



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

SKÖRDEUTVECKLING OCH OMSÄTTNING AV ORGANISK SUBSTANS VID ANVÄNDNING AV OLIKA KVÄVEGÖDSELMEDEL OCH ORGANISKA MATERIAL. UNDERSÖKNINGAR I ETT RAMFÖRSÖK UNDER 20 ÅR

DEVELOPMENT IN HARVEST AND CONVERSION OF ORGANIC MATTER
WHEN USING DIFFERENT NITROGEN FERTILIZERS AND ORGANIC
MATERIALS. STUDIES IN A SMALL-PLOT FIELD TRIAL DURING 20 YEARS

KARL OLOF NILSSON

DETALJSTUDIUM AV DEN ORGANISKA SUB- STANSENS OMSÄTTNING I ETT FASTLIGGANDE RAMFÖRSÖK

DETAILED INVESTIGATIONS OF THE SOIL ORGANIC MATTER IN A LONG
TERM FRAME TRIAL

JAN PERSSON

INVERKAN PÅ MARKSTRUKTUREN AV OLIKA KVÄVEGÖDSELMEDEL OCH ORGANISKA MATERIAL

THE INFLUENCE ON SOIL STRUCTURE OF DIFFERENT NITROGEN
FERTILIZERS AND ORGANIC MATERIALS

JANNE ERIKSSON
AVD FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 127, 128
Report och 129

Uppsala 1980

ISSN 0348-3541

ISBN 91-576-0649-8

DETALJSTUDIUM AV DEN ORGANISKA SUBSTANSENS OMSÄTTNING
I ETT FASTLIGGANDE RAMFÖRSÖK.

*Detailed investigations of the soil organic matter in a long-term
frame trial*

Jan Persson

Rapport nr 128

Detaljundersökningar har utförts av den organiska substansen i jord från ett fastliggande rönförsök

Olika typer av organiskt material har tillförts

Där inget organiskt jordförbättringsmedel tillförts är mullbalansen negativ

Mullbalansen är bättre i kvävegödslat än i icke kvävegödslat led

Utbytet i form av humussubstanser ökar i ordningen torv > rötslam > stallgödsel > halm

Utbytet i form av humussubstanser av en halmgiva minskar med ökad mullhalt

Utbytet i form av humussubstanser av torv ökar rätlinjigt med antalet givor

Den biologiska aktiviteten i jorden ökar med halten organiskt kol

Humussubstanserna synes i första hand kunna indelas i en måttligt stabil och en mycket stabil del

Den måttligt stabila delen är viktig för jordens kvävelevererande förmåga

Fraktioneringsstudier liksom C/N-kvoten visar, att halmen omsätts väl, torven mindre väl

Medel för undersökningen har lämnats av Statens Råd för Skogs- och Jordbruksforskning samt av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning

Detailed investigations have been made of the organic matter in soil from a long-term frame trial in the field

Different types of organic matter have been supplied

In cases where no organic soil ameliorant was supplied the humus balance is negative

The humus balance is better in plots fertilized with nitrogen than in those not fertilized with nitrogen

The yield of humus substances from a given amount of straw decreases with increased humus content

The yield of humus substances from peat shows a linear increase with the number of applications

Biological activity in soil increases with the content of organic carbon

Humus substances appear primarily to be divided into a moderately stable part and a very stable part

The moderately stable part is important for the soil's nitrogen supplial capacity

Fractioning studies show that straw is metabolized well but peat less well

DETALJSTUDIUM ÖVER DEN ORGANISKA SUBSTANSENS OMSÄTTNING I ETT FAST- LIGGANDE RAMFÖRSÖK

Inledning

År 1956 startades på Ultuna ett fastliggande ramförsök för studium av organiska gödsel- och jordförbättringsmedel. Försöksplan, använd teknik samt skörderesultat har redovisats av Nilsson (1980). I föreliggande rapport detaljredovisas utvecklingen av jordens mullhalt och biologisk aktivitet.

Tillförsel av organiskt material

Organiskt material har tillförts enligt försöksplanen 1956, 1960, 1963 samt därefter vartannat år. Fram till år 1979 har organiskt material tillförts 10 gånger. Enligt planen skall 8 ton organiskt material tillföras vid varje tillfälle. Avvikelsen härifrån är i allmänhet liten. I tabell 1 redovisas den tillförda mängden av torrsubstans, organisk substans och organiskt kol. Bestämning av organiskt kol har i allmänhet inte gjorts. Därför har det antagandet gjorts, att halten kol i den organiska substansen varit lika hög samtliga år - kolanalyser från 1979 års organiska material har använts för samtliga år.

Mullhaltens förändring med tiden

Sedan försöket startades har rutvis bestämning av organiskt kol i matjorden utförts vid sex tillfällen. Analyserna har gjorts medelst våtförbränning enligt Jansson & Valdmaa (1961). Analyserna är utförda som dubbelanalyser. Samtliga analysdata redovisas i tabell 2 och för några försöksled visas i diagramform hur halten av organiskt kol utvecklats med tiden (figur 1).

I försöksledet som aldrig burit någon gröda sedan försökets start har halten organiskt kol minskat. Också där gröda funnits men inget organiskt jordförbättringsmedel tillförts tenderar humushalten att minska med gynnsammast balans i kvävegödselät led. På grund av långa intervall mellan provtagningarna den första tiden och ofrånkomlig variation i analysdata går det inte, att med hjälp av funna värden bestämma hur kolhalten förändrats under kortare tidsintervall. För att kunna uppskatta sådana förändringar har kolhalterna anpassats till en logaritmisk funktion i figur 2. Med hjälp av dessa samband

kan man beräkna den årliga nettoförändringen av organiskt kol. För försöksledet utan gröda illustreras detta i figur 3. Här har således inte skett någon tillförsel av organiskt material, varför förändringen endast beror på nedbrytning av de humussubstanser som fanns i jorden när försöket startades. Som medeltal för den första femårsperioden är den årliga minskningen av organiskt kol 2 % av det totala kolinnehållet i marken. I slutet av perioden är motsvarande värde 0,3 %.

Dessa resultat från försöksledet utan gröda ger en klar antydning om att jord med normal mullräämnesförsörjning innehåller en måttligt omsättbar humusfraktion, vilken förbrukas under en 10-årsperiod om inget nytt mullräämne tillföres. Denna halvstabila fraktion har stor betydelse för jordens kvävelevererande förmåga. Den kvarvarande delen av humusmaterialet är betydligt stabilare - möjligen beroende på ler-humuskomplex. I den här aktuella jorden utgör denna stabila fraktion 1,3 % av jordvikten.

Kolbalansen är gynnsammare, där försöksrutorna varit beväxta. Detta beror på att mullräämne tillförts marken i form av stubb och rötter. Att balansen är bättre i gödslat än i ogödslat led får främst anses bero på den större mängden skörderester i gödslat led. Det kan emellertid också visas, att humusutbytet av en viss mängd mullräämne blir större om omsättningen får ske vid god kvävetillgång (Persson 1978).

C/N-kvoten är lika stor i alla tre leden. Kväveförrådets storlek blir därför olika i de tre leden. Jämfört med det oöväxta ledet innehåller det öväxta men ögöslade ledet ca 250 och det ögöslade ledet ca 450 kg mera kväve per hektar. Trots att mycket kväve bortförts med skördeprodukter sedan försökets start är kväveförrådet således större i det öväxta än i det oöväxta ledet även om inget kväve tillförts. I det förstnämnda ledet har grödan tagit hand om det mineraliserade kvävet varav en del återförts till marken med skörderesterna. I det sistnämnda ledet har det mineraliserade kvävet lakats ut.

I de båda halmleden är mullbalansen positiv. Kolhalten har ökat med tiden och den har ökat något mer i kvävegödslat led. Om man antar, att bildningen av nya humussubstanser med rötter och stubb som mullräämne samt nedbrytningen av gammalt humusmaterial inte påverkats av halmtillförseln kan man isolera halmens humuseffekt genom att subtrahera kolhalten i halmleden med kolhalten i motsvarande icke halmbehandlat led. I figur 4 har sambandet mellan ökningen av organiskt kol och antalet halmgivor anpassats till en logaritmisk funktion. Det är att märka att antalet givor och inte tiden har ställts i relation till kolhalten. Detta beror på att tillförsel av organiskt material

Inte gjorts med samma tidsintervall genom hela försöksperioden. Det framgår av figuren att halmens mulleffekt avtar med tiden. Det finns också en tendens till, att halmeffekten varit något större i kvävegödslet led. Med hjälp av de uppställda sambanden kan man uppskatta hur stor nettoeffekten är av varje halmtillskott. Detta redovisas i tabell 3. I början är utbytet stort men är i slutet av perioden mindre än 10 % av det tillförda multräåmnet. Denna skillnad kan bero på att en stor del av de humussubstanser, som bildas av halmen tillhör den förutnämnda halvstabila fraktionen. Allt eftersom den ökar i storlek blir den kvantitet, som undergår nedbrytning större. En annan orsak till den minskande nettoeffekten av halmen kan vara, att mängden humussubstanser, som bildas blir allt mindre vartefter som humushalten stiger. Detta kan bero på, att allt färre positioner på lerpartiklarna blir tillgängliga för bildning av lerhumus-komplex.

Precis som halmen studeras torvomsättningen vid två kvävenivåer i försöket. Sambandet mellan humusutbyte och antalet givor ansluter sig dåligt till den logaritmiska funktionen, däremot väl till en rät linje (figur 5). Enligt denna har 73 % i ogödslet led och 79 % i gödslet led av torven blivit kvar i marken som stabila restsustanser. Det rätlinjiga sambandet mellan humusutbyte och tillförsel av torv antyder, att torven innehåller en stor fraktion, som inte undergår omsättning utan uppträder som inert material gentemot mikrofloran. För en sådan tolkning talar också C/N-kvoten hos markens organiska substans (tabell 4). I torvleden är denna 15 medan den i halmleden är ungefär 10, vilket inte nämnvärt skiljer sig från kvoten i de led, som inte tillförts organiskt material. Om de resistenta substanserna i torvleden bildats genom mikrobiell omsättning i marken skulle kvoten i dessa led också varit omkring 10 eftersom det är mera miljöbetingelserna än multräåmnets art, som präglar omsättningsprodukterna.

Det är uppenbart, att humusinnehållet inte kan hålla på att öka rätlinjigt hur länge som helst i torvleden. Den omsättbara delen av torven bör rimligtvis reagera principiellt på ungefär samma sätt som i exempelvis halmleden, d v s nettoutbytet bör bli mindre vartefter som multhalten stiger.

Precis som för halmleden finner man en tendens till bättre humusbalans i det kvävegödslande ledet. Denna effekt - i den mån den är signifikant - måste vara knuten till den omsättbara delen av torven.

Också stallgödsel har förorsakat en kraftig mullhaltshöjning, dock inte lika stor som torven. Utbytet av stallgödseln har beräknats genom att jämföra med försöks edet utan organiskt material men med kalksalpeter. Utbytet i form av stabilt organiskt kol i jorden ökar rätlinjigt med tiden men sambandet är inte lika starkt som för torven (figur 6).

Kolhalten har i princip utvecklats på samma sätt för rötslam som för stallgödsel. Utbytet i form av humussubstanser är dock större. Båda produkterna ger större utbyte än halmen och anledningen till detta är att det organiska materialet genomgått omsättningsprocesser under matsmältning och lagring, varvid lättomsättbara delar förbrukats. Under dessa processer har också stabila omsättningsprodukter bildats. Omsättningen har skett under näringsrikare betingelser än torvbildningen. Stallgödsel och rötslam är därför kväverikare än torv, vilket också visar sig i C/N-kvoten i jorden.

Behandlingens effekt på jordarnas biologiska aktivitet

Jord från några av försöksleden undersöktes med avseende på biologisk aktivitet. Därvid placerades jordarna i en inkubationsapparat för kontinuerlig uppsamling av koldioxid. För varje inkubator invägdes 20 g lufttorr jord, som fuktades till 30 % av maximala vattenhållande förmågan. Aktiviteten uppmättes i två prover från varje behandlingsalternativ.

Koldioxidutvecklingen för fyra av försöksleden redovisas i figur 7. De närmaste dagarna efter starten var aktiviteten förhållandevis hög i samtliga försöksled. Det är normalt, att den biologiska aktiviteten momentan antar ett högt värde om jorden fuktas upp efter torkning. I fortsättningen skiljer sig de olika försöksleden klart från varandra. Den biologiska aktiviteten stiger med kolhalten i jorden. När försöket avslutades efter 105 dagar hade mer än dubbelt så mycket kol mineraliserats i rötslamsledet som i det o-bevuxna ledet. Bortser man från omsättningstoppen i inledningsskedet är skillnaden ännu mycket större. Uppenbarligen är de humussubstanser, som bildats med de tillförda mullråämnena som råmaterial mindre stabila än den organiska substansen i ledet, där ingen gröda funnits under försöksperioden. Observationen kan ses som ytterligare en indikation på att merparten av de yngre humussubstanserna tillhör en halvstabil fraktion.

I inkubationsförsöket ingick också de tre kväveleden utan tillförsel av organisk substans (kalksalpeter, kalkkväve och ammon sulfat) samt halmledet med kväve i form av kalksalpeter. Resultaten från dessa led redovisas inte i figuren. I kalksalpeter- och kalkkväveleden var mineraliseringen något högre än i motsvarande icke kvävegödslade led. I ammon sulfatledet var mineraliseringen ungefär 20 % lägre än i kalksalpeterledet. Skillnaden i jordens reaktionstal torde härvidlag spela en avgörande roll (Nilsson 1980). Att halten totalkol i detta led inte är högre än i kalksalpeterledet (tabell 2) trots att den biologiska aktiviteten är lägre kan bero på, att skörden och därmed mängden skörderester som stubb och rötter är lägre.

Fraktionering av den organiska substansen

Vid studiet av markens organiska substans delar man ofta upp denna i fraktioner, vilka undersöks med avseende på olika egenskaper. Fraktioneringen göres med hjälp av olika lösningsmedel och genom hydrolys. Ett viktigt syfte med fraktioneringen är att den ska bidra till att beskriva och förklara det biologiska omsättningsförloppet i marken. Någon fraktioneringsmetod som är fulländad i detta avseende finns inte. Trots detta kan fraktioneringsstudier ge god vägledning om vilka vägar det organiska kolet tar under omsättningsprocessen i marken.

I föreliggande undersökning har den organiska substansen i jordprover från några försöksled fraktionerats genom att utsätta jorden för hydrolys av successivt tilltagande styrka enligt följande:

1. Kall 0.5 N H_2SO_4
2. Varm 0.5 N H_2SO_4
3. Varm 3.5 N H_2SO_4
4. Kall 25 N H_2SO_4 ; efter 3 timmar utspädning och kokning
5. Varm 0.5 N NaOH-lösning

Metodens anpassning till det biologiska skeendet i marken har tidigare studerats vid Avdelningen för växtnäringslära (Jansson 1960 a, Jansson 1960 b, Persson 1968). Färskt lättomsättbart material jämte levande mikrobmassa finns framför allt i de två första fraktionerna. Här finns emellertid också stabilare material. Den mest koncentrerade svavelsyran löser bl a ut cellulosa. NaOH-extraktet är heterogent. Det innehåller bland annat s k humussyror. De mikrobiella omsättningsprodukter, som finns i den alkali-

resistenta fraktionen är mycket stabila. Av en viss mängd mullråämnen är det mycket lite som via mikrobmassan hamnar i denna fraktion. En större andel kan härröra från nedbrytningsprodukter av lignin. Även färskt lignin finns i fraktionen men detta är mindre stabilt.

Metoden är inget precisionsinstrument. Det går därför inte att registrera små skillnader mellan olika försöksled.

I tabell 5 redovisas de sex fraktionernas kolinnehåll i de försöksled, där inget organiskt jordförbättringsmedel tillförts. Det synes som om man kan hänföra den högre mullhalten i de beväxta leden framför allt till fraktionerna 2 och 5. Den tidigare antydda halvstabila humussubstansen skulle således i huvudsak återfinnas i dessa fraktioner. Att fraktion 2 är större där mullråämne tillförts kan också sättas i samband med den livligare biologiska aktiviteten. Lättsättbart material finns ju också i denna fraktion.

Den alkaliresistenta återstoden är lika stor i alla tre led, vilket tyder på, att bildning av verkligt stabilt material sker långsamt. Detta kan synas strida mot moderna teorier om humusbildningen, vilka säger, att humusämnen bildas inne i växt- eller mikrobcellen, sedan denna dött men innan cellväggen upplösts (Swaby & Ladd 1966). Detta förutsätter en snabb bildning. Erhållna resultat behöver emellertid inte strida mot detta. Syntesen av humusämnen kan mycket väl ske enligt Swaby & Ladd. Fortsatt polymerisering och bildning av lerhumus-komplex kan vara en förutsättning för alkalistabilitet och maximal biologisk stabilitet. Dessa processer kan vara tidskrävande. Åldersbestämning medelst ^{14}C -datering av den organiska substansen i en annan lerjord från Uppsalatrakten visade, att medelåldern hos denna fraktion är hög - mer än 1000 år. Medelåldern hos hela den organiska substansen uppmättes till ca 500 år (Persson 1969).

I tabellerna 6 och 7 redovisas fraktioneringen av jordens organiska kol i de båda halmleden. Förutom fraktionernas totala kolinnehåll redovisas i tabellerna differensen mellan fraktionerna i halmbehandlat led och motsvarande icke halmbehandlat led. Detta visar hur den ökning av organiskt kol, som orsakats av halmen, fördelar sig på fraktioner efter omsättning i marken. Slutligen redovisas också hur den genom åren totalt tillförda mängden kol i färsk halm fördelar sig på fraktionerna innan den genomgått omsättning i marken. Den färska halmen har således fraktionerats efter samma mönster som jordens organiska kol.

Resultaten visar för vissa fraktioner en besvärande skillnad mellan de båda halmleden. Dessa kan säkerligen inte helt hänföras till effekter av olika kvävegödsling utan beror på försöksfel. Trots dessa fel kan en del intressanta slutsatser dras av materialet.

Av den färska halm, som tillförts genom åren har i medeltal 80 % mineraliserats. Det är det material i halmen, som löses ut genom de två första behandlingarna, som är mest lättomsättbart. Detta har visats i undersökningar med ^{14}C -märkt halm (Persson 1968). Detta material består av enklare kolhydrater och hemicellulosa.

Vid fraktionering av jordens organiska kol finner man, att den differens, som representerar effekten av halmbehandlingen (mullhaltsökningen) till minst 50 % är att hänföra till de båda första fraktionerna. Detta är emellertid inte huvudsakligen primärt halmmaterial utan mikrobmassa och mikrobiella omsättningsprodukter. Materialet i dessa fraktioner behöver givetvis inte härröra enbart från den primära halmens båda första fraktioner, utan kan utgöra omsättningsprodukter från andra halmfraktioner.

En annan fraktion, som är stor vid fraktionering av den färska halmen, är den som löses ut genom den kraftigaste syrabehandlingen - fraktion 4. Denna innehåller en stor del av halmens cellulosa. Den är inte lika lättomsättbar som de enklare kolhydraterna. Dock har den omsatts väl, vilket framgår av att vid fraktionering av jorden, denna fraktion inte är nämnvärt större än i de led, där ingen halm tillförts.

Vid fraktionering av den färska halmen hamnar ungefär 10 % i den alkaliresistenta återstoden. Trots att det inte omsätts tillnärmelsevis lika snabbt som exempelvis hemicellulosa kan det inte betecknas som speciellt stabilt. Det är nämligen endast en liten del av halmkolet, som återfinnes i motsvarande fraktion. Dock kan en del av detta vara omsatt lignin.

Till skillnad från halmen har torven genomgått en viss omsättning innan den kommer i marken som jordförbättringsmedel. Tidigare diskuterade resultat från bestämningarna av markens totalkolinnehåll antyder att en mycket stor del av torven är i det närmaste resistent mot mikrobiologisk påverkan. Fraktioneringsstudierna ger en något annan bild (tabellerna 8 och 9). När

TAB. 10A

K A L I U M U P P T A G N I N G E N S U T V E C K L I N G

*Development of potassium recovery**Kg kalium per hektar i skörden. Medeltal för tre perioder.**Potassium kg/ha in yield. Means of three periods.*

	F Ö R S Ö K S L E D <i>Treatments</i>	I 1957 - 1963		II 1965 - 1969		III 1970 - 1975	
		Medelt. <i>Means</i>	Rel. <i>Perc.</i>	Medelt. <i>Means</i>	Rel. <i>Perc.</i>	Medelt. <i>Means</i>	Rel. <i>Perc.</i>
3	Utan org.subst. Kalksalp.	122.3	100	65.4	100	88.4	100
4	Utan org.subst. Am.sulf.	121.4	99	69.6	106	90.9	103
5	Utan org subst. Kalkkväve	128.2	105	69.0	105	93.0	105
2	Utan org.subst. Utan N	75.1	61	34.8	53	37.5	42
6	Halm Utan N	71.2	58	36.9	56	36.3	41
7	Halm Kalksalp.	128.4	105	69.1	106	99.2	112
9	Torvmull Utan N	71.2	58	35.1	54	37.4	42
13	Torvmull Kalksalp.	128.7	105	68.8	105	101.9	115
12	Sågsån Utan N	59.3	49	29.0	44	19.9	23
14	Sågsån Kalksalp.	118.3	97	57.7	88	76.6	87
10	Stallgödsel Utan N	91.9	75	51.2	78	80.5	91
11	Superf.-stg. Utan N	89.8	73	46.7	71	70.4	80
8	Grönmassa Utan N	103.5	85	52.7	81	113.7	129
15	Rötslam Utan N	133.8	109	62.3	95	120.2	136

torven fraktionerades hamnade i det närmaste hälften av allt kol i fraktion 2. Fraktionering av jorden visar, att minst 40 % av detta undergått omsättning antingen under bildning av koldioxid eller genom transformation till andra fraktioner. Det senare innebär att materialet förändrats utan att ha mineraliserats. Således måste en del substanser, som löses ut i fraktionerna 3 och 5 ha bildats under omsättningen i marken.

Det material, som löses ut i fraktion 4 vid fraktionering av torven är stabilare än motsvarande fraktion i halmen, vilket visar, att det inte i huvudsak är cellulosa. Torven innehåller mindre mängd alkaliresistent material än halmen, men i marken ger den upphov till större mängd sådana substanser än halmen. Säkertligen är dessa huvudsakligen mikrobiella omsättningsprodukter, men dessa har uppkommit vid torvbildningen och inte sedan torven kommit i marken.

Stallgödsel och rötslam har bildats under delvis likartade betingelser. Båda produkterna utgör omsättningsprodukter, där det ursprungliga organiska materialet brutits ned dels i samband med matsmältning, dels under lagring. Stallgödsel har lagrats mera aerobt än rötslam.

Vid fraktionering av de båda produkterna hamnar mera av rötslammets än av stallgödseins kol i de båda första fraktionerna. Säkertligen består dessa fraktioner av stabilare material i rötslammet än i stallgödseins - detta framgår av resultaten från fraktioneringen av jorden.

För såväl stallgödsel som rötslam gäller, att fraktion 3 ökar procentuellt (för rötslammet även absolut) efter omsättning i marken.

I stallgödsel är fraktion 4 mycket större än i rötslam. Detta torde ha samband med ofullständigt omsatt ströhalv. Materialet i fraktionen synes vara mera svårömsatt i rötslammet.

Den alkalistabila återstoden är ungefär lika stor i båda produkterna men mera svårömsatt i rötslammet. Jämfört med halm kan en stor del av multhaltsökningen hänföras till denna fraktion. Det är förmodligen material som i förhållandevis liten utsträckning bildats genom mikrobverksamheten i marken.

LITTERATUR

- Jansson, S.L. 1960 a. On the humus properties of organic manures.
I. Actual humus properties. Kungl. Lantbrukshögsk. Annaler
26, 51-75.
- Jansson, S.L. 1960 b. On the humus properties of organic manures. II.
Potential humus properties. Kungl. Lantbrukshögsk. Annaler
26, 135-172.
- Jansson, S.L., Valdmaa, K. 1961. Determination of carbon in soil by dry
and wet combustion. Kungl. Lantbrukshögsk. Annaler 27,
305-322.
- Nilsson, K.O. 1980. Skördeutveckling och omsättning av organisk substans vid
användning av olika kvävegödselmedel och organiska material.
Undersökningar i ett ramförsök under 20 år. Rapporter från
avdelningen för växtnäringslära.
- Persson, J. 1968. Biological testing of chemical humus analysis. Lantbruks-
högsk. Annaler 34, 81-217.
- Persson, J. 1969. Markens organiska substans - dess nedbrytning och upp-
byggnad. Växt-Närings-Nytt 25, häfte 1, 27-30.
- Persson, J. 1978. Kulturåtgärdernas inverkan på markorganismerna - markvård
eller markförstöring? I. Mikrobaktivitet och humusbalans.
Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift. 117,
43-48.
- Swaby, R.J., Ladd, J.N. 1966. Stability and origin of soil humus. The use
of isotopes in soil organic matter studies. Spec. Suppl.,
J. appl. Radiat. Isotopes, 153-159.

Tabell 1. Totala mängden tillförda mullråämnen. Tillförsel har skett vid 10 tillfällen

Mullråämne	Torrsubstans t/ha	Org.subst. t/ha	Org. C. t/ha
Halm	87.3	79.1	38.5
Grönmassa	85.6	77.1	37.6
Torv	80.7	79.9	39.2
Stallgödsel	96.4	77.9	39.5
Sågspån	80.6	79.2	39.7
Rötslam	143.9	74.6	39.2

Tabell 2. Organiskt kol i matjorden, % av lufttorrt prov

Försöksled	1956	1967	1974	1975	1977	1979
Utan gröda	1.48	1.30	1.25	1.21	1.21	1.22
Utan kväve	1.49	1.36	1.33	1.32	1.29	1.34
Kalksalpeter	1.50	1.42	1.42	1.38	1.40	1.43
Ammonsulfat	1.56	1.44	1.43	1.49	1.45	1.46
Kalkkväve	1.49	1.37	1.45	1.44	1.45	1.50
Halm, utan kväve	1.51	1.61	1.61	1.63	1.57	1.59
Halm + kalksalpeter	1.53	1.59	1.72	1.70	1.71	1.75
Grönmassa, utan kväve	1.45	1.51	1.68	1.62	1.64	1.70
Torv, utan kväve	1.47	1.79	2.26	2.21	2.27	2.47
Stallgödsel, utan kväve	1.49	1.60	1.90	1.89	1.93	1.92
Superstallgödsel, utan kväve	1.50	1.64	1.89	1.88	1.86	1.93
Sågspån, utan kväve	1.46	1.56	1.75	1.70	1.65	1.72
Torv + kalksalpeter	1.53	1.76	2.40	2.37	2.42	2.69
Sågspån + kalksalpeter	1.52	1.63	1.85	1.65	1.83	1.93
Rötslam, utan kväve	1.54	1.84	2.37	2.23	2.23	2.32

Tabell 3. Humusutbyte av enskild halmgiva

Giva nr	Utbyte, %	
	Utan N	Med N
1	49.6	56.7
2	29.0	33.2
3	20.6	23.6
4	16.0	18.2
5	13.1	14.9
6	11.0	12.6
7	9.5	10.9
8	8.4	9.7
9	7.5	8.6
10	6.8	7.8

Tabell 4. Den organiska substansens C/N-kvot.

The C/N-quotient of the soil organic matter

Försöksled	C/N
Utan gröda	9.5
Utan kväve	9.5
Kalksalpeter	9.8
Halm, utan kväve	10.2
Halm + kalksalpeter	10.2
Torv, utan kväve	14.5
Torv + kalksalpeter	15.0
Stallgödsel, utan kväve	9.9
Rötslam, utan kväve	9.7

Tabell 5. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner
i försöksled utan tillförsel av organiskt material

Fractionation of soil organic matter. No organic
matter supplied

Fraktion, löslig i	Obeväxt		Utan kväve		Kalksalpeter	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H_2SO_4	79	6.2	87	6.4	79	5.7
0.5 N varm H_2SO_4	346	27.3	376	27.7	407	29.3
3.5 N varm H_2SO_4	232	18.3	247	18.2	233	16.8
25 N kall H_2SO_4	84	6.6	71	5.2	78	5.6
0.5 N varm NaOH	306	24.1	364	26.8	376	27.1
Rest	222	17.5	211	15.6	217	15.6

Tabell 6. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner
i försöksled med halmtillförsel utan kvävegödsling

Fractionation of soil organic matter. Straw, no nitrogen

Fraktion, löslig i	Halm, utan N		Diff: halm-utan halm		Totalt tillfört	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H ₂ SO ₄	124	7.7	37	14.8	116	8.4
0.5 N varm H ₂ SO ₄	469	29.2	93	37.2	497	35.9
3.5 N varm H ₂ SO ₄	293	18.2	46	18.4	118	8.5
25 N kall H ₂ SO ₄	73	4.5	2	0.8	395	28.5
0.5 N varm NaOH	411	25.6	47	18.8	125	9.0
Rest	236	14.7	25	10.0	133	9.6

Tabell 7. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner
i försöksled med halmtillförsel och kvävegödsling
Fractionation of soil organic matter. Straw, nitrogen

Fraktion	Halm, med kväve		Diff: halm-utan halm		Totalt tillfört	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H_2SO_4	201	11.5	122	33.8	116	8.4
0.5 N varm H_2SO_4	496	28.3	89	24.7	497	35.9
3.5 N varm H_2SO_4	259	14.8	26	7.2	118	8.5
25 N kall H_2SO_4	99	5.2	21	5.8	395	28.5
0.5 N varm NaOH	460	26.3	84	23.3	125	9.0
Rest	236	13.5	19	5.3	133	9.6

Tabell 8. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner
i försöksled med tillförsel av torv utan kvävetillförsel
Fractionation of soil organic matter. Peat, no nitrogen

Fraktion	Torv utan kväve		Diff: torv-utan torv		Totalt tillfört	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H ₂ SO ₄	144	6.2	57	5.8	73	5.2
0.5 N varm H ₂ SO ₄	623	26.6	247	25.1	659	46.8
3.5 N varm H ₂ SO ₄	413	17.6	166	16.9	104	7.4
25 N varm H ₂ SO ₄	196	8.4	125	12.7	206	14.6
0.5 N varm NaOH	686	29.3	322	32.7	271	19.2
Rest	279	11.9	68	6.9	96	6.8

Tabell 9. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner
i försöksled med tillförsel av torv och kvävegödsling
Fractionation of soil organic matter. Peat, nitrogen

Fraktion	Torv, N-gödsling		Diff: torv-utan torv		Totalt tillfört	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H ₂ SO ₄	141	6.0	62	6.9	73	5.2
0.5 N varm H ₂ SO ₄	691	29.5	284	31.8	659	46.8
3.5 N varm H ₂ SO ₄	357	15.2	124	13.9	104	7.4
25 N kall H ₂ SO ₄	172	7.3	94	10.5	206	14.6
0.5 N varm NaOH	694	29.6	318	35.6	271	19.2
Rest	290	12.4	73	8.2	96	6.8

Tabell 10. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner
i försöksled med stallgödseltillförsel

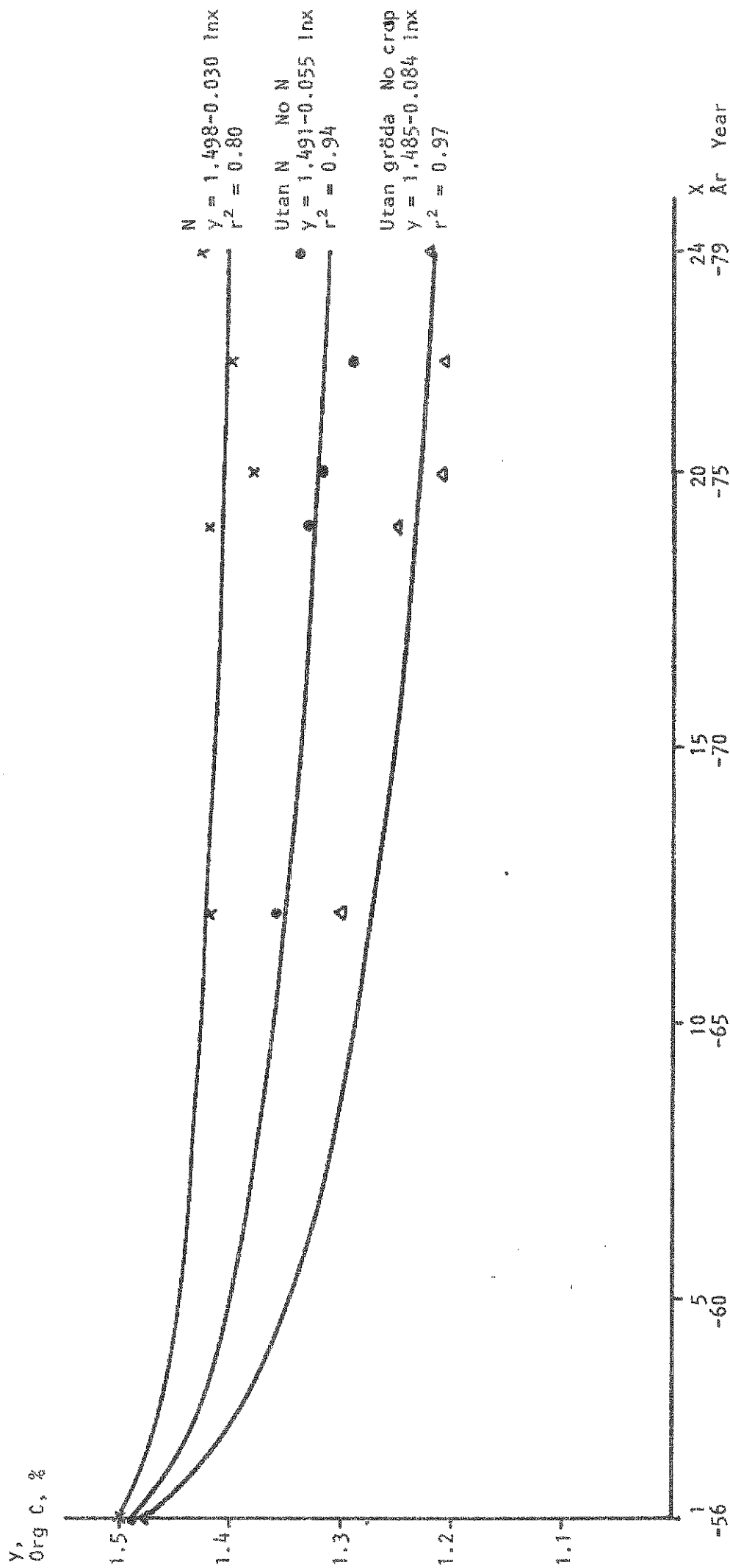
Fractionation of soil organic matter. FYM

Fraktion, löslig i	Stallgödsel		Diff: stg-utan stg		Totalt tillfört	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H ₂ SO ₄	107	5.7	28	5.8	96	6.8
0.5 N varm H ₂ SO ₄	497	26.5	90	18.6	462	32.6
3.5 N varm H ₂ SO ₄	309	16.5	76	15.7	112	7.9
25 N kall H ₂ SO ₄	146	7.8	68	14.0	343	24.2
0.5 N varm NaOH	526	28.1	150	30.9	146	10.3
Rest	290	15.5	73	15.1	259	18.3

Tabell 11. Det organiska kolets fördelning på olika fraktioner i försöksled med rötslamtillförsel

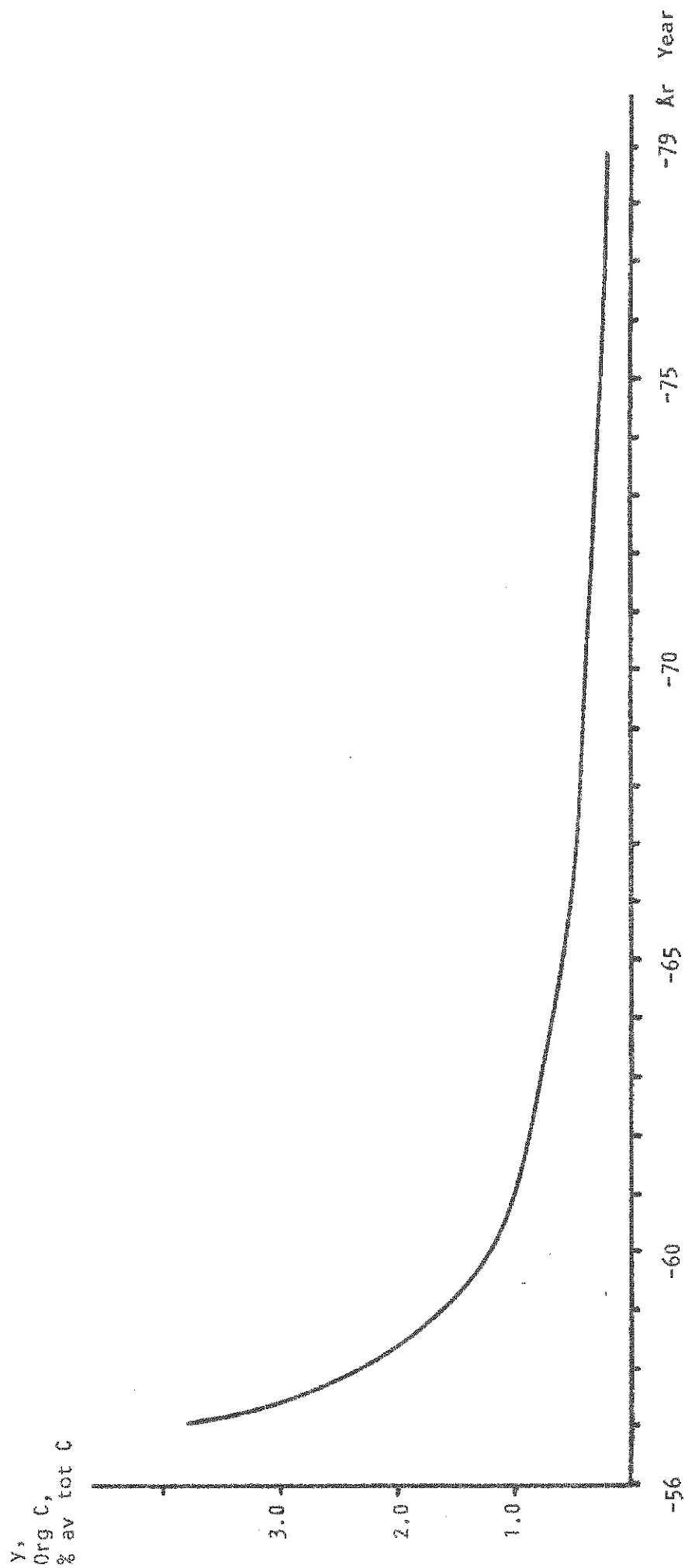
Fractionation of soil organic matter, sludge

Fraktion	Rötslam		Diff:rötsl-utan rötsl		Totalt tillfört	
	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%	mg C/100 g jord	%
0.5 N kall H ₂ SO ₄	165	6.7	86	8.2	202	14.4
0.5 N varm H ₂ SO ₄	678	27.7	271	25.7	492	35.1
3.5 N varm H ₂ SO ₄	431	17.6	198	18.8	106	7.6
25 N kall H ₂ SO ₄	158	6.5	80	7.6	113	8.1
0.5 N varm NaOH	626	25.6	250	23.7	261	18.6
Rest	387	15.8	170	16.1	227	16.2



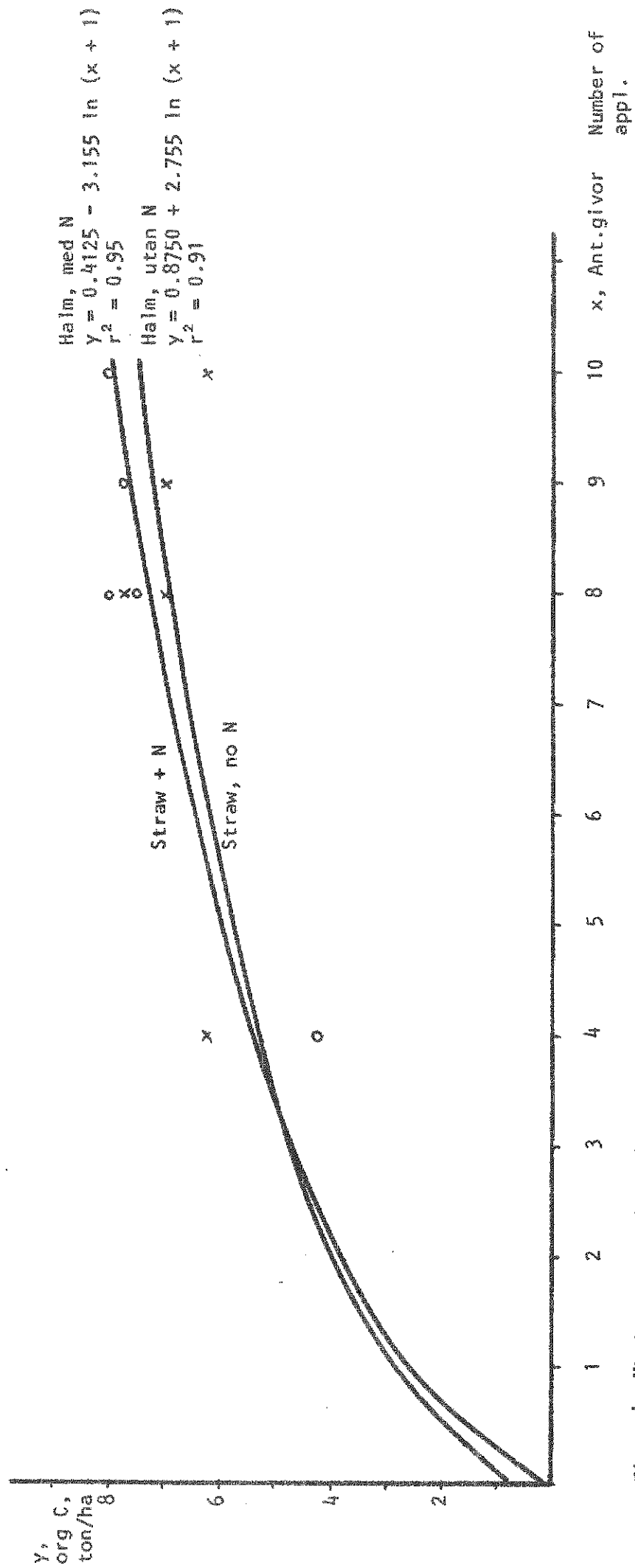
Figur 2. Organiskt kol i jorden, % - förändring med tiden. Inget organiskt material tillfört.

Figure 2. Organic carbon in soil - changes over the time. No organic matter supplied.



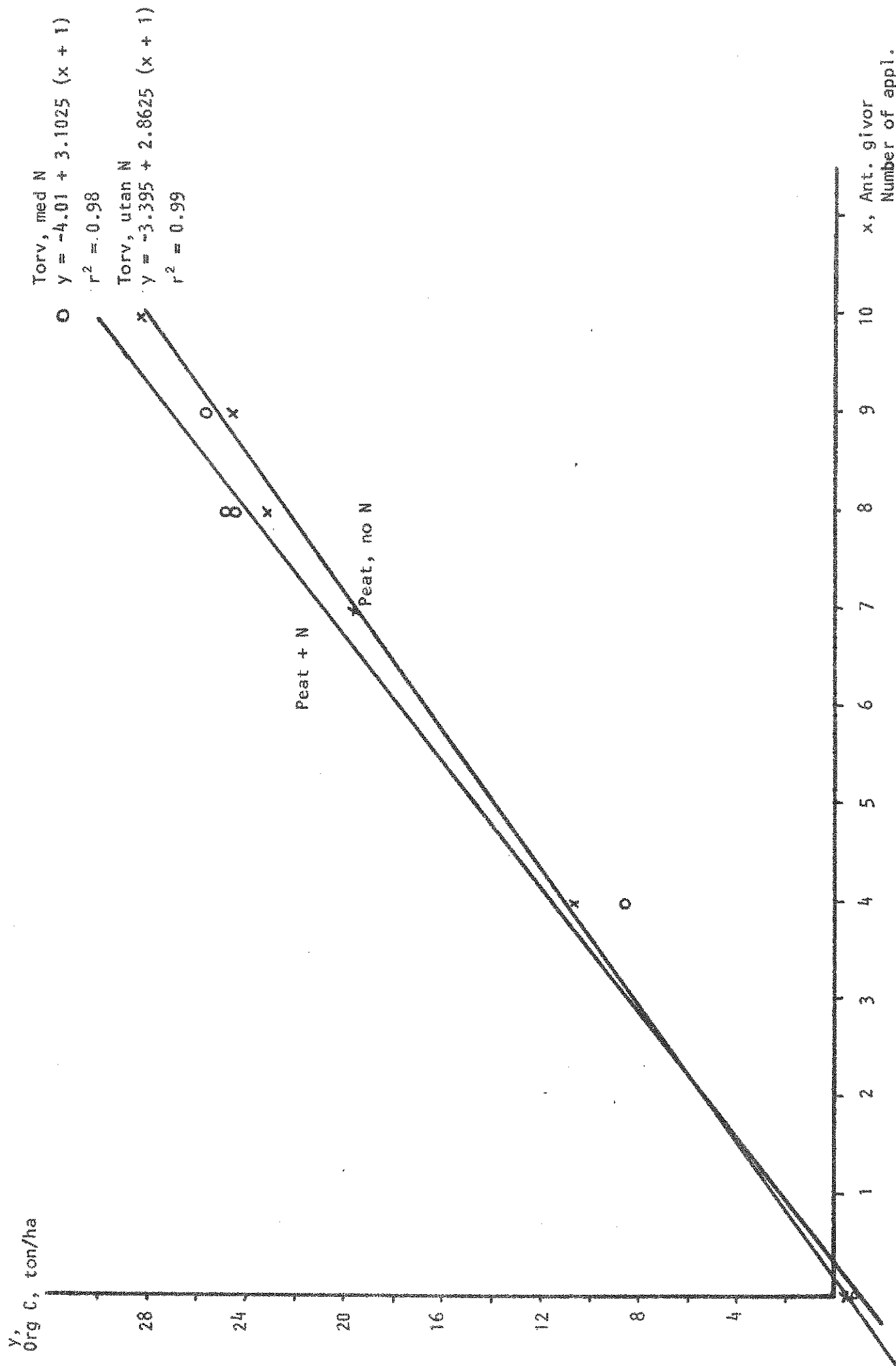
Figur 3. Årlig nedbrytning av organiskt kol i jorden, där inget organiskt jordförbättringsmedel tillförts.

Figure 3. Annual breakdown of organic carbon in soil with no organic matter supplied.



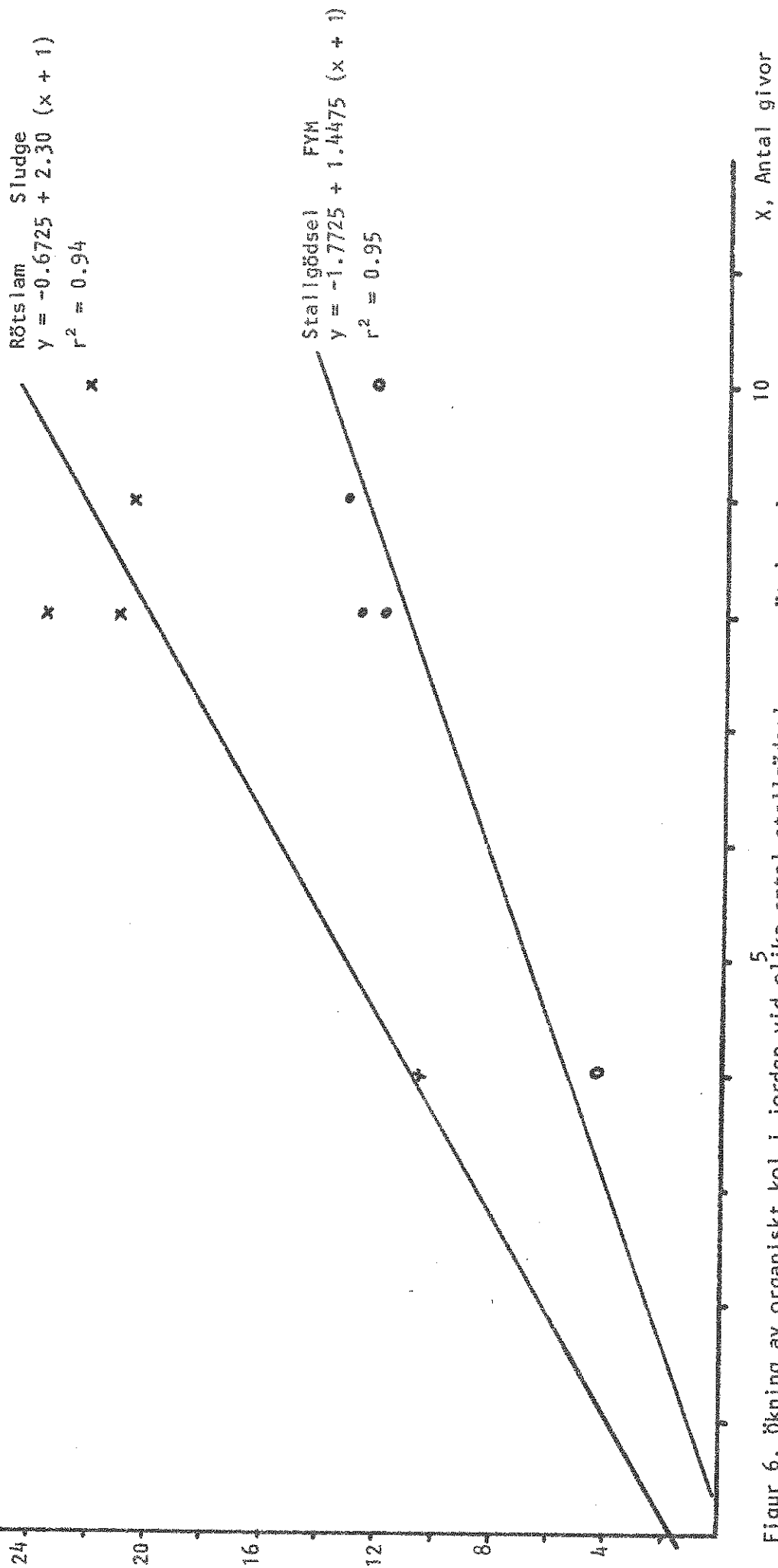
Figur 4. Ökning organiskt kol i jorden vid olika antal halmgivor

Figure 4. Increases in soil organic carbon at varying applications of straw



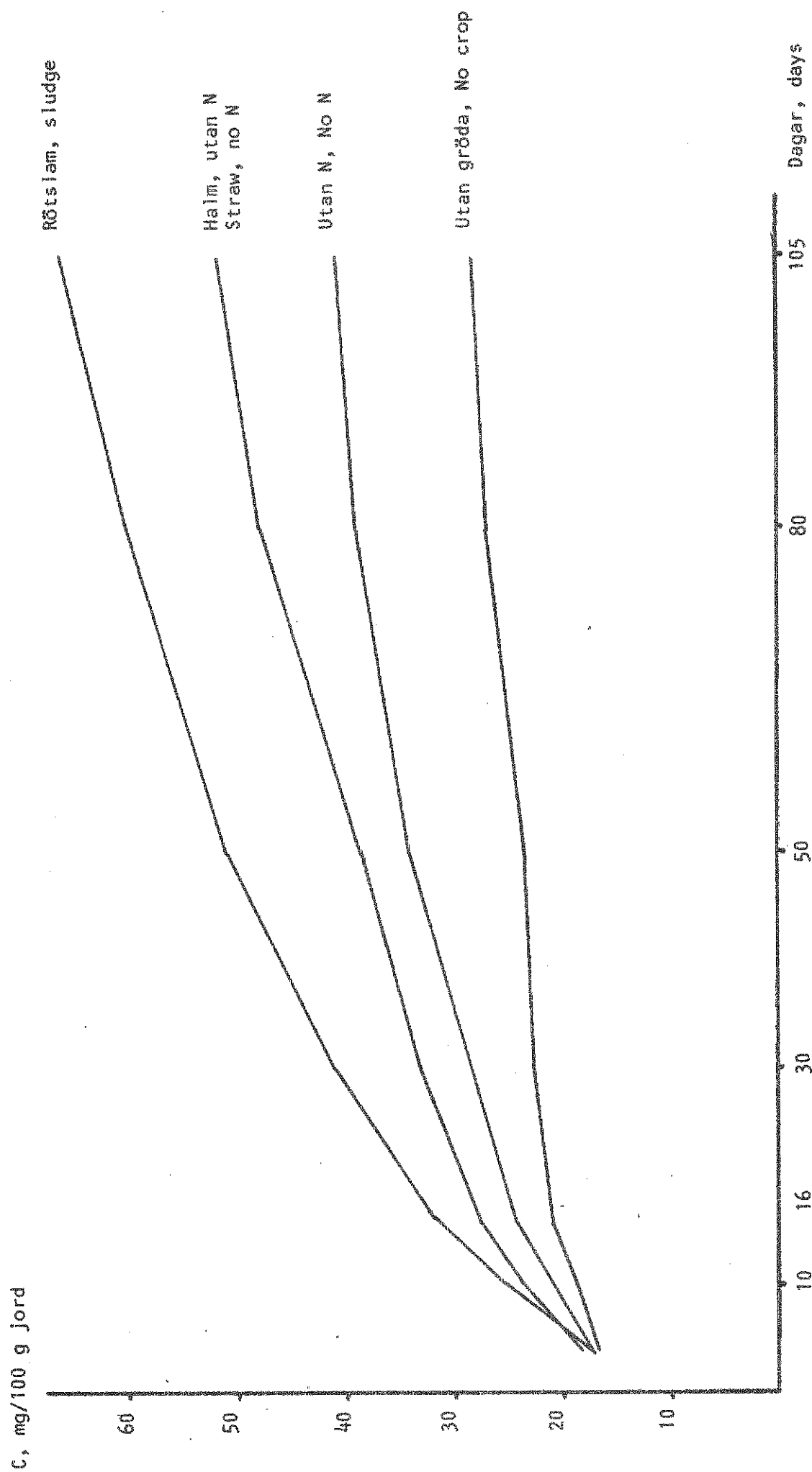
Figur 5. Ökning av organiskt kol i jorden vid olika antal torvgivor.

Figure 5. Increases in soil organic carbon at varying applications of peat.



Figur 6. Ökning av organiskt kol i jorden vid olika antal stallgödsel- resp rötslamsgivor.
 Figure 6. Increases in soil organic carbon at varying applications of FYM and sludge.

X, Antal givor
 Number of appl.



Figur 7. Mineralisering av organiskt kol i jordar med olika multrämnestillförsel.

Figure 7. Mineralization of organic carbon in soil varying applications of organic matter.