stort mekaniskt motstånd men också indirekt på grund av ogynnsam vattenbalans. Packade jordar och särskilt struktursvaga sådana är dessutom speciellt utsatta för uttorkning genom kapillär upptransport och avdunstning från jorden.

2.2 Markkemi

2.2.1 pH

Markens surhetsgrad (pH) har mycket stor betydelse för markens kemiska, biologiska och fysikaliska egenskaper. pH-värdet påverkar bl a växtnäringsämnenas löslighet, den biologiska aktiviteten och aggregatstabiliteten.

2.2.2 Mullhalt och kol/kväve-kvot

Markens mullhalt inverkar på en rad av jordens odlingssegenskaper. Mullen bidrar till att ge jorden en gynnsam aggregatbildning, öka infiltrationen och den vattenhållande förmågan, samtidigt som den också utgör en viktig reservoar för växtnäringsämnen kväve, fosfor och svavel. Jordens buffrande egenskaper påverkas också av mullhalten, eftersom mullens katjonbyteskapacitet är mycket stor.

Ett av huvudsyftena med Sundby-försöket var att genom grund jordbearbetning öka mullhalten i matjordens ytskikt och därigenom göra jorden mindre slamnings- och

skorpbildningsbenägen. Både Mattson (1988) och Heinonen (1982) påtalar mullanrikning i ytskiktet som ett sätt att förbättra jordens struktur, strukturstabilitet och vattenhushållning och därmed minska jordens slammingsbenägenhet. Hofmann m fl (1993) och Causarano (1993) har i närmare undersökningar funnit att den våta aggregatstabiliteten ökar med stigande mullhalt. Causarano (1993) fann dock även att den torra aggregatstabiliteten är negativt korrelerad till mullhalten.

2.2.3 Katjonbyteskapacitet

Jordens katjonbytes kapacitet (CEC/100 g ts) anger jordens förmåga att till sin yta binda positivt laddade joner (katjoner) som t ex Ca^{2+} Mg^{2+} K^+ Na^+ Mn^{2+} NH_4^+ osv. Jordar med hög katjonbyteskapacitet har i regel bättre buffrande och strukturuppbyggande egenskaper än jordar med låg katjonbyteskapacitet. Katjonbyteskapaciteten påverkas bland annat av jordens ler- och mullhalt, men också av lermineralens sammansättning, mullens beskaffenhet och pH.

2.2.4 Mangan

Mangan är ett livsviktigt mikronäringsämne för växten. Det krävs för att klorofyll ska kunna bildas och för att fotosyntesen överhuvudtaget ska kunna fungera.

2.3 Markbiologi

2.3.1 Maskförekomst

Redan Darwin (1881) insåg att dagmaskarna har en positiv inverkan på markstruktur och växternas välbefinnande. Dagmasken är naturens egen plog. Enligt Buch (1987) vänder de matjordens övre 10 cm fullständigt inom loppet av 12 till 15 år. Under sin aktivitet i jorden ökar dagmaskarna volymen luftfyllda porer och porositeten i jorden, vilket ökar luft- och vattendrängningen i jorden (Ehlers 1975; Dexter 1978). Man har också funnit att maskexkrementer har en positiv inverkan på aggregatbildning och strukturstabilitet (Zhang & Schrader 1992). Växtrötter söker sig ofta in i maskgångar dels för att det är lågt mekaniskt motstånd att växa där men sannolikt även för att gångväggarna är rikare på lättillgängliga växtnäringsämnen och ofta håller ett högre pH än den omgivande jorden (Buch 1987). Edwards & Lofty (1980) påvisade att dagmaskar har en gynnsam inverkan på uppkomst, strållängd och rotvikt hos korn.

2.3.2 Kvävefixering i ytskikt

Med kvävefixering avses här icke-symbiotisk fixering av atmosfäriskt kväve i markens ytskikt. Tidigare undersökningar har påvisat en potentiell kvävefixering på 11-38 kg kväve (Granhall 1990) respektive 15-51 kg kväve (Henriksson m fl 1975)

Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar av Richard Ivarsson 1996.

per hektar och är orsakat av autotrofa frilevande cyanobakterier (blågröna alger). Enlig Granhall (1990) kan cyanobakterier i fält under gynsamma betingelser ge ett kvävetillskott på 15-20 kg kväve per hektar och år.

Förutom att cyanobakterier tillför marken kväve producerar de vitaminer, tillväxthormoner och polysakarider som stimulerar växter och mikroorganismer (Rao & Burns 1989; Roger & Kulasoorya 1980). Detta ökar biomassan och halten organiskt material i jorden. Mikroberna gynnas och blir fler. Dehydrogenas, ureas och fosfatasaktiviteten ökar i jorden varvid mineraliseringsprocesserna ökar och koncentrationen av växttillgängliga näringsämnen ökar i marklösningen (Rao & Burns 1989).

Cyanobakterier producerar dessutom polysakarider som ökar jordens aggregering och aggregatstabilitet (Rao & Burns 1989; Roger & Kulasoorya 1980; Boychoudhury m fl 1980), vilket bl a förbättrar jordens vattenhållande förmåga (WHC).

2.3.3 Basrespiration och SubstratInducerad Respiration (SIR)

Markandningen (respirationen) bestäms av biomassans storlek, sammansättning och aktivitet. En hög respiration innebär oftast en snabb omsättning av organiskt material och därmed också en snabb återcirkulation av näringsämnen. Respirationen speglar således markens fertilitet och avkastningsförmåga.

Basrespirationen anger främst grundaktiviteten hos jordens autoktona mikroorganismer. Den bestäms av mikrofloras sammansättning, storlek och hur effektivt de förmår att utnyttja jordens organiska material som substrat. Basrespirationen ger ett mått på det organiska materialets omsättningsbarhet.

Den substratinducerade respirationen (SIR) utgör ett mått på mikroorganismernas förmåga att snabbt omsätta en lättnedbrytbar kol- och energikälla. Denna högre respiration anses relaterad till mängden aktiv biomassa (Andersson och Domsch 1978). Metoden förutsätter att den största delen av mikroorganismerna kan tillgodogöra sig tillsatsen av substrat snabbt och i lika stor utsträckning.

Den specifika respirationshastigheten eller kvoten qCO_2 (basrespiration/SIR) anger hur aktiv biomassan är. Kvoten speglar mikroorganismernas utbyte av substratet för tillväxt (Andersson och Domsch 1992). Den beror bl a på varierad substrattillgång, markfuktighet och temperatur.

2.3.4 Nitrifikation

Vid nitrifikation oxideras ammoniumkväve (NH_4^+) via nitrit (NO_2^-) till nitratkväve (NO_3^-). Det är framförallt autotrofa bakterier som nitrifierar i åkerjord, även om några heterotrofa svampar också kan nitrifiera. De autotrofa bakterierna använder ammonium som energikälla och koldioxid som enda kolkälla, medan de heterotrofa svamparna är beroende av en organisk kolkälla.

För att nitrifikation ska kunna äga rum krävs ammoniumkväve och en aerob miljö, samt koldioxid. Vidare gynnas nitrifierarna av neutralt till lätt basiskt pH och stigande temperaturer upp till 30 °C. Vatten är också nödvändigt, men försvårar gasutbytet av syre och koldioxid (Tate 1995).

Nitrifikationen har vissa negativa effekter, bl a är den försurande och det bildade nitraten är lättlösligt i marken. Det bildade nitraten kan därför lätt förloras genom kväveläkage med kväveförluster och övergödning av vattendrag som följd. I en reducerande miljö kan nitrat denitrifieras. Då förloras kväve genom kvävgas- och lustgasavång.

Både ammoniumkväve och nitratkväve tas upp och används av grödan. Normalt täcker växten 90 % av sitt kvävebehov genom upptag av nitratkväve (Siman, pers.m.). Ur växtens energisynpunkt är det dock mera energisnålt att i stället använda sig av ammoniumkväve, eftersom nitratkvävet måste reduceras innan det kan byggas in i aminosyror (Salisbury och Ross, 1992).

2.3.5 Denitrifikation

Denitrifikation innebär att nitratkväve ombildas och avgår i form av lustgas ($N_2O^{(g)}$) och kvävgas ($N_2^{(g)}$). Eftersom den ger upphov till kväveförluster är det önskvärt att denitrifikationen i åkermark är låg.

För att denitrifikation ska kunna äga rum krävs nitratkväve, anaerob miljö och att de denitrifierande mikroorganismerna har tillgång till en organisk kolkälla. Det är dessutom känt att nitratreduktionen gynnas av ett neutralt till lätt basiskt pH och att jordens vattenhalt har stor betydelse (minskar syrgaskoncentrationen).

3. Material och metoder

3.1 Beskrivning av försöksplatsen

3.1.1 Geografiskt läge och geologi

Försöket låg i Västmanland 15 km nordost om Västerås, ca 800 meter nordost om Sundbygård (N 59° 42', O 16° 40') på knappt 30 meters höjd över havet. Området är flackt med en mycket svag lutning ner mot Lillån. Några kilometer sydväst och nordost om försöket går den gnejsdominerade berggrunden i dagen och som högst når dessa huvudsakligen skogsbeklädda holmar ca 50 m över havet.

Matjorden är av postglacialt ursprung och överlagrar antagligen varvig glaciärra. Den mjäliga postglaciala leran avlagrades i den väldiga issjö som bildades då inlandsisen smälte av. När vattennivån sjönk och sjöbotten torrlades startade jordmånsbildningen. Sundbyjorden är således en ung, tämligen outvecklad jordmån, en s. k. Cambisol.

3.1.2 Metrologiska förutsättningar

Årsmedelnederbörden i Sundby är 578 mm, varav 33 mm i april och 36 mm i maj (Alexandersson m. fl., 1991). Vegetationsperiodens längd, beräknad utifrån en dygnsmedeltemperatur av 5°C, är mellan 180 och 190 dygn (Hammar, 1990).

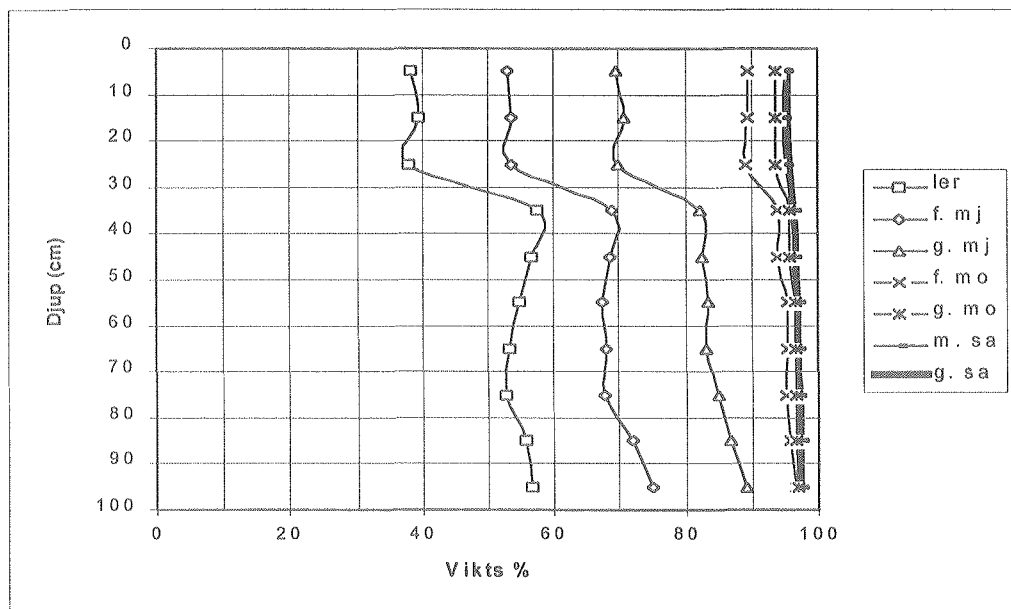
3.1.3 Odlingshistorik

Sundbyjorden har varit uppodlad i mer än 500 år. I slutet av 1800-talet kom Sundbygård i familjen Brunfelters ägo. Redan år 1954 försvann korna från gården och med dem försvann också vallen ur växtföljden. Gården drevs sedan kreaturslöst fram till år 1970 då nuvarande ägaren Erik Brunfelter började med slaktsvins-produktion. Svingödsel har därför endast spridits ett fåtal gånger på försöksytan och senast 2-3 år innan försöket lades ut.

3.1.4 Profilbeskrivning

3.1.4.1 Textur, mullhalt och kompaktdensitet

Matjorden (0-25 cm djup) utgörs av en något mullhaltig mellanlera med en tredjedels mjälainblandning. Mjälän består av lika delar finmjäla och grovmjäla. Alven är en styv lera. Figur 1 anger den kumulativa kornstorleksfördelningen ner till 1 meters djup. Sundbyjordens kompaktdensitet ökar med djupet, från 2,65 g/cm³ i matjorden till 2,77 g/cm³ i skiktet 70-100 cm djup.



Figur 1 Kumulativ kornstorleksfördelning ner till 1 meters djup i Sundby, plan nr R2-P76 S

3.1.4.2 pH och utbytbar aciditet

Matjorden på Sundby har pH 6,1 och alven har pH 6,0. Båda värdena avser pH uppmätt i 0,02 N CaCl₂ jordsuspension. Den titrerbara aciditeten är mycket låg genomgående för hela profilen (Mv 1, 1995).

3.1.4.3 Katjonbyteskapacitet och näringsstatus

Sundbyjordens katjonbyteskapacitet är 17 - 20 me/100 g ts och basmättnadsgraden utgör 85% av CEC_{pH7} genom hela profilen (Mv 1, 1995). Fosfor och kalium tillståndet motsvarar P-AL klass IV och K-AL klass IV. Koppar innehåll är 26 mg Cu-HCl/kg ts i matjorden och 35 mg Cu-HCl/kg ts i alven (Mv 1, 1995). Halten Mg(NO₃)₂ utbytbar mangan är 0,13 mg Mn/kg ts till 0,24 mg Mn/kg ts (Mv 1, 1995).

3.2 Försöksplan

Sundbyförsöken är fyra av åtta långliggande försök (plan nr R2-P76 S och försök nr 3/87, 4/87, 5/87 och 154/87) med olika odlingsystem på struktursvaga lerjordar i Västmanland. Nedan anges de olika led som ingick i försöket tillsammans med de förkortningar som använts i figurer och tabeller.

A = utan strukturkalk (UK)

B = med strukturkalk (6,5 ton CaO/ha) (MK)

10 = höstplöjning, konventionell såbäddsberedning och sådd (P)

20 = plöjningsfri odling, konventionell såbäddsberedning och sådd (PF)

30 = plöjningsfri odling, harvsådd (H)

01 = reducerad kvävegiva (60 % av normal) (60 % N)

02 = normal kvävegiva (100 % N)

	Vårvete		Havre		Korn		Vårrips	
	UK	MK	MK	UK	UK	MK	MK	UK
H	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N
P	60% N 100% N	60% N 100% N	100% N 60% N	100% N 60% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N
PF	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N	60% N 100% N

Figur 2 Försöken på Sundby, plan nr R2-P76 S, UK=utan kalk, MK=med kalk, H=plöjningsfri odling, harvsådd P=höstplöjt, konventionell såbäddsberedning, PF=plöjningsfri odling, konventionell såbäddsberedning, 60% N=60% av normal kvävegiva, 100% N=normal kvävegiva

3.2.1 Kalkning

Varje försök bestod av tolv parceller a' 12x22,5 meter, d v s totalt 48 parceller, enligt figur 2 ovan. Den 24 juli 1987, efter träda, höstplöjning och en harvning, strukturkalkades halva ytan inom varje försök med 6,5 ton CaO/ha (figur 2). Kalken nedbrukades med tallrikskultivator omedelbart efter spridning.

3.2.2 Jordbearbetning

Inom en tredjedel av respektive försöksruta tillämpades en av de tre olika jordbearbetningssystemen: höstplöjning och konventionell såbäddsberedning, plöjningsfri odling och konventionell såbäddsberedning, plöjningsfri odling med harvsådd.

Det höstplöjda ledet stubbkultiverades en gång före plöjning, medan de båda plöjningsfritt odlade leden stubbkultiverades upp till tre gånger på hösten till 12-14 cm djup.

Både i de höstplöjda leden och i de plöjningsfritt odlade leden med konventionell såbäddsberedning bestod såbäddsberedningen av 2 till 3 harvningar. Det plöjningsfritt odlade ledet med harvsådd harvades däremot normalt inte före sådd.

Vid sådden användes en Juko kombisåmaskin. Samma såmaskin användes även vid harvsådd men var då kopplad direkt efter en rotorharv. Rotorharven var tillkopplad även vid sådd av icke harvsådda led. En viss tillpackning/vältningseffekt kan inte uteslutas då den rullade fritt. Sådden har i regel skett samma dag inom hela försöket.

3.2.3 Gödsling

Gödningen tillfördes i form av en engångsgiva i samband med sådd (kombisådd). Den normala kvävegivan var 90 kg N/ha i form av NP 26-6 (ammoniumkväve) för korn, havre, våroljeväxter och ärter. Höst- och vårvete fick en något högre giva på 90-110 kg N/ha och innefattade även N28 under senare år. Någon kaliumgödsling har ej skett.

3.2.4 Växtföljd

I försöket tillämpades en fyraårig växtföljd, som lades upp så att varje gröda årligen fanns representerad i något av de fyra försöken. Försöket har legat i totalt 8 år, från 1988 till 1995, vilket innebär att växtföljden hunnit löpa runt två gånger. Växtföljden var:

Höstvete/Vårvete - Havre - Korn - Våroljeväxt/Ärter

Våroljeväxterna ersattes år 1988 och 1990 av ärter och 1994 och 1995 byttes höstvetet ut mot vårvete. I figur 2 på föregående sida visas hur grödorna var fördelade år 1995.

3.2.5 Kemisk bekämpning

Under försöksperiodens gång har följande ogräspreparat använts, Butisan, Bladex, och tidigare Treflan, samt Glean och MCPA. Rapsbaggar har bekämpats med låga men upprepade doser av Fastac. Inga fungicider har spridits i försöket.

3.2.6 Statistik

På grund av försökets uppläggning utfördes ingen variansanalys. Inom ramen för detta examensarbete fanns ej utrymme för andra statistiska beräkningar än uträkning av medelvärden.

3.3 Insamling av jordprover

All jordprovtagning för mikrobiologiska analyser utfördes på våren före gödsling och sådd. Gemensamma jordprover för alla analyser samlades in den 26 april 1995 med hjälp av jordborr (gäller ej prover för analys av frilevande kvävefixerare). Fyrtio slumpvis valda stick per parcell insamlades. Jordproverna delades in efter djup, 0-12 resp. 12-25 cm, och förpackades omedelbart i plastpåsar som djupfrysades direkt vid hemkomsten. Proverna tinades och siktades genom 4 mm sikt och fördelades i "engångs" portioner före djupfrysning (-20°C). Alla jordprover har således tinats lika många gånger före analys.

Totalt samlades jordprov in från 48 parceller på två djup (0-12 resp. 12-25 cm).

3.4 Markfysikaliska undersökningar

3.4.1 *Torrsubstans och vattenhaltsbestämning*

Torrsubstanshalten bestämdes på för mikrobiologisk analys gemensamt insamlade jordprover. Analyserna utfördes på frysta och siktade (4 mm) prover. Prover om ca 35 g torkades under två dygn i 105 °C. Torrsubstanshalten anger andelen torrsubstans i fuktigt prov. Övriga vattenhaltsbestämningar utfördes på osiktade färska jordprover.

Totalt analyserades prov från 48 parceller på två djup.

3.4.2 *Vattenhållande förmåga (WHC)*

Den vattenhållande förmågan (Water Holding Capacity WHC) bestämdes på för mikrobiologisk analys gemensamt insamlade jordprover. Vid analysen användes sex centimeter höga plastcylindrar. De förseddes med nättyg i ena änden och fylldes med färsk siktad (4 mm) jord och packades endast lätt genom varsam knackning mot bänken. Jordproverna placerades därefter stående i en vanna, vars vatteninnehåll justerades så att det kontinuerligt höll 1 cm djup. Efter ett dygns vattenmättnad genom kapillär stigning underifrån placerades cylindrarna på ett provrörsställ för bortdränering av överskottsvatten. Torrsubstanshalten bestämdes efter en timme på sedvanligt vis.

Torrsubstansen anger minimal torrsubstanshalt vid 0,03 m vatten avförande tryck efter att jämvikt inställt sig (vattenhalten på torrsubstansbasis är då =100-% ts).

Totalt analyserades prov från 48 parceller på två djup. Resultaten redovisas i form av procent torrsubstans vid 100 procents vattenhållande förmåga.

3.4.3 *Temperaturmätningar*

Temperaturutvecklingen de närmaste veckorna före och efter sådd följdes i 4 parceller (harvsådda och plöjda led med och utan kalk). Vid mätningarna användes koppar/konstantan termoelement som via en multiplexor kopplats till en 21X Campbell micrologger. Loggern mätte temperaturen en gång varannan minut och ur dessa värden beräknades ett medelvärde per timme som lagrades i loggerns minne. Både loggern och multiplexorn var placerade i en isolerad låda under mättingsperioderna. Som referenstemperatur till de uppmätta temperaturerna användes loggerns inbyggda termistor.

Mätningarna utfördes i harvsådda och höstplöjda led, med och utan strukturkalk (alla mätningarna utfördes i försök nr 4/87) på djupen 5 och 20 cm under två peioder 9/4-26/4 1995 och 11/5-27/5 1995. På grund av tekniskt missöde redovisas endast värden från perioden efter sådd (11/5-27/5 1995).

I varje undersökt parcell placerades sammanlagt fyra givare ut, dvs två givare per djup. Stor omsorg lades ner på att inte störa jorden kring givarna.

Temperatursummor har beräknades med en bastemperatur på 0°C. Den beräkningsmodell som användes summerade alla lagrade medeltemperaturer över 0°C efter att de dividerats med 24.

Amplituden i förhållande till referensamplituden anger dygnstemperaturvariationen i jorden jämfört med densamma i referenstermistorn på loggern.

3.4.4 *Penetrationsmotstånd*

Packningsgraden bestämdes med penetrationsmotståndsmätningar 26 maj 1995 med en skotsk Penicuik penetrometer (mod. SP1000) som registrerade penetrationsmotståndet för en 12,83 mm bred kon på varannan centimeters djup ner till 50 cm.

Vid mätningarna betraktades leden med normal och reducerad kvävegiva som samma behandlingsled. Ur de registrerade värdena beräknades sedan ett medelvärde på varje djup efter respektive behandling.

Penetrometermotståndet är framräknat ur motståndet för en 12,83 mm bred kon att tränga ner i marken.

Totalt undersöktes 24 ytor (normal och reducerad kvävegiva skiljdes ej åt) med 15 stycken jämt fördelade mätningar per yta.

3.5 Markkemiska undersökningar

3.5.1 pH-mätningar

pH-mätningarna utfördes på för mikrobiologisk analys insamlade siktade (4 mm) djupfrysta jordprover. Mätningarna utfördes på 4,0 g finjord i 0,02 M CaCl₂ lösning. Proverna skakades och fick sedan stå under ett dygn, därefter skakades de på nytt och fick sedimentera under en timme. pH bestämdes därefter elektrometriskt med en kombinationselektrod i jordsuspensionen.

Totalt analyserades pH i 48 parceller på två djup.

3.5.2 Total-kol, total-kväve och mullhalt

Total-kol och total-kväve innehållet bestämdes på för mikrobiologisk analys insamlade lufttorra siktade prover. Analyserna utfördes på en Leco® CNS-2000 CNS analyser på Inst. för Markvetenskap, SLU (lejdes).

Mullhalten räknades fram genom att total-C innehåll multiplicerades med en faktor på 1,76. Faktorn grundar sig på att endast 58 % av mullens vikt anses utgöras av kol, samt för att korrigera för vatten innehållet (Persson, pers. med.).

Totalt analyserades 48 parceller på två djup.

3.5.3 Katjonbyteskapacitet

Katjonbyteskapaciteten bestämdes dels genom extraktion av jordprov med 200 ml 0,25 M BaCl₂ och analys på atomabsorptionsspektrofotometer av förekommande baskatjoner, samt genom natriummätning av jorden vid pH 7, extraktion och bestämning av mängden bundet natrium.

Totalt undersöktes 6 prover från samma parcell (harvsådd, strukturkalk, normal kvävegiva), dvs 3 prov från respektive skikt 0-12 och 12-25 cm djup i försök 4/87.

3.5.4 Mangan

Sundbyjordens manganhalt bestämdes i skiktet 12-25 cm på för mikrobiologisk analys insamlade, siktade och frusna jordproverna. I de tre olika jordbearbetningsleden med normal kvävegiva och med respektive utan kalk extraherades Mn²⁺ med 0,5 N Mg(NO₃)₂.

Totalt analyserades 12 st parceller.

3.6 Markbiologiska undersökningar

3.6.1 Daggmaskförekomst

Maskförekomsten bestämdes med Raws formalinmetod, vars princip är utdrivning av maskar ur jorden med hjälp av 20 liter 0,2 % formalinlösning per kvadratmeter och insamling av dem för hand (Buch 1987).

Maskräkningarna utfördes på hösten under tre dagar, den 12/10, 13/10 och 14/10 1995. Två 50x50 cm stora slumpvis valda ytor per parcell undersöktes. Endast parceller med normal kvävegiva (100% N) undersöktes. Maskarna räknades och totalvikten från varje yta bestämdes på laboratorie.

Totalt undersöktes 24 parceller med två upprepningar per parcell.

3.6.2 Kvävefixering i ytskikt

Den 26 mars 1995, efter nattfrost, samlades jordprover in. Fem slumpvis valda prover från skiktet 0-1,5 cm djup blandades till ett representativt prov från varje parcell.

Analysmetoden som användes överensstämmer huvudsakligen med den av Mårtensson (1993) beskrivna metoden. Mörkt placerade kontroller saknades dock, vilket innebär att även en del heterotrof kvävefixering kan ha ägt rum, men enligt Granhall (1990) är hög potentiell icke-symbiotisk kvävefixering i åkermark direkt kopplad till riklig förekomst av heterocystförsedda cyanobakterier (cyanobakterier).

Jord från respektive prov blandades ut med vatten i en aluminiumform. Vattenhalten justerades så att den homogena jordytan i formen täcktes av ca 2 mm vatten. Därefter placerades de i växthus under 2,5 dygn innan de inkuberades i genomskinliga gastäta glasburkar där 10 % av ordinarie atmosfär ersattes av acetylen. Proverna placerades sedan återigen i växthus som höll ca 17° C. Inkuberingsperioden varade i 44 timmar.

Nitrogenaktiviteten mättes genom att etyleninnehållet efter 36 timmars inkuberingsperiod bestämdes på gaskromatograf. Analyserna utfördes på Inst. för Markvetenskap, SLU. Etylenbildningen kontrollerades mot så kallade nollprov (ingen spontan etylenbildning konstaterades) och den hastighet med vilken etylen bildades användes sedan för att beräkna den potentiella kvävefixeringen.

Totalt analyserades 48 parceller.

3.6.3 Basrespiration och SubstratInducerad Respiration (SIR)

Basrespiration och SIR bestämdes vid 20°C med en respirometer; respicond III Nordgren innovations AB Umeå, Sweden (Nordgren, 1988). Metoden bygger på att den koldioxid som bildas under respirationen absorberas i en hydroxidlösning (0,25 M).

Konduktiviteten i lösningen sjunker därmed. Konduktivitetssänkningen avläses som en spänningsskillnad i förhållande till ett referensmotstånd och registreras automatiskt en gång per timme.

Trettio gram fuktig jord vägdes in i varje försökskyvett. Vattenhalten justerades till 60 % WHC i respektive prov och placerades i vattenbad. Efter tio dygn tillsattes 1,37 g av en mortlad blandning bestående av 1,2 g talk, 0,02 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ och 0,15 g glukos. Den nya högre närmast följade respirationen utgör den substratinducerade respirationen (SIR) (Anderson och Domsch, 1978).

Respirationsmätningarna utfördes under sommaren 1995 på Inst. för Mikrobiologi vid SLU. Programmet RespView användes vid bearbetning av rådata. Vid framräkning av basrespiration användes 40 medelvärden a' en timme, från perioden närmast före substrat tillsatsen som skedde efter tio dygn. Den substratinducerade respirationen beräknades ur fem entimmes medelvärden närmast efter substrattillsats.

Resultaten är omräknade till $\mu\text{g CO}_2\text{-C/kg ts}$ och $\mu\text{g CO}_2\text{-C/kg Org-C}$ och specifik respirations hastighet $q\text{CO}_2$ (basresp./SIR).

Totalt analyserades 36 parceller (d v s alla parceller i tre försök) vid två djup (0-12 och 12-25 cm) med tre upprepningar per parcell och nivå.

3.6.4 Nitrifikation

Den potentiella autotrofa nitrifikationen bestämdes med den av Belser och Mays (1980) först beskrivna metoden i utformning enligt Torstensson (1993) som egentligen mäter den autotrofa ammoniumoxidationen. Optimala betingelser åstadkomms genom tillsats av ammonium-oxiderarmedium och aerob inkubering på skak under 6 timmar vid 25°C. Vid nitrifikation utgör ammoniumoxidationen det hastighetsbegränsande steget. För att förhindra att nitrit vidar oxideras till nitrat tillsätts klorat. Koncentrationen nitrit analyserades på FIA (fluid injection analyzis) star 5020 Analyser.

Siktade frysta prover för mikrobiologisk analys insamlade jordprover analyserades. Nitrifikationsmätningarna utfördes under sommaren 1995 på Inst. för Mikrobiologi, SLU.

Totalt analyserades 24 parceller (led med reducerad kvävegiva analyserades ej) på två djup (0-12 cm och 12-25 cm) och tre upprepningar per prov.

3.6.5 Denitrifikation

Den potentiella denitrifikationen bestämdes med den av Smith och Tiedje (1979) beskrivna och av Tiedje m fl (1989) modifierade C_2H_2 inhiberingsmetoden enligt en utformning gjord av Pell (1993). Optimala betingelser för denitrifierarna åstadkomms genom substrattillsats (kolkälla) och anaerob inkubering vid 25 °C på skak.

Denitrifikationspotentialen beräknades ur den på gaskromatograf uppmätta lustgasbildningen.

Siktade frysta prover för mikrobiologisk analys insamlade jordprover analyserades. Denitrifikationsmätningarna utfördes under sommaren 1995 på Inst. för Mikrobiologi, SLU.

Totalt analyserades 12 parceller i matjordens nedre skikt med tre upprepningar per prov.

3.7 Ogräsförekomst

Rotogräsförekomsten studerades i fält den 26 maj 1995. I varje parcell undersöktes storlek och antal tistel- och kvickrothårdar. Den relativa förekomsten av respektive art inom varje parcell bedömdes efter en skala från ett till tre.

4. Resultat

4.1 Markfysikaliska undersökningar

4.1.1 *Vattenhållande förmåga och torrsustanshalter*

Resultaten av torrsustanshaltsbestämningarna vid 100 % WHC i tabell 1 visar att jordens vattenhållande förmåga är störst i matjordens övre skikt (0-12 cm). I genomsnitt för samtliga behandlingar var den maximala vattenhållande förmågan ca 5 % större i ytskiktet än matjordens nedre skikt (12-25 cm).

De kalkade leden visade sig ha en något lägre (ca 3 %) vattenhållande förmåga än de okalkade leden. Denna skillnad var tydligast i de övre matjordsskiktet. Av de olika jordbearbetningsleden hade det höstplöjda ledet en högre vattenhållande förmåga än de båda plöjningsfria leden. Skillnaden var störst i matjordens översta skikt. Mellan de båda plöjningsfria leden var avikelserna små, dock verkade det harvsådda ledet ha en något bättre vattenhållande förmåga än det konventionellt sådda ledet. Kvävegödslingsnivån hade endast liten eller ingen inverkan på jordens vattenhållande förmåga.

Tabell 1 Torrsubstans halt vid 100 % WHC resp. torrsubstanshalter i fält 26/4, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	Torrsubstans halt vid 100 % WHC				% Torrsubstans i fält			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	% Ts	Rel tal	% Ts	Rel tal	% Ts	Rel tal	% Ts	Rel tal
UK	64,5	100	68,2	106	84,6	100	81,6	96
MK	67,2	104	69,7	108	84,2	100	81,1	96
P	64,4	100	68,4	106	85,0	100	81,1	95
PF	67,1	104	69,8	108	83,6	98	81,5	96
H	66,2	103	68,7	107	84,6	99	81,4	96
60 % N	65,5	100	69,0	105	84,5	100	81,4	96
100 % N	66,2	101	68,9	105	84,3	100	81,2	96

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva

Kombineras respektive jordbearbetning med och utan strukturkalk (tabell 2) fås liknande resultat som redovisats tidigare (tabell 1), men skillnaderna blir tydligare.

Tabell 2 Torrsubstans halt vid 100 % WHC resp. torrsubstanshalter i fält 26/4, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärder	Torrsubstans vid 100 % WHC				% Torrsubstans i fält			
	0-12		12-25		0-12		12-25	
	% Ts	Rel tal	% Ts	Rel tal	% Ts	Rel tal	% Ts	Rel tal
P, UK	63,3	100	67,8	107	85,2	100	81,4	95
PF, UK	65,6	103	68,8	108	83,5	98	81,8	96
H, UK	64,7	102	67,9	107	84,9	100	81,5	96
P, MK	65,4	103	68,9	109	84,8	99	80,7	95
PF, MK	68,6	108	70,9	112	83,6	98	81,1	95
H, MK	67,7	107	69	110	84,3	99	81,4	95

Kombinationseffekter av hur tre olika jordbearbetningsintensiteter med respektive utan kalk påverkar jordens vattenhållande förmåga och torrsubstansen i fält. P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha)

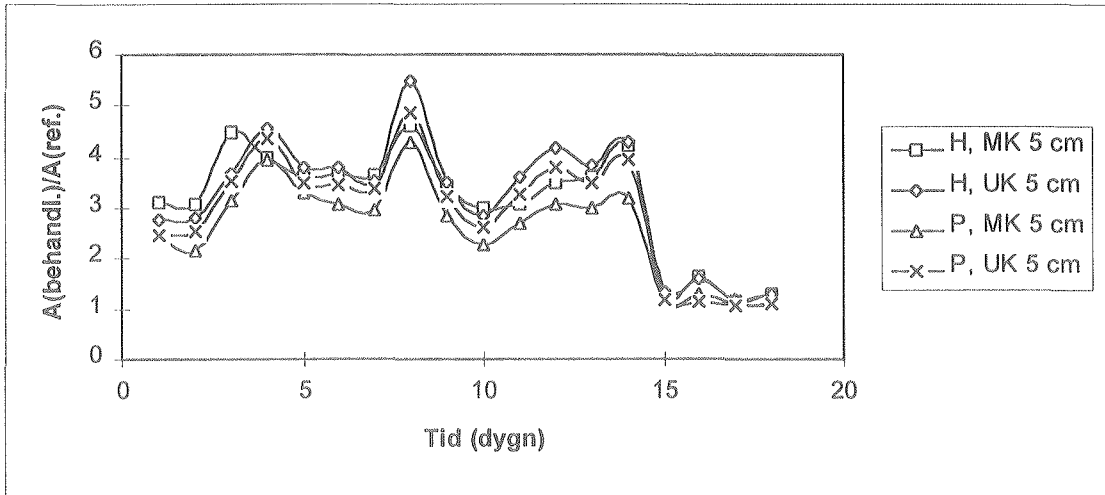
Vattenhalterna i fält den 26 april 1995 var tydligt lägre i matjordens nedre skikt (tabell 1 och 2), än i matjordens övre skikt. I övrigt var variationerna små, möjligen höll de plöjningsfria ledet med konventionell såbäddsberedning en något högre vattenhalt i matjordens översta skikt än det höstplöjda ledet.

4.1.2 Temperaturmätningar

De registrerade temperaturerna varierade mycket under mätperioden och tyvärr också mellan upprepningarna. Temperatursummorna uppvisade inga skillnader mellan strukturkalkade och okalkade led. De harvsådda leden skiljde sig ej nämnvärt från de höstplöjda leden, möjligen hade de harvsådda leden något högre temperatursumma

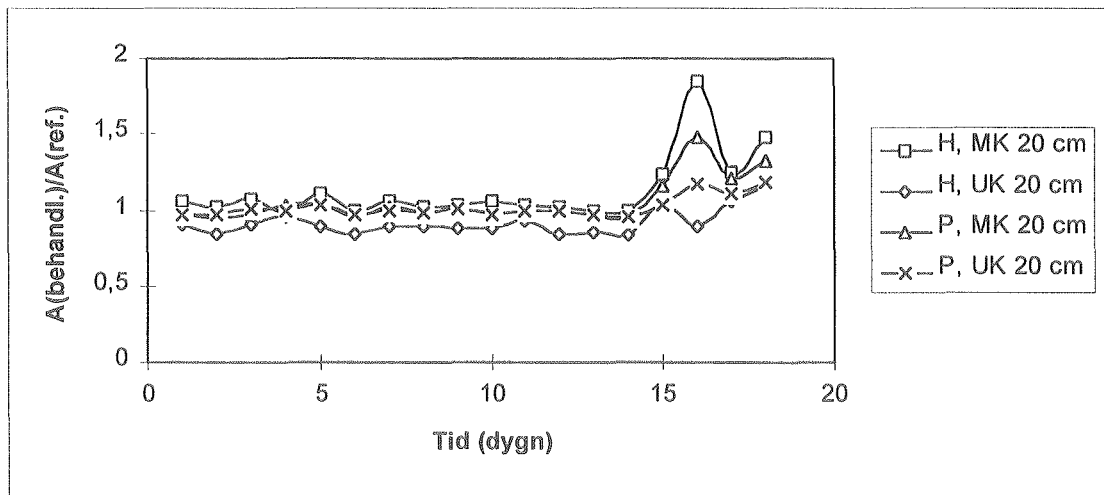
under mätperioden efter sådd. Däremot konstaterades att temperatursumman var större (ca 3 %) på 5 cm djup än på 20 cm djup.

I figur 3 och 4 redovisas grafer över dygnstemperaturernas amplituder. Under mätperiodens början uppvisade de harvsådda leden större temperatursvängningar än de höstplöjda leden på 5 cm djup, figur 3. Det framgår också att de okalkade leden i respektive bearbetningsled uppvisar större temperatursvängningar än motsvarande strukturkalkade led. De genomsnittliga dygnstemperatursvängningarna var större i de harvsådda leden än i de plöjda leden.



Figur 3 Dygnstemperaturens amplitud (A) på 5 cm djup i förhållande till referensdygnsamplituden, 11/5-29/5, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha)

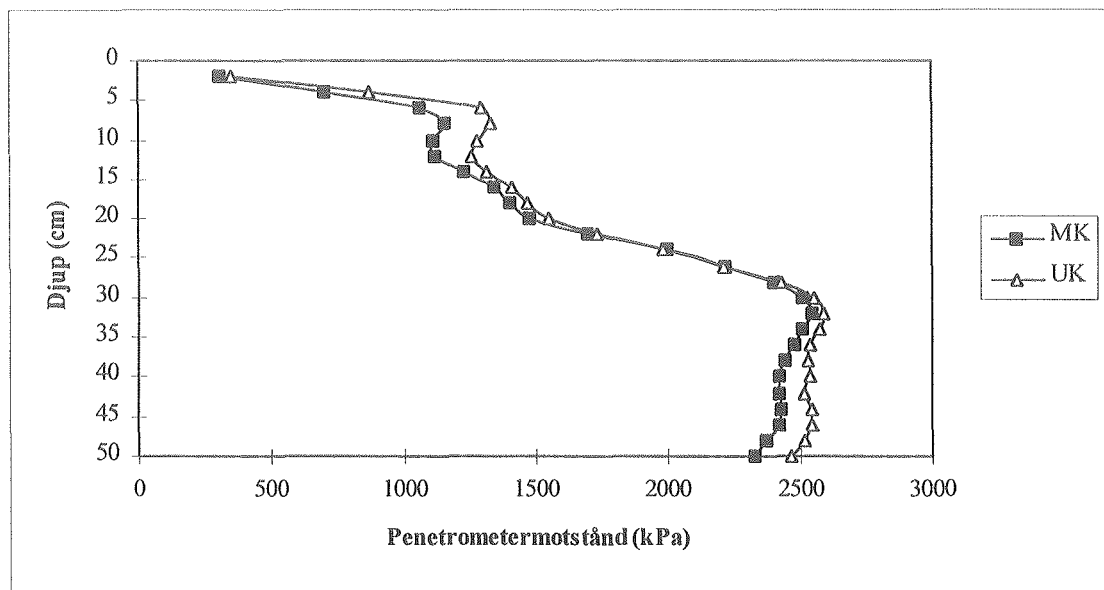
På 20 cm djup (figur 4) var temperatur variationerna mindre än på 5 cm djup. De kalkade leden uppvisade dock här något större temperatursvängningar än de okalkade leden. I de plöjda leden var temperatursvängningar likartade medan de harvsådda leden avvek betydligt mera ifrån varandra. Det strukturkalkade harvsådda ledet hade betydligt större temperatursvängningar än det okalkade harvsådda ledet.



Figur 4 Dygnstemperatur amplituden (A) på 20 cm djup i förhållande till referensdygn-amplituden 11/5-29/5, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha)

4.1.3 Penetrationsmotstånd

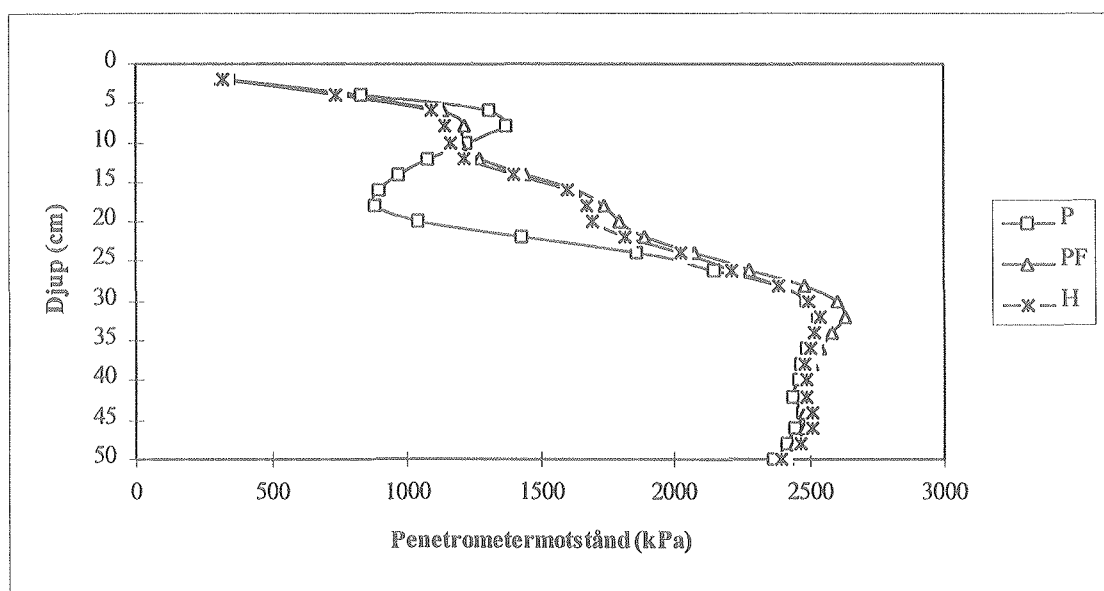
De strukturkalkade leden uppvisade ett genomsnittligt lägre penetrationsmotstånd än okalkade led, figur 5. Effekten märks tydligast i skiktet 6-14 cm, men är tydlig även på 34 till 50 cm djup, dvs nedanför plogsulan.



Figur 5 Penetrometermotstånd på 0 till 50 cm djup med respektive utan kalk, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha)

I figur 6 ser man att penetrationsmotståndet skiljer sig åt mellan de olika jordbearbetningsleden. De höstplöjda leden avviker från de plöjningsfritt odlade leden och har ett påtagligt större penetrationsmotstånd i skiktet 6-12 cm djup än övriga behandlingar. Djupare ner från 14 till 26 centimeters djup är de plöjda leden väsentligt luckrare än övriga bearbetningsled.

De plöjningsfritt odlade leden uppvisade ett jämt ökande penetrationsmotstånd ner till 25 cm djup, där de plöjningsfritt odlade ledet med konventionell såbäddsberedning och sådd uppvisade ett något högre motstånd än övriga led. Vid en jämförelse av de båda plöjningsfritt odlade leden finner man att det harvsådda leden genomgående hade ett lägre penetrationsmotstånd än leden med konventionell såbäddsberedning och sådd.



Figur 6 Jordbearbetningsintensitetens inverkan på penetrationsmotståndet från 0 till 50 cm djup, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd

4.2 Kemiska undersökningar

4.2.1 pH

Det genomsnittliga pH-värdet i de kalkade leden var ungefär 0,8 pH-enheter högre än i de okalkade leden, tabell 3. Det gäller både i matjordens övre skikt (0-12 cm) och i dess nedre skikt (12-25 cm). I samtliga led utom det plöjningsfria ledet, där konventionell såbäddsberedning och sådd tillämpades, uppmättes ett obetydligt högre pH i matjordens övre skikt.

Endast små tveksamma avvikelser mellan de olika jordbearbetningsintensiteterna och mellan normal och reducerad kvävgiva uppmättes, tabell 3. Möjligen hade de båda plöjningsfria leden något högre pH i matjordens övre skikt.

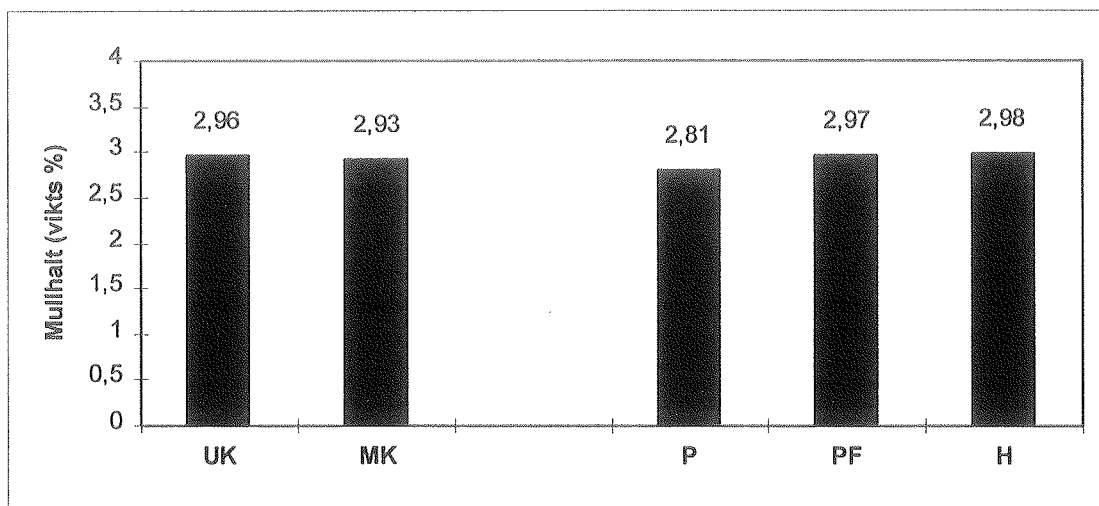
Tabell 3 pH (0,02 M CaCl₂) vid olika odlingsåtgärder och djup, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	0-12	12-25
	pH (CaCl ₂)	pH (CaCl ₂)
UK	6,09	6,07
MK	6,90	6,84
P	6,43	6,42
PF	6,53	6,54
H	6,53	6,41
60 % N	6,51	6,41
100 % N	6,48	6,50

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva

4.2.2 Mullhalt och kol/kväve-kvot

Både den genomsnittliga mullhalten i hela matjorden och den totala vikten av mullämnena var högst där plöjningsfri odling hade tillämpats (hänsyn tagen till torr skrymdensitet), figur 7. Mellan de strukturkalkade leden och de okalkade leden märktes knappast några avvikelser, möjligen var mullhalten något lägre i de kalkade leden.



Figur 7 Kalkens och jordbearbetningens inverkan på den total mullhalten i hela matjorden, 0-25 cm djup, (hänsyn taget till torr skrymdensitet och skiktens tjocklek), plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd

I de båda plöjningsfritt odlade leden var mullhalten i matjordens översta skikt (0-12 cm) högre än i det nedre skiktet (12-25 cm), tabell 4. Strukturkalk hade ingen eller endast obetydligt effekt på mullhalten. Däremot hade kvävegödslingen större

betydelse. Den normal kvävegivan gav högst mullhalt och detta var speciellt tydligt i matjordens övre skikt.

Jordbearbetningen var den enskilda odlingsåtgärd som gav störst mullhaltsförändringar i försöket, tabell 4. De höstplöjda leden höll en låg men jämn mullhalt på ca 2,8 % genom hela profilen, medan de plöjningsfria leden innehöll 3,2 % mull i matjordens översta skikt och 2,9-2,8 % i de nedre skiktet. Följdaktligen var mullhalterna högre i de plöjningsfritt odlade leden än i de höstplöjda leden. De plöjningsfritt odlade konventionellt sådda leden hade något högre mullhalter än det harvsådda leden.

Tabell 4 Olika odlingsåtgärdernas inverkan på mullhalt och kolkväveknot, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	Mullhalt (vikt %)				C/N-kvot			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	Mull	rel tal	Mull	rel tal	C/N	rel tal	C/N	rel tal
UK	3,07	100	2,87	93	10,59	100	10,39	98
MK	3,04	99	2,84	92	10,67	101	10,34	98
60 % N	3,00	100	2,84	95	10,56	100	10,37	98
100 % N	3,11	104	2,88	96	10,70	101	10,36	98
P	2,79	100	2,83	101	10,28	100	10,39	101
PF	3,21	115	2,89	104	10,74	104	10,24	100
H	3,17	114	2,84	102	10,86	106	10,48	102

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva

Kombineras respektive jordbearbetningsled med och utan strukturkalk, enligt tabell 5, understryks att kalk inte, eller endast i obetydligt utsträckning påverkat mullhalten på Sundby.

Tabell 5 Olika kombinationer av odlingsåtgärder och deras inverkan på mullhalt och kol/kväve-kvoten, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärder	Mullhalt (vikt %)				C/N-kvot			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	Mull	rel tal	Mull	rel tal	C/N	rel tal	C/N	rel tal
P, UK	2,80	100	2,84	101	10,24	100	10,43	102
PF, UK	3,20	114	2,90	104	10,68	104	10,29	100
H, UK	3,20	114	2,87	102	10,84	106	10,47	102
P, MK	2,77	99	2,82	101	10,32	101	10,34	101
PF, MK	3,22	115	2,89	103	10,80	105	10,20	100
H, MK	3,14	112	2,82	101	10,88	106	10,49	102

Tre olika jordbearbetningsintensiteter med resp. utan strukturkalk och hur de påverkat jordens mullhalt och C/N-kvot. P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO)

Kol/kväve-kvoterna varierar betydligt mindre mellan de olika odlingsåtgärderna än mullhalten. I samtliga led undantaget höstplöjda led är kol/kväve-kvoten högst i matjordens översta skikt, tabell 4 och 5.

4.2.3 Katjonbyteskapacitet

De sex katjonbytesanalyser som gjordes i det strukturkalkade plöjningsfritt odlade harvsådda ledet med normal kvävegiva påvisade en något högre katjonbyteskapacitet i matjordens övre 0-12 cm skikt än i skiktet 12-25 cm (18,2 mot 16,7 me/100 g ts).

4.2.4 Fosfor och kalium

Sundbyjorden innehåller relativt mycket lösligt fosfor och kalium. Enligt Egnérs AL-extraktionsmetod (12 analyser jämt fördelade över fältet), innehåller matjorden 9 - 15 mg P/100 g luft torr jord och 17 - 26 mg K/100 g luft torr jord. Detta motsvarar P-AL klass IV och K-AL klass IV. Även djupare ner i profilen är fosfor- och kaliumstatusen god (Mv1, 1995).

4.2.5 Mangan

Det kunde inte påvisas några skillnader i manganhalter mellan strukturkalkade och okalkade led, ej heller mellan de olika bearbetningsleden. Halten $Mg(NO_3)_2$ utbytbar mangan var mycket låg genom hela profilen, men ökar med djupet. I det översta 0-12 cm skiktet uppmättes 0,133 mg Mn/kg ts och i 70-100 cm skiktet 0,24 mg Mn/kg ts (Mv 1, 1995). Ytterligare tolv analyser jämnt fördelade över fältet och mellan bearbetningarna från skiktet 12-25 cm (frysta prov som använts vid mikrobiologiska analyser) bekräftade de låga halterna.

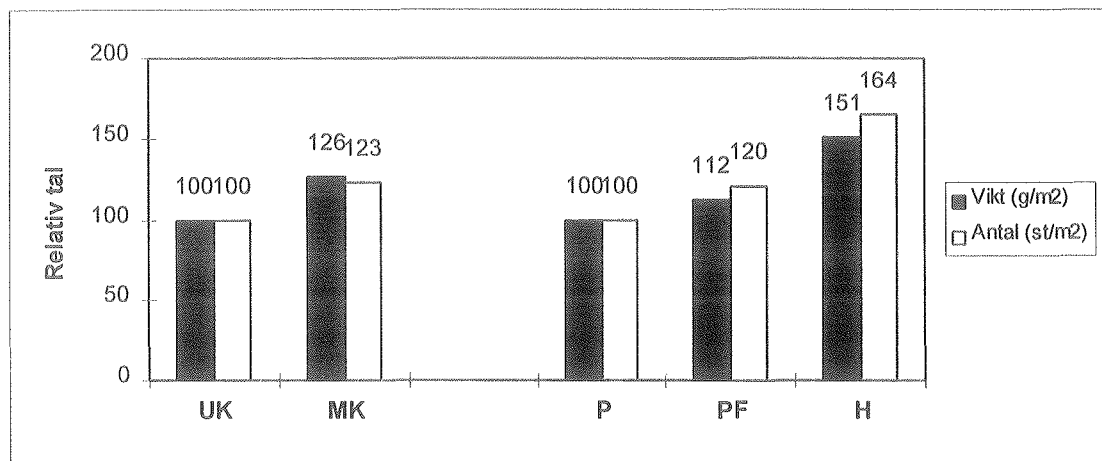
4.3 Biologiska undersökningar

4.3.1 Maskförekomst

Maskförekomsten varierade avsevärt både i vikt och antal mellan de olika leden, figur 8. De okalkade leden höll en betydligt mindre maskpopulation än de strukturkalkade leden, 30 g/m² (levande vikt) respektive 38 st/m².

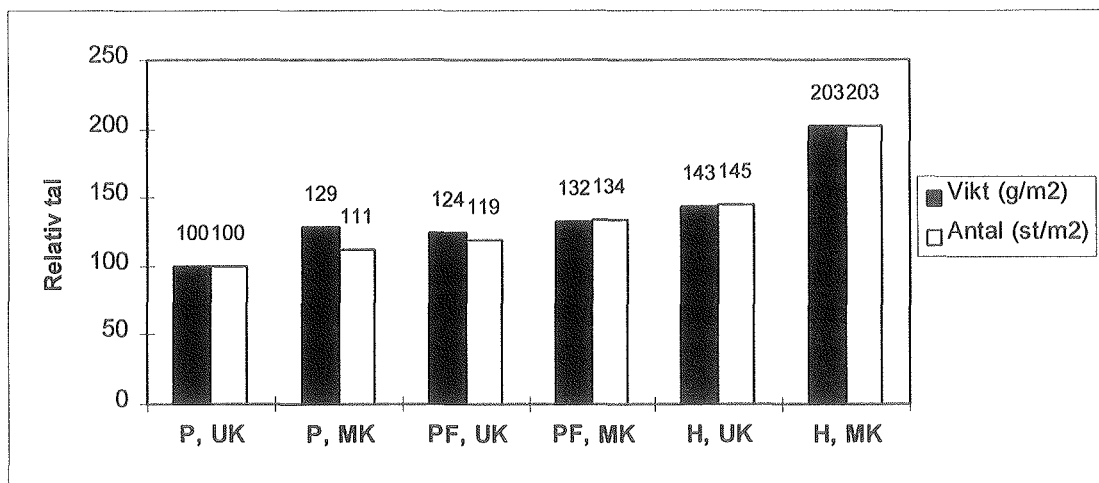
Jordbearbetningsintensiteten påverkade maskförekomsten mer än strukturkalkning. De höstplöjda leden innehöll 28 g/m² och leden där plöjningsfri odling med konventionell såbäddsberedning tillämpades innehöll 32 g/m². Maskförekomsten var störst i de plöjningsfritt odlade harvsådda leden som innehöll 42 g/m².

Även antalet daggmaskar påverkades av jordbearbetningen. I de plöjningsfritt odlade leden var medelvikten lägre, men i gengäld fanns där många fler individer (95-130 st/m²) än i de höstplöjda leden (79 st/m²). Det plöjningsfritt odlade harvsådda leden innehöll flest daggmaskar samtidigt som medelvikten också var lägst i dessa led.



Figur 8 Kalkens och jordbearbetningens relativa inverkan på maskförekomsten, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd

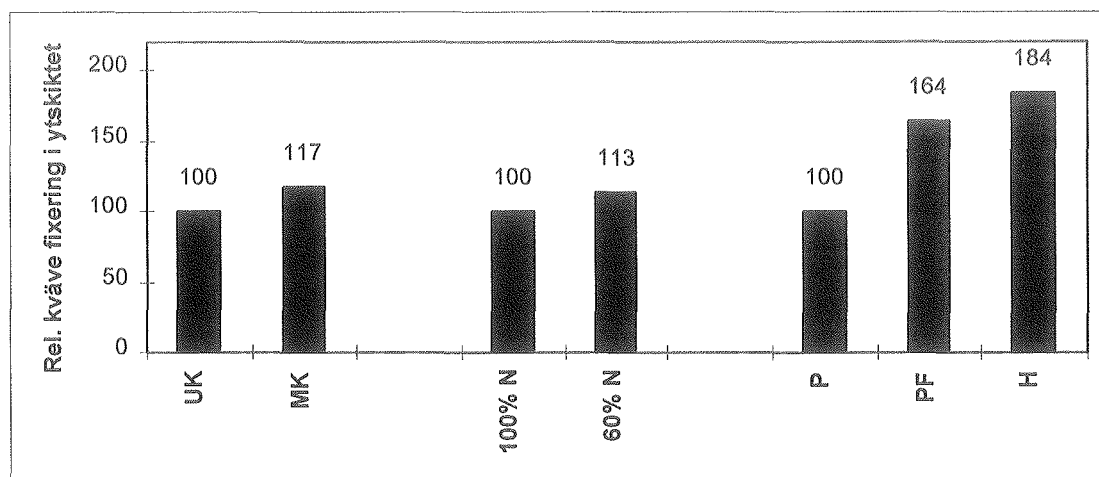
I figur 9 har de tre i försöket förekommande jordbearbetningsintensiteterna delats upp i led med respektive led utan strukturkalk. I samtliga bearbetningsled har kalkningen haft en positiv inverkan på maskförekomsten. Det gäller speciellt för de harvsådda leden. Där plöjningsfri odling med konventionell såbäddsberedning tillämpades var kalkningseffekten mindre.



Figur 9 Olika jordbearbetningsintensiteter och hur dessa tillsammans med respektive utan strukturkalk påverkat maskförekomsten, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha)

4.3.2 Kvävefixering i ytskikt

På jordprover från markytan uppmättes stora skillnader i kvävefixerande förmåga, figur 10. De strukturkalkade leden uppvisade 17 % högre potentiell kvävefixering än de okalkade leden. En låg kvävegödslingsnivå (60 % av normal kvävegiva) ökade kvävefixeringen med ca 13 % jämfört med normal kvävegödsling.



Figur 10 Relativa kvävefixerande förmågan i ytskiktet, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995. UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), 100 % N=normal kvävegiva, 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd

Jordbearbetningen inverkar mera på den potentiella kvävefixerande förmågan än någon av de övriga i försöket förekommande odlingsåtgärderna, figur 10. De två plöjningsfritt odlade systemen uppvisade ca 60-80 % högre fixering än de höstplöjda

leden. Där plöjningsfri odling med harvsådd tillämpats var den kvävefixerande förmågan 84 % högre än i de höstplöjda leden.

4.3.3 *Respiration och SubstratInducerad Respiration (SIR)*

Basrespirationen och den substratinducerade respirationen (SIR) varierade avsevärt inom försöket mellan de olika odlingsåtgärderna, tabell 6 och 7. Genomgående var respirationen högre i matjordens övre skikt (0-12 cm) än i matjordens nedre del (12-25 cm). Det gäller både respirationen räknad per gram torrsustan och per gram organiskt kol, utom i de höstplöjda leden. Även den specifika respirationshastigheten (qCO_2) var störst i matjordens övre skikt.

De strukturkalkade leden hade en högre basrespiration än de okalkade leden (utom i det höstplöjda ledens övre skikt), tabell 8. Den substratinducerade respirationen var däremot lägre i de kalkade leden än i de okalkade leden, medan den specifika respirationshastigheten var högst i de kalkade leden.

De plöjningsfria leden hade både en högre basrespiration och SIR i matjordens övre skikt än de höstplöjda leden, tabell 6 och 7. I matjordens nedre skikt uppvisade däremot de höstplöjda leden högre respirationer. Den specifika respirationshastigheten följde samma mönster som respirationen i övrigt.

Både basrespirationen och SIR uppvisade högre respirationsvärden i leden med normal kvävegiva än i leden med reducerad kvävegiva, tabell 6 och 7. Även den specifika respirationshastigheten var större i leden med normal kvävgiva än i leden med reducerade kvävegiva, tabell 8.

Tabell 6 Odlingsåtgärdernas inverkan på basrespiration och substratinducerad respiration angivet som $\mu g CO_2-C/h g ts$, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995.

Odlingsåtgärd	Bas. resp. ($\mu g CO_2-C/h g ts$)				SIR ($\mu mg CO_2-C/h g ts$)				qCO_2	
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm		0-12	12-25
	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal		
UK	0,393	100	0,219	56	7,49	100	5,43	72	0,052	0,050
MK	0,373	95	0,245	66	6,75	90	5,23	70	0,055	0,047
P	0,259	100	0,257	99	5,54	100	5,82	105	0,047	0,044
PF	0,447	173	0,217	84	7,70	139	5,00	90	0,058	0,044
H	0,429	166	0,223	87	7,93	143	5,22	94	0,055	0,044
60 % N	0,360	100	0,219	61	6,94	100	5,19	75	0,051	0,042
100 % N	0,458	127	0,247	69	7,30	105	5,48	79	0,055	0,045

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva, P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling och harvsådd

Tabell 7 Odlingsåtgärdernas inverkan på basrespiration och substratinducerad respiration i relation till g Org-C, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	Bas. resp. ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/h g Org-C}$)				SIR ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/h g Org-C}$)			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal
UK	22,6	100	13,6	60	435	100	338	78
MK	21,6	96	15,3	70	394	91	328	75
P	16,9	100	16,2	96	364	100	366	101
PF	25,0	148	13,5	80	432	119	312	86
H	23,9	141	13,9	82	442	121	323	88
60 % N	21,3	100	13,7	64	413	100	326	79
100 % N	23,0	108	15,3	72	416	101	340	82

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva, P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling och harvsådd

Ur tabell 8 framgår det att basrespiration i matjordens övre skikt (0-12 cm) i det plöjningsfritt odlade, konventionellt såbäddsberedda ledet har speciellt hög respiration. Samma tabell påvisar en anmärkningsvärd stor minskning av respirationen i matjordens nedre skikt i de båda plöjningsfritt odlade leden med reducerad kvävegiva, jämfört med samma bearbetningsled men med normal kvävegiva.

Tabell 8 Olika odlingsåtgärds kombinationers inverkan på basrespiration, substratinducerad respiration och kvoten mellan dem, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	Bas. resp. ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/h g ts}$)				SIR ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/h g ts}$)				$q\text{CO}_2$	
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm		0-12	12-25
	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal	Respir	Rel tal		
P, UK	0,274	100	0,251	91	6,01	100	5,80	96	0,044	0,043
PF, UK	0,441	161	0,200	73	8,00	133	5,13	85	0,055	0,038
H, UK	0,420	153	0,213	78	8,07	134	5,39	90	0,055	0,040
P, MK	0,246	90	0,263	96	5,09	85	5,84	97	0,048	0,045
PF, MK	0,453	165	0,240	88	7,38	123	4,87	81	0,061	0,049
H, MK	0,438	160	0,238	87	7,78	129	5,06	84	0,054	0,047
P, 60 % N	0,234	100	0,252	108	5,33	100	5,57	104	0,044	0,045
PF, 60 % N	0,423	182	0,201	86	7,62	143	4,97	93	0,056	0,041
H, 60 % N	0,426	183	0,240	88	7,86	147	5,03	94	0,055	0,041
P, 100% N	0,290	125	0,263	113	5,80	109	6,13	115	0,050	0,043
PF, 100% N	0,470	202	0,235	101	7,77	146	5,03	94	0,060	0,047
H, 100% N	0,432	186	0,246	106	7,99	150	5,40	101	0,054	0,046

P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva, UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha)

4.3.4 Nitrifikation

Den högsta potentiella nitrifikationen uppmättes genomgående i matjordens övre skikt (0-12 cm), tabell 9 och 10. Inom försöket fanns det tydliga skillnader mellan de olika försöken med respektive förfrukt, tabell 9. Skillnaderna var mindre tydliga om

nitrifikationen räknades per gram organiskt kol än om den räknades per gram torrsubstans.

Tabell 9 Förfruktens inverkan på den potentiella nitrifikationen, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Försök nr och senaste gröda	Nitrifikation/g ts (ng NO ₂ -N/g ts min)				Nitrifikation/g Org-C (ng NO ₂ -N/g Org-C min)			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	Nitr.	Rel tal	Nitr.	Rel tal	Nitr.	Rel tal	Nitr.	Rel tal
3/87, Våröljeväxt	6,14	100	6,16	100	369	100	391	106
4/87, Vete	6,14	100	5,49	89	346	94	326	88
5/87, Havre	6,63	108	5,67	92	381	103	364	98
154/87, Korn	7,96	129	6,44	105	419	116	398	108

I de strukturkalkade leden var den potentiella nitrifikationsförmågan större än i de okalkade leden, tabell 10. Skillnaderna var störst i matjordens övre skikt.

De båda plöjningsfritt odlade bearbetningsleden uppvisade en högre potentiell nitrifikation i matjordens övre skikt än det höstplöjda ledet. I det nedre skiktet (12-25 cm) var dock förhållandet omvänt, tabell 10. Räknat per gram organiskt kol hade de båda plöjningsfritt odlade leden en lägre potentiell nitrifikation än det höstplöjda ledet.

Tabell 10 Odlingsåtgärdernas inverkan på den potentiella nitrifikationen, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	Nitrifikation/g ts (ng NO ₂ -N/g ts min)				Nitrifikation/g Org-C (ng NO ₂ -N/g Org-C min)			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	Nitr.	Rel tal	Nitr.	Rel tal	Nitr.	Rel tal	Nitr.	Rel tal
UK	5,80	100	5,35	92	329	100	330	100
MK	7,41	128	6,42	111	421	130	400	122
P	6,43	100	6,19	96	399	100	381	96
PF	7,00	109	5,74	89	379	95	361	91
H	6,59	103	5,71	89	358	90	353	89

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell säbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell säbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling och harvsådd

4.3.5 Denitrifikation

De strukturkalkade leden uppvisade lägre denitrifikationspotential än motsvarande okalkade led på respektive djup, tabell 11. Kalkens effekt var tydligast i matjordens övre skikt (0-12 cm).

Jordbearbetningen påverkade denitrifikationspotentialen mindre än strukturkalk. De höstplöjda leden uppvisade högre denitrifikationspotentialer än plöjningsfritt odlade harvsådda led. Skillnaderna var större om denitrifikationen räknades per gram organiskt kol än om den räknades per gram ts.

Tabell 11 Odlingsåtgärdernas inverkan på den potentiella denitrifikationen, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärd	Denitrifikation/g ts (ng N ₂ O-N/g ts min)				Denitrifikation/g Org-C (ng N ₂ O-N/g Org-C min)			
	0-12 cm		12-25 cm		0-12 cm		12-25 cm	
	Denitr.	Rel tal	Denitr.	Rel tal	Denitr.	Rel tal	Denitr.	Rel tal
UK	8,33	100	7,17	86	743	100	678	91
MK	5,17	61	5,83	70	463	62	563	76
P	6,67	100	7,21	107	585	100	676	116
H	6,67	100	6,23	93	542	93	600	103

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling och harvsådd

4.4 Ogräsförekomst

I båda leden där plöjningsfri odling tillämpats kunde en riklig förekomst av åkertistel konstateras. Rotogräsförekomsten var speciellt stor i det harvsådda ledet. I detta led var också kvickrotsförekomsten betydligt större än i övriga led. Inga övriga skillnader konstaterades.

4.5 Skörderesultat

De strukturkalkade leden uppvisade högre skörderesultat än okalkade led i samtliga grödor skördeåren 1989-1995, tabell 12. Havre och höst/vårveve gynnades speciellt mycket av plöjningsfri odling. Den reducerade kvävegivan gav ungefär lika stora skördesänkningar i samtliga grödor.

Tabell 12 Skörd (kg/ha vid 15% vattenhalt) och relativtal i plan nr R2-P76 S vid nmhML Sundby 1989-1995

Odlingsåtgärder	Havre		Korn		Vete	
	Skörd kg/ha	rel tal	Skörd kg/ha	rel tal	Skörd kg/ha	rel tal
UK	5060	100	4520	100	5650	100
MK	5160	102	4970	110	5880	104
P	4940	100	4760	100	5600	100
PF	5090	103	4710	99	5660	101
H	5240	106	4710	99	5940	106
60 % N	4790	89	4440	88	5330	87
100 % N	5380	100	5040	100	6130	100

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, normal kvävegiva=90 kg kväve, låg kvävegiva=60 % av normal kvävegiva

1995 års skördesiffror avviker från de genomsnittliga skörderesultaten (jämför tabell 12 och 13) och är ett exempel på hur skördarna varierat under åren.

Tabell 13 Skörd (kg/ha vid 15% vattenhalt) och relativtal i plan nr R2-P76 S vid nmhML Sundby 1995

Odlingsåtgärder	Havre 4/87		Korn 5/87		Vårvete 3/87	
	Skörd kg/ha	rel tal	Skörd kg/ha	rel tal	Skörd kg/ha	rel tal
UK	4580	100	5160	100	3950	100
MK	5180	113	5470	106	4620	117
P	5270	100	5900	100	4730	100
PF	4850	92	5070	86	3780	80
H	4530	86	4900	83	4350	92
60 % N	4780	96	5115	93	4030	89
100 % N	4980	100	5500	100	4530	100

UK=okalkade led, MK=strukturkalkade led (6,5 ton CaO), P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, normal kvävegiva=90 kg kväve, låg kvävegiva=60 % av normal kvävegiva

Korn och havre missgynnades mer av en reducerad kvävegiva då plöjningsfri odling tillämpades än om konventionell odling med höstplöjning tillämpades, tabell 14. Vetet missgynnades däremot mer av en reducerad kvävegiva efter höstplöjning än efter plöjningsfri odling.

Tabell 14 Olika jordbearbetningsintensiteter i kombination med respektive utan kalk och hur dessa inverkat på respektive grödas skörd 1989-1995, plan nr R2-P76 S nmhML Sundby

Odlingsåtgärder	Havre		Korn		Vete	
	Skörd kg/ha	rel tal	Skörd kg/ha	rel tal	Skörd kg/ha	rel tal
P, 60 % N	4679	90	4307	83	5083	83
P, 100 % N	5206	100	5204	100	6116	100
PF, 60 % N	4796	89	4239	81	5168	84
PF, 100 % N	5409	100	5219	100	6164	100
H, 60 % N	4901	89	4213	81	5487	86
H, 100 % N	5512	100	5209	100	6364	100

P=höstplöjt konventionell såbäddsberedning och sådd, PF=plöjningsfri odling konventionell såbäddsberedning och sådd, H=plöjningsfri odling harvsådd, 60 % N=60 procent av normal kvävegiva, 100 % N=normal kvävegiva

5. Diskussion

5.1 Markfysik

5.1.1 Vattenhållande förmåga

Den vattenhållande förmågan var mindre i matjordens nedre skikt än i det övre skiktet. Det beror sannolikt på att matjordens övre skikt utsatts för erosion och slammning under perioden från hösten till tidig vår då provtagningen ägde rum. Jordens struktur (aggregering) har då delvis skadats. Vid slammning försvinner en del av markens största porer vilket teoretiskt minskar jordens vattenhållande förmåga och vattengenomsläpplighet, men om porerna mellan aggregaten före slammning var så stora att de ej höll vatten vid den använda tensionen kan antagligen den vattenhållande förmågan öka efter slammning.

Resultaten visade att strukturkalkningen förbättrat jordens struktur och aggregatstabilitet. Skillnaderna kan ha flera orsaker. De kan ha orsakats av en högre aggregatstabilitet i de kalkade leden som därför eventuellt sväller mindre vid vattenupptag, samtidigt som de ej är lika slammingsbenägna. En annan förklaring är att aggregaten i de kalkade leden blir mer distinkta, vilket medför att porerna mellan aggregaten ej förmår hålla lika mycket vatten vid den använda tensionen som i de okalkade leden. Kalkens positiva inverkan på stabiliteten märktes i alla behandlingar, men var av naturliga skäl tydligast i matjordens övre skikt. Effekten av kalk var speciellt påtaglig i de plöjningsfritt odlade leden, vilka också vid mättillfället hade ett något högre pH än de höstplöjda leden.

De plöjningsfria leden uppvisade lägre vattenhållande förmåga än höstplöjda led och leden med normal kvävegiva hade högre vattenhållande förmåga än leden med reducerad kvävegiva. Dessa skillnader kan härröra från skillnader i mullhalter. De plöjningsfritt odlade leden hade betydligt högre mullhalter i matjordens övre skikt än de höstplöjda leden och mullhalterna var också genomsnittligt större i leden med normal kvävegiva än i leden med reducerad kvävegiva, men vanligtvis anses mullen förbättra jordens vattenhållande förmåga.

5.1.2 Temperaturutveckling

Av resultaten framgår att de okalkade leden både i plöjningsfritt odlade harvsådda led och i höstplöjda led uppvisade större temperatursvängningar än motsvarande strukturkalkade led. Detta indikerar att upptorkningen av matjorden går snabbare i de okalkade leden, vilket också såbädds vattenhaltsundersökningarna, enligt Blackert (1996), indikerade. De framräknade porositeterna och porstorleksfördelningarna visade att de strukturkalkade leden hade en något bättre struktur med fler grova porer än de okalkade leden (Blackert, 1996). Penetrationsmotståndsmätningarna påvisade

även de en något lägre packningsgrad i de strukturkalkade leden. Teoretiskt, precis som resultaten visade, innebär detta en försämrade kapilläritet och avdunstning från de kalkade leden.

I fält, tidigt på våren, iaktogs att de kalkade leden var gråvita (torra) precis i ytan, medan de okalkade leden var jordsvarta (fuktiga) i ytan. Dessa iakttagelser tillsammans med mätdata stödjer teorin om att de strukturkalkade leden har en långsammare upptorkning av matjorden på våren än de okalkade leden, eftersom kapilläriteten i de kalkade leden snabbare bryts och försvårar vidare upptorkning.

De plöjningsfritt odlade harvsådda leden hade genomsnittligen större temperatursvängningar än de höstplöjda leden. Detta beror sannolikt på en lägre vattenhållande förmåga och bättre struktur i de harvsådda leden, som medför en snabbare upptorkning i dessa led än i de höstplöjda leden.

5.1.3 Penetrationsmotstånd

Strukturkalkade led uppvisade ett genomsnittligt lägre penetrationsmotstånd än okalkade led. Effekten märks tydligast i skiktet 6-14 cm, men är tydlig även på 34 cm till 50 cm djup, dvs nedanför plogsulan.

Den allmänna minskningen av penetrationsmotståndet i de strukturkalkade leden beror troligtvis på att strukturabiliteten förbättrats, vilket gynnat grödan och dess rotutveckling som i sin tur stimulerat strukturbildningsprocesser ytterligare. Högre vattenhalter kan också ha bidragit till att minska penetrationsmotståndet i de kalkade leden.

Den tydliga kalkeffekten i just skiktet 6-14 cm beror antagligen på att just detta skikt årligen utsätts för stor packning vid plöjning hur en plog rent tekniskt fungerar. Endast en liten del av jorden i detta skikt luckras varje år, medan den resterande delen av jorden snarare packas. Små skillnader i strukturabilitet i matjorden får därför större utslag i de höstplöjda leden än i de plöjningsfritt odlade leden. De stora skillnaderna mellan strukturkalkade led och okalkade led beror således sannolikt på kraftiga utslag i de höstplöjda leden, därmed inte sagt att skillnaderna är utan betydelse.

De skillnader som uppmättes djupare ner i profilen på 34 till 50 cm djup är svårare att förklara. En teori är att strukturen har förbättrats i de kalkade leden och en annan är att det varit skillnader i vattenhalter vid själva provtagningstillfället. Utgår man från att strukturen verkligen har förbättrats kan det tänkas bero på två faktorer dels att grödan gynnats av kalket, men också av en ökad maskaktivitet i de kalkade leden. Det är också fullt möjligt att de strukturkalkade leden som en konsekvens av bättre struktur och förbättrad vattenhushållning (se temperaturutveckling) höll högre vattenhalter än de okalkade leden.

De plöjningsfritt odlade leden uppvisade ett jämt ökande penetrationsmotstånd ner till plogsulan. De harvsådda leden uppvisade dock genomgående ett lägre

penetrationsmotstånd än leden där plöjningsfri odling med konventionell såbäddsberedning och sådd tillämpats. Det lägre penetrationsmotstånd orsakades sannolikt av en högre dagmaskaktiviteten och färre traktoröverfarer i de harvsådda leden.

I plogsulan har det plöjningsfritt odlade konventionellt såbäddsberedda ledet ett högre penetrationsmotstånd än övriga led. Det är något märkligt då detta led ej har plöjts på åtta år. Avvikelsen kan dock vara en effekt av att försöket legat för nära vändtegen. Skillnaden har i så fall funnits redan innan försöken lades ut.

5.2 Kemiska undersökningar

5.2.1 pH

Strukturkalkning med 6,5 ton CaO/ha höjde matjordens pH med 0,8 pH-enheter, från pH 6,1 till 6,9. Denna pH ökning verkar vara rimlig med tanke på de teoretiskt framräknade kalkbehoven enligt resultat från Mv 1 (1995).

De båda plöjningsfritt odlade leden uppvisade 0,1 pH-enhet högre pH i matjordens övre skikt än de höstplöjda leden. Denna skillnad orsakades sannolikt av att plöjning späder ut kalken till en större volym jord än plöjningsfri odling gör. Skillnaden är således troligen en effekt av bearbetningsdjupen. Samtidigt är det tänkbart att en större mängd kalk förloras ur matjorden genom urlakning i de höstplöjda leden än i de plöjningsfritt odlade leden, eftersom en större del av den från början jämt fördelade kalken befinner sig närmare matjordens nedre skikt i dessa led.

I matjordens nedre skikt avvek de plöjningsfritt odlade konventionellt såbäddsberedda leden från övriga led genom att ha nästan drygt 0,1 pH-enhet högre pH än övriga led. Eftersom maskarna anses ha en pH-höjande effekt kan denna skillnad vara orsakad av deras aktivitet, men dagmaskundersökningen talar emot detta. Andra troligare teorier är att skillnaderna orsakats av en ojämn spridning av kalken eller mer troligt av en högre denitrifikation i detta led. Det senare stöds dels av att mullhalten i matjordens nedre skikt var störst i de plöjningsfritt odlade konventionellt såbäddsberedda leden, men också av att det i dessa led uppmättes de högsta vattenhalterna vid såbäddsundersökningarna (Blackert 1996).

5.2.2 Mullhalt och kol/kväve-kvot

Mullhalten i matjordens övre skikt ökade betydligt vid plöjningsfri odling. Dessa observationer stöds av att Börresen och Njös (1993), Comia (1993), Herzog (1986), Hofmann m fl (1993) och Rydberg (1987) också kommit fram till att minimerad jordbearbetning ökar mullhalten i ytskiktet. Djupare ner i skiktet 12-25 cm konstaterades en svag ökning av mullhalten i de plöjningsfria leden. Även totalt sett i

hela profilen, med hänsyn tagen till torr skrymdensitet, var mullinnehållet störst i leden där reducerad jordbearbetning tillämpats. Varken Angers m fl (1993), Börresen (1993), Gustafsson (1994) eller Rydberg (1987) har i tidigare liknande undersökningar funnit någon ökning av jordens totala mullinnehåll. Däremot har Demo (1990), Liebhard (1993) och Schulten (1990) visat att mullinnehållet minskar vid intensiv kultivering, vilket i stöder resultaten från Sundbyförsöket.

Mullhaltsökningarna tillsammans med de relativt goda skördarna vid plöjningsfri odling tolkas som att grödans utveckling och bildning av biomassa gynnats. Troligtvis har grödan gynnats mer av plöjningsfri odling än vad skörderesultaten skvallrar om. Antagligen har inte kvävegivan varit tillräcklig för fullständig matning av kärnorna. Det senare stöds av att den reducerade kvävegivan sänkte skörden mer vid plöjningsfri odling än vid höstplöjning (gäller havre och korn). Detta kan delvis förklaras med att mullhalten ökar i de plöjningsfritt odlade leden. Mullhalts ökningen kan ha orsakats av en mindre mineralisering som i så fall levererat mindre kväve till grödan. Även då skulle kvävet ha varit mer begränsande i de plöjningsfritt odlade leden än i det höstplöjda leden.

En annan teori är att nedbrytningen av mullen har gått snabbare i de höstplöjda leden. Det är förmodligen sant när det gäller matjordens övre skikt och innan maskpopulationen vuxit till sig. Kol/kväve-kvoterna ger ett svagt stöd åt detta. En förhöjd kol/kväve-kvot anses tyda på att mullinnehållet ökar. Inga avikelser mellan de olika bearbetningarnas kol/kväve-kvoter kunde konstateras i matjordens nedre skiktet.

En viktig slutsats av dessa resultat är att mullhalten ökar i matjordens övre skikt vid plöjningsfri odling. Ytterligare en logisk slutsats är att matjordens totala mullinnehåll också kan öka i de fall då grödan gynnas av plöjningsfri odling jämfört med höstplöjning.

5.2.3 Fosfor och kalium

Sundbyjorden innehåller relativt mycket lösligt fosfor och kalium. Enligt Egnérs AL-extraktionsmetod (12 analyser jämt fördelade över fältet), innehåller matjorden 9 - 15 mg P/100 g luft torr jord och 17 - 26 mg K/100 g luft torr jord. Detta motsvarar P-AL klass IV och K-AL klass IV. Även djupare ner i profilen är fosfor och kalium statusen god (Mv1, 1995).

5.2.4 Koppar och mangan

Hela Sundbyprofilen innehåller för växterna tillräckliga mängder koppar. Innehållet är från 26 mg Cu-HCl/kg ts i matjorden till 35 mg Cu-HCl/kg ts i alven (Mv 1, 1995). Detta är betydligt över de 8 mg/kg ts som av Wiklander (1976) anges som gräns för att kopparbrist ska föreligga.

Ståhlberg 1974 uppger att stark brist föreligger om innehållet utbytbar Mn understiger 0,8 mg/kg ts. Detta riktvärde underskreds påtagligt i samtliga undersökta prov, vilka låg mellan 0-0,24. Således lider troligtvis Sundbyjorden av manganbrist.

5.2.5 Katjonbyteskapacitet

De fåtal katjonbyteskapacitetsanalyser som gjordes påvisade en ökad katjonbyteskapacitet i matjordens övre skikt (0-12 cm) i det plöjningsfritt odlade harvsådda ledet. Denna skillnad stöds av att mullhalten också framför allt ökat i matjordens övre skikt.

5.3 Biologiska undersökningar

5.3.1 Daggmaskförekomst

I Sundbyförsöket var både den totala vikten och antalet daggmaskar större i de kalkade leden (pH 6,8) än i de okalkade leden (pH 6,1). Detta överensstämmer väl med vad Buch (1987) påpekat, nämligen att de flesta hos oss förekommande daggmaskarterna trivs bäst i jordar med pH omkring 7.

Daggmaskförekomsten gynnades av en låg jordbearbetningsintensiteten och ett grunt såbäddsberedningsdjup. Det vill säga att det fanns flest maskar i de plöjningsfritt odlade leden där harvsådd tillämpades och minst maskar i de höstplöjda ledet. Flera tidigare undersökningar har kommit fram till liknande resultat (Cuendet, 1983; McLennon & Pottinger, 1976; Edwards & Lofty, 1982; Ehlers, 1975; Thompson, 1992 ; House & Parmelee, 1985). Ju djupare och intensivare bearbetningen är desto större är sannolikheten för att daggmaskarna blir mekaniskt skadade (Pöder, 1995). Enligt Edwards & Lofty (1982) missgynnas speciellt djupgrävande arter av intensiv jordbearbetning.

Vid plöjningsfri odling minskar maskarnas medelvikt. Detta skulle kunna tolkas som om maskarna förökade sig, men mera troligt är att artsammansättningen förändrats. Det senare stöds av iakttagelser i fält.

Sannolikt är det inte bara direkta mekaniska skador på daggmasken som minskar maskbestånden i kultiverad jordbruksmark utan även att det organiska materialet blir mer utspritt och födosöket försvåras. Ju djupare och intensivare jordbearbetning desto fler maskgångar förstörs. Dessa är sedan energikrävande att återuppbygga. Vidare är de nya maskgångarna minder stabila än de gamla. Det senare beror troligtvis på att slemavsöndringen (polysakarider) minskar vid lågt näringsinnehåll, vidare inbegrips även tidskrävande kemiska reaktioner i gångstabiliseringsprocessen.

5.3.2 *Kvävefixering i ytskikt*

De kalkade leden (pH 6,9) uppvisade högre potentiell kvävefixering än de okalkade leden (pH 6,1). Granhall (1990) och Granhall (1970) påpekade att pH-värden över 6 gynnar både cyanobakteriernas förekomst och deras kvävefixeringskapacitet. Han visade dessutom också att i pH-intervallet 7-8 är aktiviteten tio gånger större än i intervallet 5-6. Detta tillsammans med Sundbyresultaten tolkar jag som att den potentiella kvävefixerande förmågan ökar med stigande pH-värden.

I leden med normal kvävegiva uppmättes lägre potentiell kvävefixering än i leden med reducerad kvävegiva. Detta stämmer väl överens med vad Granhall (1990) konstaterat, nämligen att kvävefixerarna hämmas av höga mineralkvävehalter i marken.

Kvävefixeringen i Sundbyjordens ytskikt var minskade vid ökande jordbearbetningsintensiteten och såbäddsberedningsdjupet. Detta verkar också rimligt eftersom ju mera man blandar om jorden desto större del av de ljuskrävande autotrofa kvävefixerarna hamnar ner i jorden, varvid de inaktiveras. Plöjningsfri odling nämns också av Granhall (1990) som en markskötselåtgärd som stimulerar de kvävefixerande cyanobakterierna och Balloni och Favilli (1989) menar också att intensiv och djup jordbearbetning missgynnar frilevande kvävefixerande mikroorganismer.

Sundbyjorden är förhållandevis kapillär och struktursvag. Samtidigt är pH-värdet 6-7 och jordens fosforstatus är mycket god, detta gynnar de cyanobakterierna (Granhall & Henriksson 1969; Granhall 1990). I försöket tillämpades kombisådd vilket ytterligare bör gynna kvävefixerarna, då gödseln placeras på tryggt avstånd under markytan och direkt kontakt mellan mineralkväve och algerna förhindras. Förutsättningarna för en hög autotrof kvävefixering är således goda i Sundbyförsöket, speciellt i de plöjningsfritt odlade harvsådda leden, vilket också resultaten antydde.

Flertalet beräkningar av de frilevande kvävefixerarnas bidrag av kväve till marken grundar sig på undersökningar som gjordes i slutet av 60 och början av 70-talet. På den tiden var bekämpningsmedlen ofta mera ospecifika allmänna biocider än nu och de användes dessutom i större kvantiteter än nuvarande preparat. I flera fall hade de också längre persistenstider än nu tillåtna preparat. Hegazi m fl (1979), Mårtensson (1993) och Granhall (1990) påpekar att kvävefixerarna är känsliga för ett flertal bekämpningsmedel. Det finns alltså anledning att förmoda att dåvarande bekämpningsmedel och bekämpningsmedelsanvändande hämmade kvävefixerarna mer än dagens.

Flera tidigare använda bekämpningsmedel hade bieffekter som bl a toxicitet för daggmaskar. Enligt Lofs-Holmin (1985) är speciellt vissa fungicider och insekticider av karbamat-typ särskilt giftiga för daggmaskar. Striganova m fl (1993) visade att daggmaskexkrementer ökar nitrogenaktiviteten högst väsentligt. Därmed har daggmaskförekomsten stor betydelse för markens potentiella kvävefixering och man har således anledning att fråga sig: Hur stor var maskpopulationen på 60 och 70 talet? -Den var troligtvis mindre än dagens.

Under de senaste decennierna har en betydande bortodling av mullämnen skett. Bortodlingen går snabbt i början och avtar sedan med tiden. Det innebär att åkermarkens årliga bortodlingsbidrag genom mineralisering av organiskt kväve var större då än nu. Mineraliseringen sker under hela växtsäsongen, även då man normalt inte tillför några gödselmedel, och ger en relativt jämn tillgång på kväve i marken. Samtidigt som mineraliseringen var större låg mineralkvävegödslingsnivån på ungefär samma nivå som idag. Därför var antagligen mineralkvävehalterna ogynnsamt höga för kvävefixerarna i åkermarken. Man bör heller inte bortse från att allt större arealer odlas ekologiskt.

Under 70-talet och fram till mitten av 80-talet skedde en dramatisk förbättring av åkerjordarnas fosforstatus genom så kallad uppgödsling (Lyberg 1995). Eftersom cyanobakterierna gynnas av god fosforstatus och de flesta undersökningarna av deras potentiella N₂-fixeringskapacitet härrör från mätningar från, eller till och med före, tidigt 70-tal, det vill säga före uppgödslingen, kan man förmoda att dessa mätningar undeskattar dagens potentiella N₂-fixering och därmed också Cyanobakteriernas verkliga bidrag med kväve till grödan.

Nu för tiden har man dessutom bättre kunskaper om gödselplaceringens betydelse för grödans kväveupptag och kväveförluster till omgivningen. Därför ligger det i dag mindre mängder kvävegödsel direkt på markytan och därmed minimeras den negativa direkta kontakten mellan mineralkväve och kvävefixerarna.

5.3.3 *Respiration*

De strukturkalkade leden uppvisade en högre basrespiration än de okalkade leden utom i det höstplöjda ledets övre skikt. Detta beror sannolikt på att grödan gynnats av kalkningen och därmed årligen producerar en större biomassa än i det okalkade leden, vilket stöds av skörderesultaten.

Den substratinducerade respirationen var lägre i de kalkade leden än i de okalkade leden. Detta verkar något underligt då SIR anses vara ett mått på den totala biomassan, som rimligtvis borde vara större i de kalkade leden om dessa årligen tillförs större mängder organiskt material. Förklaringen är att man får en mer aktiv biomassa, vilket också de specifika respirationshastigheterna (qCO₂) visar. Detta beror på större mängder mindre omsatt organiskt material och en förändring av biomassans sammansättning. Ytterligare en bidragande orsak kan vara att en större biomassa byggs upp och när substrattillgången minskar omsätts även delar av den inaktiverade biomassan. Det senare leder också till en ökad qCO₂ (Alvarez och Santanatoglia, 1993).

De plöjningsfritt odlade leden uppvisade både betydligt högre basrespiration och SIR i matjordens övre skikt än det höstplöjda leden. Dessa resultat överensstämmer väl med vad Simard m fl (1993) och Angers m fl (1993) kommit fram till. I matjordens nedre skikt hade däremot de höstplöjda leden högre respirationer. qCO₂ följde samma mönster som respirationen i övrigt. Dessa skillnader beror till stor del på hur väl och i hur stor volym jord de olika jordbearbetningssystemen blandar in det organiska

materialet i. Daggmaskarna har sannolikt också mycket stor betydelse i detta sammanhang.

De plöjningsfritt odlade leden har lägre inblandningsdjup och således också de högsta aktiviteterna i matjordens övre skikt. De små avvikelserna mellan dessa led orsakas troligtvis av en högre daggmaskaktivitet i det harvsådda leden genom att daggmaskarna omfördelar organiskt material mellan skikten. Vid plöjning vänds matjorden i princip 135° vilket innebär att i storleksordningen 75 % av jorden i matjordens nedre skikt härstammar från det som året innan utgjorde matjordens övre skikt (Håkansson, pers. med.). Denna kraftiga omblandning av jorden förklarar varför de plöjda ledens respirationsvärden endast uppvisade små avvikelser mellan de båda undersökta skikten.

Både basrespirationen och SIR i leden med normal kvävegiva uppvisade högre respirationsvärden än leden med reducerad kvävegiva. Dessa resultat överensstämmer väl med vad skörderesultaten visat, nämligen att grödan missgynnats av den lägre kvävegivan. Årligen produceras det därför en mindre biomassa i leden med reducerad kvävegiva, vilket innebär att mikroorganismerna tillförs mindre substrat. Dessa observationer stöds dessutom av att mullhalterna var lägre i dessa led. Även qCO_2 var högre i leden med normal kvävgiva än i leden med reducerad kvävegiva. Det är antagligen en följd av en förändrad sammansättning av mikrofloran.

De stora skillnaderna i respiration mellan de olika bearbetningsleden antyder att de plöjningsfritt odlade leden, speciellt de plöjningsfritt odlade leden med konventionell såbäddsberedning, gynnas mer än vad skörderesultaten visar. Möjligen har kvävegivan varit tillräcklig för att producera grödans vegetativa delar, men ej räckt till för fullständig kärnsättning. Detta skulle innebära att de plöjningsfritt odlade leden årligen, skörderesultaten till trots, tillförts mer halm och rotmassa än de höstplöjda leden, vilket också förklarar de förhöjda mullhalterna i dessa led. Denna teori stöds av att mikroorganismerna konkurrerar om kvävet med grödan vid nedbrytning av kvävefattigt material som halm.

Enligt Simard m fl (1993) har Carter (1991) och Sparling (1992) föreslagit respirationsmätningar som ett känsligare mått på odlingsåtgärdsinducerade mullhaltsförändringar än enbart kolmätningar. Utifrån dessa resonemang ökar mullhalterna fortfarande i de de båda plöjningsfritt odlade leden (snabbast i de plöjningsfritt odlade konventionellt såbäddsberedda ledet), medan mullhalterna minskar i matjordens nedre skikt. Utifrån de uppmätta värdena kan man dessutom utläsa att mullhaltsökningen i matjordens övre skikt är större än mullhaltsminskningen i matjordens nedre skikt. Följdaktligen ökar den totala mullhalten i matjorden fortfarande i de båda plöjningsfritt odlade leden.

Den höga mikrobiologiska aktiviteten i de plöjningsfria leden innebär med stor sannolikhet att kemiska bekämpningsmedel inaktiveras och bryts ner snabbare i dessa behandlingsled än i de höstplöjda leden. Patogena mikroorganismer som svampar försvinner förmodligen också snabbare i de plöjningsfritt odlade leden som en konsekvens av en snabb omsättning av organiskt materialet och konkurrens mellan

mikroorganismer. Det senare kan tyckas motsäga tidigare erfarenheter av plöjningsfri odling och det gör det om man med plöjningsfri odling menar direktsådd, då stubben står kvar på fältet och nedbrytningen sker långsamt.

5.3.4 Nitrifikation

De strukturkalkade leden (pH 6,9) uppvisade en högre potentiell nitrifikation än okalkade led (pH 6,1). Det är också känt sedan tidigare att nitrifierarna gynnas av ett neutralt till lätt basiskt pH (Tate, 1995).

I matjordens övre skikt (0-12 cm) var nitrifikationen per gram ts störst i de båda plöjningsfritt odlade leden. Räknades nitrifikationen per gram organiskt kol var förhållandet omvänt. Således var nitrifikationen inte direkt proportionell mot mullhalten. Plöjningsfri odling gynnar nitrifierarna genom att det organiska materialet anrikas i matjordens övre skikt, därmed ökar också halten ammoniumkväve som krävs för att nitrifikation ska kunna ske. Vidare får marken vid plöjningsfri odling en ur nitrifierarnas synpunkt gynnsam struktur, som enligt resultaten från vattenhållande förmåga- och temperaturmätningarna underlättar gasutbyte.

I matjordens nedre skikt (12-25 cm) var nitrifikationskapaciteten högst i de höstplöjda leden. Detta beror sannolikt på att plöjningen på hösten delvis vänder på matjorden. Det innebär att en stor del av växtresterna hamnar i matjordens nedre skikt. Nedbrytningen av detta nyss nedplöjda material startar redan på hösten, vilket medför att nitrifierarna i matjords nedre skikt i de höstplöjda leden haft tillgång till mer ammoniumkväve än nitrifierarna i de plöjningsfritt odlade leden.

Totalt sett i hela matjorden verkade det vara små skillnader i potentiell nitrifikationskapacitet. Antagligen är dock den årliga nitrifikationen i fält större i de plöjningsfritt odlade leden än i de höstplöjda leden eftersom den största mängden växtnäring tillförs matjordens övre skikt. De flesta tidigare gjorda undersökningarna är gjorda i direktsådda försök, men där har bl a Staley m fl (1990), Prochazkova och Hudcova (1989), Balloni och Favilli (1987) och Beyrouthy m fl (1986) kommit fram till att nitrifikationen är större vid minimal bearbetning än vid konventionell odling.

De skillnader som fanns mellan de olika försöken kan vara en effekt av att raps totalt sett tar upp större mängder kväve under vegetationsperioden än spannmål (Siman, pers. med.) och därför missgynnar de högt specialiserade autotrofa nitrifierarna som blir utan energikälla. Därför får man en lägre nitrifikation den närmaste tiden efter att raps odlats som delvis kan härröra från heterotrofa nitrifierares aktivitet. Efterhand avtar dock effekten. Ytterligare en teori är att rapsens innehåll av antinutriella substanser som t ex eurukasyra eller rapsbaggebekämpningsmedlet Fastac hämmar nitrifierarna. Den senare teorin skulle även kunna förklara varför nitrifikationen är lägre i matjordens nedre skikt efter det andra och tredje året om de hämmande substanserna efterhand rör sig djupare ner i markprofilen innan de bryts ner.

5.3.5 Denitrifikation

Denitrifikationspotentialen var lägre i de strukturkalkade leden än i de okalkade leden. Tidigare undersökningar har visat att denitrifierarna gynnas av ett något högre pH än Sundbyjordens naturliga pH på 6,1. Att denitrifikationspotentialen ändå var lägre i de kalkade leden beror troligtvis på att dessa led haft en något bättre struktur, vilket bl a penetrationsmätningarna och undersökningarna av den vattenhållande förmågan visade. Den något bättre strukturen förbättrar gasutbytet, varvid andelen anaeroba fickor minskar och därmed hämmas denitrifierarna. En annan trolig förklaring är att eftersom grödan gynnas av strukturkalkning förbrukas mer vatten i dessa led, vilket också förbättrar gasutbytet.

Den potentiella denitrifikationen var större i de höstplöjda leden än i de plöjningsfritt odlade harvsådda leden. Även dessa skillnader kan förklaras på samma sätt som ovan, det vill säga med en sämre struktur och gröda än i de plöjningsfritt odlade leden.

5.4 Ogräsförekomst

De plöjningsfritt odlade leden innehöll mycket åkertistel och speciellt det harvsådda leden innehöll även en hel del kvickrot. Däremot hade de höstplöjda leden klarat sig väl trots närheten till smitthärdar. Faktum är att de höstplöjda leden i princip saknade åkertistel och att det var en en knivskarp gräns mellan de olika bearbetningsleden.

Enligt iakttagelserna från Sundby ökar ogräsproblemen vid plöjningsfri odling och då speciellt kvickrot och åkertistel. På Sundby var det mest roto-gräs i det harvsådda ledet vilket också verkar rimligt med tanke på övriga iakttagelser och att det i dessa led uppmättes grundast såbäddsberedningsdjup.

5.5 Skörderesultat

Ur resultaten framgick det att strukturkalkning i medeltal gav en skördeökning hos samtliga grödor. Mest gynnades emellertid korn vilket överensstämmer med tidigare erfarenheter (Blackert 1996). Strukturkalkens positiva inverkan på skörden beror sannolikt på en rad olika faktorer. Kalken har bidragit till uppkomsten av en stabilare struktur som minskat skorpbildningsbenägenheten samt förbättrat vattenhushållningen, vilket bland annat vattenhållandeförmåga- och temperaturutvecklings- och penetrationsmätningarna visade. Det högre pH-värdet i de kalkade leden har dessutom gynnade dagmaskar, kvävefixerare samt sannolikt allmänt förbättrat växtnäringssämnenas tillgänglighet.

Plöjningsfri odling gav skördeökningar i havre och vete, jämfört med konventionell odling med höstplöjning. Skördeökningarna kan orsakas av problem med rotpenetration och luftcirkulation i de plöjda leden, då dessa led enligt tidigare redovisade penetrationsmätningar, samt enligt Blackert (1996) redovisade

luftgenomsläpplighetsmätningar och porstorleksanalyser innehåller ett förtätat skikt på 17-22 cm djup. En teori varför korn inte gynnades av plöjningsfri odling är att korn är mindre känslig för skorpbildning än havre och vårvete. Enligt de planräkningar som utförts på Sundby i havre och korn tycks korn vara mindre känslig för nederbörd efter sådd än havre (enligt de av Blackert 1996 redovisade planräkningsresultaten). En annan teori varför korn inte gynnats av plöjningsfri odling är att korn har betydligt fler (5-8 st) frörötter än både havre och vete (3 st vardera), vilket bör gynna tidigt näringsupptag och rotpenetration, samt trygga vattenförsörjningen. Dessa artgenskapskaraktärer kommer sannolikt lättast till uttryck då rotpenetrationsmotståndet är högt som i de höstplöjda leden.

Korn och havre missgynnades mer av en reducerad kvävegiva då plöjningsfri odling tillämpades än om konventionell odling med höstplöjning tillämpades. Detta kan ha orsakats av en gynnsam utveckling på våren med riklig bestockning, vilket lett till brist på kväve senare och således ej kommit till uttryck i skördeökningar. Denna teori stöds av iakttagna mullhaltsförändringar. En annan mindre sannolik teori är att det under växtsäsongen mineraliserats mer kväve i de höstplöjda leden än i de plöjningsfritt odlade leden och att man därför fått en större skörd i de plöjda leden. De uppmätta mullhalterna och basrespirationsmätningarna talar emellertid mot den senare teorin.

Vetet betedde sig inte som havre och korn, genom att det missgynnades mer av en reducerad kvävegiva efter höstplöjning än efter plöjningsfri odling. Detta kan vara en följd av att vårvetet inte induceras till bestockning på samma sätt som korn och havre. Dessutom har vårvete en sparsammare bestockning och en längre kväveupptagningsperiod än övriga spannmål. Därför löper det förmodligen inte lika stor risk att lockas till anläggning av fler skott än vad den har kväve till att mata med kärnor. De plöjningsfritt odlade leden kan dessutom teoretiskt ha en större mineralisering av kväve under växtperioden än de höstplöjda leden, eftersom mullhalterna är högre i dessa led.

6. Slutsats

Plöjningsfri odling (speciellt harvsådd) och strukturkalkning kan med fördel rekommenderas på jordar med strukturproblem (skorpbildande jordar). Man bör emellertid vara medveten om att det tar några år innan full effekt uppnås (sannolikt mer än fyra år), dessutom kan rotagrasproblemen öka. Det bör understrykas att vid plöjning i växtföljden förloras flertalet positiva effekter som uppnåts genom plöjningsfri odling, även om plöjning kortsiktigt kan öka skörden genom mineralisering av det uppbyggda humusförådet.

Slutsatser:

- Sundbyjordens avkastningsförmåga ökade efter strukturkalkning
- Sundbyjordens fertilitet och avkastningsförmåga ökade vid plöjningsfri odling och speciellt vid harvsådd jämfört med höstplöjning
- Sundbyjordens fertilitet och avkastningsförmåga ökade vid normal kvävegiva jämfört med reducerad kvävegiva

7. Sammanfattning

Åren 1988-1995 genomfördes åtta långliggande försök med olika bearbetningssystem, strukturkalkning, normal och reducerad kvävegiva, försök på två olika lerjordar i Västmanland. Detta arbete redovisar resultat från de fyra försök som låg på Sundbygård. Jordarten på Sundby är en så kallad struktursvag nmhML med stort mjäla inslag. Avsikten med försöken var att undersöka hur de olika i försöket ingående odlingsåtgärderna fungerar på denna typ av jord.

Under 1995 avslutades försöken och det gjordes ett antal markbiologiska, markfysikaliska och markkemiska undersökningar som redovisas i denna rapport. Ytterligare markfysikaliska resultat, planträkningar och skörderesultat från Sundby försöken redovisas i ett annat examensarbete (Blackert, 1996).

I försöken ingick följande behandlingar:

- Okalkade led (UK)
- Strukturkalkade led (6,5 ton CaO/ha) (MK)

- Höstplöjning, konventionell sådd (P)
- Plöjningsfri odling, konventionell sådd (PF)
- Plöjningsfri odling, harvsådd (H)

- Normal kvävegiva (100% N)
- Reducerad kvävegiva, dvs 60% av normal kvävegiva (60% N)

Viktiga delresultat från Sundby försöken:

Markfysik

- Den vattenhållande förmågan var större i MK än UK
- " " ökade P<H<PF
- Dygnstemperaturvariationerna var större i UK än MK
- " " var större i H än P
- Penetrationsmotståndet var mindre i MK än UK
- " " mindre i H än PF

Markkemi

- MK ökade pH från 6,1 till 6,9 i matjorden jämfört med UK
- Mullhalten påverkades inte av strukturkalkning
- Mullhalten i matjordens övre skikt ökade P<H<PF
- Det totala mullinnehållet i hela matjorden ökade P<H=PF

Markbiologi

- Dagmaskförekomsten gynnades av strukturkalkning
- " " ökade P<PF<H

- Daggmaskarnas medelvikt minskade vid plöjningsfri odling
- Den potentiella kvävefixeringen var högre i MK än UK
 - “ “ var högre i 60% N än i 100% N
 - “ “ ökade $P < PF < H$
- Basrespirationen var högre i MK än UK
 - “ “ ökade $P < H < PF$
- SIR var lägre i MK än UK
- qCO_2 var högre i MK än UK
- Både basrespirationen och SIR var större i 100% N än 60% N
- Nitrifikationspotentialen var störst i matjordens övre skikt
 - “ “ var högre i MK än UK
 - “ “ ökade i matjordens övre skikt $P < H < PF$
 - “ “ minskade i matjordens nedre skikt $P > H = PF$
- Denitrifikationspotentialen var lägre i MK än UK
 - “ “ var lägre i P än H

- Rotogräsproblemen ökade $P \ll PF < H$

- Skörden ökade $P < PF < H$, speciellt korn och havre gynnades av plöjningsfri odling

8. Summary

During the years 1988-1995 there have been eight long-term field experiments laid out on two different clay soils in Västmanland, Sweden. In these experiments the effect of different cultivation methods together with normal or reduced nitrogen dose and the effect of liming has been studied. The field experiments were terminated in autumn 1995.

This degree project report accounts for four of these experiments that were on the farm Sundby. During the spring, summer and autumn of 1995 different parameters were studied: soil microbial, physical and chemical characteristics, weeds and yield are reported on. Additional soil physical measurements, plant measurements and harvest results from Sundby are accounted for in another degree project (Blackert, 1996). The soil texture at Sundby was a structure poor silty clay loam with some organic matter.

The experiment included the following treatments:

- Unlimed plots (UK)
- Limed (structural liming) plots (6.5 tons CaO/ha) (MK)

- Autumn ploughed plots, conventional sowing (P)
- Ploughless tillage, conventional sowing (PF)
- Ploughless tillage, power take-off driven harrow and seeding in one operation (H)

- Normal N-dose (100% N) (90 kg N)
- Reduced N-dose (60 % N)

The most important results from the Sundby experiment were:

Soil physics

- The water holding capacity was greater with structural liming (MK) than without
- “ “ increased with ploughless tillage P<H<PF
- The variations in the soil temperature during 24 h were greater without lime (UK) than with lime (MK)
- The variations in the soil temperature during 24 h were larger with H than P
- The soil penetration resistance was smaller with liming (MK) than without (UK)
 “ “ was smaller with H than PF

Soil chemistry

- Liming increased pH from 6.1 to 6.9 in the topsoil
- The amount of organic matter was not affected by structural liming
- Organic matter increased in the upper topsoil (0-12 cm) with P<H<PF
- The total amount of organic matter increased with P<H=PF

Soil microbiology

- The number of earthworms increased due to structural liming
- The number of earthworms increased with $P < PF < H$
- The mean weight of the earthworms decreased with ploughless tillage
- The potential N_2 -fixing was greater with liming
- “ “ was larger with 60 % N than with a normal dose, 100 % N
- “ “ increased with $P < PF < H$
- The basal respiration was larger in the limed plots
- “ “ increased with $P < H < PF$
- SIR was lower in the limed plots
- qCO_2 was greater in the limed plots
- Both basal respiration and SIR were greater with 100 % N than with 60 % N
- The potential nitrification was largest in the upper topsoil (0-12 cm)
- “ “ was larger in the limed plots
- “ “ increased in the upper topsoil (0-12 cm) with $P < H < PF$
- “ “ decreased in the lower topsoil (12-25 cm) with $P > H = PF$
- The potential denitrification was lower in the limed plots
- “ “ was lower with P than H

The weed problem increased with ploughless tillage $P << PF < H$

The harvest increased with $P < PF < H$, particularly barley and oats were favoured by the ploughless tillage system.

9. Litteraturförteckning

- Alexandersson, H. & Karlström, C. & Larsson-McCann, S., 1991. *Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90 Referensnormaler*. SMHI. Norrköping
- Alvarez, R., Santanotoglia, O. J., 1993. *Effect of temperatur on soil microbial biomass and its metabolic quotient in situ under different tillage systems*. Biol Fertil Soils 1995 19:227-230
- Andersson, J. P. E. & Domsch, K. H. 1978. *A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils*. Soil Biol. Biochem. 10:215-221
- Andersson, T.-H. & Domsch, 1992. *The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils*. Soil Biol. Biochem. Vol. 25, 3:393-395
- Angers, D. A., N'dayegamiye, A. & Cote', D., 1993. *Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass*. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:512-516
- Angers, D.A, Bissonnette, N., Légère A. & Samson, N., 1993. *Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production*. Can J Soil Sci 73:39-50
- Balloni, W. & Favilli, F., 1989. *Effects of agricultural practices on the physical, chemical and biological properties of soils*. Elsevier Applied Science Publishers. United Kingdom
- Belser, L. W. & Mays, E. L., 1980. *Specific inhibition of nitrite oxidation by chlorate and its use in assessing nitrification in soils and sediments*. App. Env. Microbiol. 39(3):505-510
- Blackert, C., 1996. *Plöjningsfri odling på lerjord. Effekter på markfysikaliska egenskaper och avkastning*. Meddelanden från Jordbearbetningsavdelningen, SLU. Uppsala
- Börresen, T. & Njös, A., 1993. *Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway*. Soil Tillage Res 28:97-108
- Börresen, T., 1993. *The long-term effect of tillage practice on soil properties and crop yields*. In: Elonen, P. & Pitkänen, J. (Eds.), *Soil Tillage and Environment*, NJF-Utredning/Rapport nr. 88:97-108
- Buch, W., 1987. *Daggmasken i trädgård och jordbruk*. Bokskogen. Göteborg
- Causarano, H., 1993. *Factors affecting the tensile strength of soil aggregates*. Soil and Tilage Research. 28:1, 15-25
- Darwin, C. 1881. *The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits*. Murray. London
- Demo, M., 1990. *The effects of various ways of cultivation and different levels of fertilization on soil agrochemical qualities*. Pol'nohospodarstvo, 36:2, 99-106
- Dexter, A. R., 1978. *Tunnelling in soil by earthworms*. Soil Biol. Biochem. 10:447-449
- Edwards, C. A. & Lofty, J. R., 1980. *Effects of earthworm inoculation upon the root growth of direct drilled cereals*. J. Appl. Ecol., 17:533-543

- Edwards, C. A. & Lofty, J. R., 1982. *Effects of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations in agricultural soils*. J. Appl. Ecol., 19:723-734
- Ehlers, W., 1975. *Observations on earthworm channels infiltration on tilled and untilled loess soil*. Soil Sci. 119:242-249
- Granhall, U. 1970. *Acetylene reduction by blue-green algae isolated from Swedish soils*. OIKOS 21:330-332. Copenhagen
- Granhall, U. 1975. Nitrogen fixation by blue-green algae i temperate soils. I: Stewart, W. D. P. (red) Nitrogen fixation by Free-living Micro-organisms, s 189-198. IBP 6. Cambridge Univ. Press. England
- Granhall, U., 1990. *Kvävefixering av cyanobakterier i åkermark-ett förbisett kvävetillskott*. Fakta Mark/växter nr 12. Sveriges lantbruksuniversitet. Konsulentavdelningen/Försäljning. Uppsala
- Gustafsson, A., 1994. *Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsförsök*. Meddelande från jordbearbetningsavdelningen nr 12. SLU. Uppsala
- Hammar, O., 1990. *Växtodling i Marken*. Centraltryckeriet AB. Borås
- Hegazi, N., Monib, M., Belal, M., Amer, H. & Farag, R. S., 1979. *The effect of some pesticides on asymbiotic N₂-fixation in Egyptian soil*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology
- Heinonen, R., 1982. *Jordens igenslamning och förhårdnande*. Sveriges lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 12. Uppsala
- Henriksson, E., Henriksson, L. E. & Dasilva, E. J., 1975. *A comparison of nitrogen fixation by algae of temperate and tropical soils*. I: Stewart, W. D. P. (red) Nitrogen fixation by Free-living Micro-organisms, s 199-206. IBP 6. Cambridge Univ. Press. England
- Herzog, R., 1986. *Influence of many year's differentiated primary tillage on the humus and nutrient contents and penetration resistance of a loamy sand under continuous cereal growing*. Archiv für Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde 30: 10, 655-660
- Hofmann, B., Rabiger, H., & Dunkel, J., 1993. *The influence of structure-conserving cultivation on selected soil characteristics and yields of a loamy soil in Central Germany*. Kuhn Archiv. 87:2, 137-145
- House, G. J. & Parmelee, R. W., 1985. *Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems*. Soil Tillage Res. 5:351-360
- Liebhart, P., 1993. *Influence of primary tillage on texture and organic matter of arable soils in Central Upper Austria*. (part 1). Bondenkultur. 44:3. 199-210
- Lofs-Holmin, A., 1985. *Bekämpningsmedel-ett hot mot daggmasken?* Sveriges lantbruksuniversitet. Konsulentavdelningen/försäljning. Fakta Mark-växter nr 8. Uppsala
- Lyberg, L. 1995. *Handelsgödsel, stallgödsel och kalk i jordbruket*. Statistiska centralbyrån Na 30 SM 9503. Örebro
- Mattson, R., 1988. *Plöjningsfri odling och direktsådd*. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 371, Mark/Växter. Uppsala

- McLennon, J. A. & Pottinger, R. P., 1976. *Mortality of grass grub, Costelytra Zealandica (White) and earthworms (Lumbricidae) during autumn cultivation*. New Zealand J. Agric. Res. 19:257-263
- Mv 1, 1995. *Markvetenskaplig grundkurs för agronomer (MV 1)*. Inst. för Markvetenskap. SLU, Uppsala
- Mårtensson, A., 1993. *Cyanobacterial nitrogen fixation in soil*. Guidelines, Soil Biological Variables in Environmental Hazard Assessment. Torstensson, L. (Ed.) Swedish Environmental Protection Agency, Report 4262:109-115
- Nordgren, A., 1988. *Apparatus for for the continuous, long-term monitoring of soil respiration rate in large numbers of sampels*. Soil. Biol. Biochem. 20(6): 955-957. Pergamon press plc. Great Britain
- Nordgren, A., 1991. ?
- Pell, M., 1993. *Denitrification, a method for estimate potential denitrification rate in soil*. J: Guidelines, Soil Biological Variables in Environmental Hazard Assessment, Torstensson, L. (Ed.). Swedish Environmental Protection Agency, Report 4262: 59-69.
- Pöder, I., 1995. *Effects of soil tillage on the population of earthworms*. Stencil. Uppsala
- Rao, D. L. N., Burns, R. G. 1989. *The effect of surface growth of blue-green alga and bryophytes on some microbiological, biochemical, and physical soil properties*. Bology and Fertility of Soils. 9:239-244
- Roger, P. A. & Kulasoorya, S. A., 1980. *Blue-green algea and rice*. International Rice Research Institute, Los Banos. Philippines
- Roychoudhury, P., Krishanmurti G. S. R., & Venkataraman, G. S., 1980. Effect of alga inoculation on soil aggregation in rice soils. *Phykos* 19:224-227
- Rydberg, T., 1987. *Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986*. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen nr 76. SLU. Uppsala
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W., 1992. *Plant physiology*. 4th ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont. California
- Schulten, H. R., Hempfling, R., Haider, K., Groblinghoff, F. F., Ludemann, H. D. & Frend, R., 1990. *Characterization of cultivation effects on soil organic matter*. Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde 153:2, 97-105
- Simard, R. R., Angers, D. A, & Lapierre, C., 1993. *Soil organic matter quality as influenced by tillage, lime, and phosphorus*. Biol Fertl Soils 1994 18:13-18
- Smith, M. S. och Tiedje J. M., 1979. *Phases of denitrification following oxygen depletion in soil*. Soil Biology and Biochemistry 11:261-267
- Tate, R. L., 1995. *Soil microbiology*. John Wiley & sons, INC. New York
- Thompson, J. P., 1992. *Soil biotic and biochemical factors in long term tillage and stubble management experiment on a vertisol*. Soil Tillage Res. 22:339-361
- Tiedje J. M., Simkins S. & Groffman P. M., 1989. *Perspective on measurement of denitrification in field including recommended protocols for acetylene based methods*. Developments in plant and Soil Science 39:217-240

- Torstensson, L., 1993. *Ammonium oxidation, a rapid method to estimate potential nitrification in soil*. J: Guidelines, Soil Biological Variables in Environmental Hazard Assessment, Torstensson, L. (Ed.). Swedish Environmental Protection Agency, Report 4262: 40-47
- Wiklander, L. 1976. *Kompendium i Marklära*. Uppsala
- Zhang, H. & Schrader, S. 1992. *Earthworm effects on selected physical and chemical properties of soil aggregates*. *Biology and Fertility of Soils* 15:229-234. Springer-Verlag

10. Personliga meddelanden

- Håkansson, I., 1996. Inst. för Markvetenskap, SLU. Uppsala
- Persson, J., 1996. Inst. för Markvetenskap, SLU. Uppsala
- Siman, G., 1996. Inst. för Markvetenskap, SLU. Uppsala
- Stenberg, B., 1996. Inst. för Mikrobiologi, SLU. Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnä ringsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbeter. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljevaxter. 13 s.
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley. 37 pp.</i>

Nr	År	
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärlförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>
15	1995	Åse Littorin Johansson: Radhackning i stråsäd. 28 s. <i>Row hoeing in cereals. 28 pp.</i>
16	1995	Johan Arvidsson: Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. 12 s. <i>Recompaction in ploughless tillage. 12 pp.</i>
17	1995	Inge Håkansson, Editor: <i>Reports of project works by participants in the course "Soil Tillage and Related Soil Management Practices". 73 pp.</i>
18	1995	Johan Arvidsson & Virginius Feiza: Låga ringtryck i odling med och utan plöjning. 20 s. <i>Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage. 20 pp.</i>
19	1995	Anna Lena Carlsson: Näring, kadmium och bakterier i hushållsavlopp - En fältstudie av ett urinsorterande avloppssystem med lecabädd i Östhammar. 50 s. <i>Plant nutrients, cadmium and bacteria in household wastewater - A field study of a urine separation system combined with a leca-filter in Östhammar. 50 pp.</i>
20	1996	Carl Blackert: Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar. Effekter på markfysikaliska egenskaper och avkastning. 29 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils. Effects on soil physical characteristics and yield. 29 pp.</i>
21	1996	Johan Bengtson: Concorde - En utvärdering av ett redskap för harvning och sådd. 26 s. <i>Concorde - Evaluation of an implement for harrowing and sowing. 26 pp.</i>
22	1996	Rickard Ivarsson: Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar. Effekter på markbiologiska, markkemiska och markfysikaliska egenskaper, samt ogräs och skörd. 51 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils 51 pp.</i>

