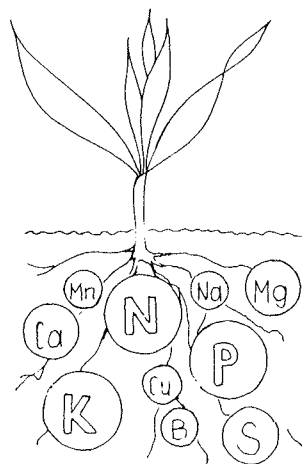


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

TJUGOFEM ÅRS BÖRDIGHETSSTUDIER I SVERIGE

Twentyfive years of soil fertility studies in Sweden

Sven L. Jansson



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

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

**Rapport 151
Report**

Uppsala 1983

ISSN 0348-3541

ISBN 91-576-1623-X

TJUGOFEM ÅRS BÖRDIGHETSSTUDIER I SVERIGE

Sven L. Jansson

- o Bakgrunden till påbörjandet av bördighetsstudierna för 25 år sedan låg i vad vi nu kallar det svenska jordbrukets efterkrigsutveckling - "förbiseende" av dess biologiska karaktär och tillämpning av teknologiskt synsätt på jordbrukets produktionsprocess.
- o Målsättning med projektet är att utförligt belysa de naturgivna och odlarstyrda produktionsfaktorer som bestämmer vårt jordbruks växtproduktion. Till den första gruppen hör klimat och mark som varierar genom valet av försökslokaler, tre goda och tre svaga i olika klimatområden, och på den odlarstyrda sidan varierar tre faktorer: odlings-system med därtill kopplad användning av stallgödsel och skörderester, variationer i fosfor- och kaliumtillståndet samt kvävegödslingen. I båda fallen från ingen till riklig gödsling.
- o Försöksskördarna jämförs med länsmedelskördarna i Malmöhus län, som i de relativa jämförelserna satts till 100.
- o Genomsnittligt för hela materialet har skördarna på den ogödslade jorden (A0) gått ned till ca hälften av länsmedelskörden.
- o I leden med för området normal gödslingsnivå (C2) överträffas länsmedelskörden på de goda lokalerna med ca 10% (fig. 4). Växtföljdsskillnader utjämnas och avkastningen visar inte i någon växtföljd tendens att ändras i tiden.
- o I försöksleden med den starkaste NPK-gödslingen (D3) överträffas på de goda lokalerna länsmedelskördarna med i genomsnitt 20%, (fig. 5). Några växtföljdsskillnader framträder ej heller här. För de svaga försökslokalerna uppnås med den starkaste NPK-gödslingen länsmedelskördarnas skördenivå.
- o Med hjälp av isotoptekniken har en modell av marken som dynamiskt reaktionssystem med en kemisk och en biologisk fas kunnat uppställas (fig. 9). Denna modell behöver åskädliggöras och bekräftas av fältundersökningar. Inte minst bördighetsförsöken är lämpade för detta.
- o För att upprätthålla P-AL-värdena erfordras ungefär dubbelt underhåll (C2) och värdena är genomgående högre i växtföljden med stallgödsel.
- o För att hålla K-AL-värdena oförändrade fordras något lägre gödsling än för fosfor ungefär motsvarande underhåll (B1).
- o Analysresultaten tyder inte på några snabba förändringar i jordens mullhalt och totalkvävehalt.
- o Avslutningsvis poängteras bördighetsstudiernas stora betydelse för kvantifiering av långsiktiga effekter av förändringar i växtföljd och gödsling.

TJUGOFEM ÅRS BÖRDIGHETSSTUDIER I SVERIGE

Sven L. Jansson

Bakgrund

Bakgrunden till påbörjandet av bördighetsstudierna för 25 år sedan låg i vad vi nu kallar för det svenska jordbrukets efterkrigsutveckling. Det handlade om rationalisering av jordbruksdriften, dels verklig, dels skenbar. Vad man syftade till och i stor utsträckning också lyckades med var att få fram en kraftig inskränkning i användningen av mänsklig arbetskraft. Man förbisåg gärna jordbrukets biologiska karaktär och ville i högre grad än tidigare tillämpa ett teknologiskt synsätt på jordbrukets produktionsprocess. Vad som gällde för den industriella produktionen borde också gälla för jordbruket.

Denna teknologiska inställning till jordbrukets produktionsprocess skulle kunna få ödesdigra konsekvenser, bl a för odlingsmarken som produktionsfaktor. Det var också en del företrädare för jordbrukets forsknings- och försöksverksamhet som insåg detta och försökte bromsa den pågående utvecklingen. Det var ett uttryck för vad som kunde kallas ett begynnande markvårdsintresse. Man skulle inte bara tänka på den aktuella produktionen utan också på att bibehålla marken som produktionsmedel. I detta avseende vill jag här citera ett par meningar ur ett föredrag, "Halm-humusproblemet", som prof. O. Franck år 1946 höll i Lantbruksakademien. Franck (1946) yttrade "När det gäller grunden för allt jordbruk, d v s markens behandling, får man inte se jordbruksdriften på kort sikt. Här gäller det inte år, inte heller en eller två växtföljder utan generationers insatser". Detta är ju ett uttalande som kan leda fram mot fastliggande bördighetsförsök.

En annan sak, som började komma fram i debatten, var helhetssynen på marken som produktionsfaktor. I jordmånsläran ligger ju en helhetssyn på marken som biologisk företeelse och jordmånslärans grundprinciper började så smått att ställas i relation till odlingsmarken.

Jordmånsläran som sådan var vid tidpunkten i fråga ganska ny i västerlandet. Den hade etablerats i Ryssland redan i slutet av 1800-talet, men den förblev länge - till följd av språksvårigheter och annat - en isolerad rysk angelägenhet. Först ett stycke in på 1900-talet blev den känd utanför Ryssland, varvid det främst var amerikanarna, som tog sig an och utvecklade densamma. Här i Sverige blev det på skogssidan, som man först intresserade sig för jordmånsläran och att den fick en viss spridning på 1930-talet och framåt var väl framförallt prof. Olof Tamms förtjänst (Tamm 1940).

Omkring 1950 tog jag mig för att koppla samman jordmånsläran och odlingsmarken. Det ansågs vid tidpunkten i fråga synnerligen tvivelaktigt men innebar detta till trots ett ganska produktivt och logiskt riktigt synsätt. Man får se på människan - jordbrukaren som en jordmånsbildande faktor bland alla andra. Vad hon med odlingsåtgärderna åstadkommer är en kulturjordmån, som får speciella drag jämfört med de naturliga jordmånerna. I stort sett kan man säga att människans ingrepp i jordmånsbildningen innebär en rättning mittåt på den naturliga jordmånsskalan. Mittåt-stadiet på denna representeras av svartjorden och präriejordarna. Odlingsåtgärderna medför att de andra naturliga jordmånstyperna - t ex våra podsolmarker - mister sina särdrag och antar likheter med de ovan nämnda.

Ur en av mina skrifter (Jansson 1951) i detta ämne kan citeras: "Den av människan orörda jorden befinner sig ingalunda generellt i något idealiskt tillstånd och ännu mindre gäller att den ständigt bibehålles och förbättras". Detta skrevs 1951 (Jansson 1951). Det framstår som lika aktuellt i dag, när man från miljövardshåll menar att ett närmande till naturen är det bästa som jordbrukets utövare kan syssla med. Inte minst ur jordmånssynpunkt är detta helt felaktigt; vi får inga produktiva odlingsmarker genom att låta naturen ha sin gång.

En tredje företeelse, som kom fram omkring 1950 och som haft betydelse för bördighetsstudiernas utformning, var isotopteknikens användning inom markforskningen. Redan i slutet av 1940-talet kom vi här i landet snabbt igång med isotoptekniken inom markforskningen (Jansson 1948). Under 1950-talet låg vi långt framme när det gällde forskning med hjälp av märkta isotoper. För denna etablering hade understöd från Gödsel- och Kalkindustriernas Samarbetsdelegation (GKS) - sedermera Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning - Wallenbergsstiftelsen och Lantbruksakademien stor betydelse. De i den nya metodiken engagerade forskarna var i första hand (i bokstavsordning) Lars Fredriksson, Olle Gunnarsson, Sven L Jansson och Hans Nömmik.

Fortsättningsvis kom det på internationell bas att sysslas mycket med isotopmetodik inom markläran och den tillämpade växtnäringsläran - i synnerhet beträffande växtnäringsämnet fosfor - men i det stora hela fick man inte det utbyte som man väntat. Man hade stora förväntningar på - eller skall vi säga förutfattade meningar om - vad som skulle kunna uppnås; framförallt skulle gödselmedlens effekter och utnyttjande snabbt och enkelt kunna bestämmas. Detta uppnåddes nu inte; vad isotoptekniken framförallt lärde oss var att marken både ur kemisk och biologisk synpunkt är ett mycket mera komplicerat system än vad man tidigare föreställt sig.

När man nu satte in de märkta ämnena för att ta reda på hur gödselmedlens näringsämnen utnyttjades och verkade, fick man inga klara besked på den punkten. Man fick i stället besked om hur marken fungerade och att dess funktioner ingalunda var enkla och lättfattliga. Detta ville man inte gärna inse, vilket kom att medföra att isotopmetodiken applicerades på mycket nonsensarbete, ett förhållande som nu varit rådande i ungefär 30 år (Jansson 1971).

Trots allt har vi med hjälp av isotopmetodiken lärt oss mycket om hur marken fungerar ur kemisk och biologisk synpunkt. Dessa lärdomar är emellertid till övervägande delen teoretiska. De behöver kontrolleras, utvidgas och tillämpas under fältförhållanden, i synnerhet i långliggande fältförsök. Här finns alltså en anledning till att långvariga försök måste uppläggas.

Uppläggningsen

Behovet av att utförligt belysa de naturgivna och odlarstyrda produktionsfaktorer, som bestämmer vårt jordbruks växtproduktion, ledde fram till att bördighetsprojektet påbörjades.

Figur 1 ger en översikt över projektets bakgrund och tilltänkta anknytningar. Växtproduktionen studeras i relation till å ena sidan de naturgivna faktorerna klimatet och marken, å den andra odlingssystemet sådant det tar sig uttryck i växtföljden och skörderestbehandlingen samt i växtnäringsstillförseln i form av handelsgödsel.

Faktorerna klimat och mark är ju nära kopplade till varandra. De kan varieras genom valet av försökslokaler. I M-serien av bördighetsstudierna - den som i år är 25 år gammal - har vi funnit sex lokaler i Malmöhus län med väl separerade klimat- och markförhållanden, vilka utgör ett utomordentligt underlag för projektet. Klimatet och marken bildar sålunda tillsammans en komplex naturgiven faktor, som i M-serien studeras i 6 varianter - försökslokaler.

På den odlarstyrda sidan varieras tre faktorer. Den första hör till odlingssystemet och omfattar, som redan nämnts, växtföljden med därtill kopplad skörderestbehandling. Två växtföljder jämföres, båda fyra-åriga. Den ena är en variant av den klassiska norfolkcirkulationen med ettårig vall. Den är utformad för jordbruksdrift med kreatur. Skörderesterna - stråsädeshalm och sockerbetsblast - förutsätts komma till användning inom animalieproduktionen. Denna ger upphov till stallgödsel, som tillförs marken i stället för skörderesterna.

I den andra växtföljden har vallgrödan utbytt mot en oljeväxtgröda, varigenom växtföljden anpassats för kreaturslös drift. Alla skörderester nedbrukas och någon stallgödsel används inte.

De båda övriga odlarstyrda faktorerna, som varieras i försöken utgör komponenter av växtnäringstillförseln i form av handelsgödsel, nämligen gödslingen med fosfor och kalium (PK) och gödslingen med kväve (N). Båda faktorerna har uppdelats i fyra steg, från ingen gödsling till riklig sådan.

Som redan nämnts omfattar den nu 25-åriga M-serien 6 fältförsök. Den har sedermera kompletterats med ytterligare 6 fältförsök, belägna i Mellansverige och uppdelade på tre eller kanske snarare två serier. Äldst av dessa är den i Uppsala län belägna C-serien, som omfattar två försök anlagda 1963. De båda övriga är E- och R-serierna med två försök vardera i Östergötlands och Skaraborgs län, samtliga anlagda 1966. Eftersom E- och R-serierna löper parallellt och har samma försöksplan brukar de oftast behandlas tillsammans och betecknas då som ER-serien.

Det finns sålunda ett försökspår inom vart och ett av de tre berörda mellansvenska länen. Spridningen i klimat- och markkomplexet ligger i att det ena försöket i de tre paren ligger på mellanlära i ett lerjordsområde centralt i odlingslandskapet, det andra på lerfattig mark mera i utkanten av detsamma.

De mellansvenska växtföljderna är sexåriga, den kreaturshållande inbegriper tvåårig vall, den kreaturslösa helträda. Sockerbetor odlas naturligtvis inte.

Viktigt är att de 12 bördighetsförsöken å ena sidan integreras med det svenska försöksprogrammet i övrigt, å den andra att grundläggande och kompletterande undersökningar i form av laboratoriearbeten och kärnförsök ansluts till dem. Detta har i stor utsträckning skett. Laboratoriearbetena har inte minst avsett fortsatta isotoparbeten. Kärnförsök med projektets alla tolv jordar pågår numera i kärnförsöksgården i Uppsala parallellt med fältförsöken. I dessa kärnförsök kan den kommande utvecklingen i fält förebådas och fältförsökens gödslingsled kan kompletteras med ytterligare försöklöd. Sålunda har kopplingen mellan P och K i fältförsöken lösts upp i kärnförsöken så att fosforeffekten och kaliumeffekten kan studeras var för sig.

Försöken ger dels markdata, dels växtdata. Markdata kan belysa markens utveckling och förändringar, ge riktlinjer för markanvändningen och markvården, tillsammans med tillförseln och bortförseln av växtnäring ge underlag för upprättandet av växtnäringsbalansen, ge riktlinjer för markkarteringens och gödslingsteknikens utformning etc.

På växtsidan kan först och främst produktionsnivån och dess beroende av de i projektplanen varierade faktorerna studeras liksom också skördeprodukternas sammansättning. Tillsammans ger dessa data riktlinjer för produktionens utformning, t ex för växtföljdens uppbyggande och gödslingsintensiteten, och för lösandet av åtskilliga kvalitetsproblem, inte minst de problem, som hänger samman med skördeprodukternas mineralämneshåll och mineralämbalans. Data fås för växtodlingens energihushållning; hur mycket solenergi som binds i de olika växtprodukterna, hur mycket hjälpenergi, t ex i form av kvävegödsel, som sätts in och hur stor nettoutvinningen av energi blir i form av olika nyttiga växtprodukter. Ogräsproblem och angrepp av sjukdomar och skadedjur kan också studeras under den mångfald av odlingsbetingelser, som projektplanen erbjuder.

Det insamlade och bearbetade datamaterialet från såväl mark- som växtsidan kan sedan sättas in i alla de situationer då det gäller att utforma vår växtproduktion och våra odlingslandskap samt att ta fram undervisnings-, rådgivnings- och upplysningsmaterial för jordbrukets, politikernas och allmänhetens behov.

Detaljplanen för M-serien sammanfattas i tab 1. Hela M-serien kan betraktas som ett enda stort försök omfattande alla kombinationer mellan 6 lokaler (klimat- och markkombinationer), 2 växtföljder, 4PK-nivåer och 4N-gödslingar. Detta ger 192 enskilda försöksled. Med 2 samparceller i varje led blir det totalt 384 försöksparceller, var och en 125 m² stor.

De sex försökslokalerna omfattar 2 baltiska moränjorlar, Fjärdingslöv på Söderslätt och Örja (Weibullsholm) vid Landskrona, 2 urbergsmoräner, Orup söder om Ringsjön och S Ugglarp på Romeleåsen, 1 ängelholmslär, Västraby, och 1 nordvästmorän, Ekebo utanför Vallåkra. Klara skillnader mellan lokalerna föreligger beträffande temperaturförhållanden och nederbördsmängder.

Som redan nämnts är den kreaturshållande växtföljden (I) en variant av norfolkcirkulationen - korn, vall, höstvet, sockerbetor. Den stallgödsel, som antas bli producerad med hjälp av fodergrödorna och skörderesterna, tillförs sockerbetorna (20 ton pr ha).

I den kreaturlösa växtföljden (II) är vallgrödan utbytt mot vitsenap. Skörderestbehandlingen är markvårdsinriktad; alla skörderester nedbrukas snarast möjligt efter skörd.

Tillförseln av PK grundas på underhållsprincipen, vilket är det enda riktiga i långliggande försök med jämförelser mellan växtföljder (Jansson 1975). Översiktligt sett kan de tre tillförselnivåerna (exklusive A-blocket utan tillförsel) betraktas som enkelt, dubbelt och tredubbelt underhåll.

Handelsgödselkväve tillförs i medelgivorna 50, 100 och 150 kg pr ha och år, vilket innebär svag, normal och stark gödsling. Vall, vitsenap och höstvet får just medelgivorna. Kornet (med vallinsådd i Växtföljd I) får endast 30, 60 och 90 kg. Underskottet till korngrödan kompenseras i sockerbetorna, som sålunda får 70, 140 och 210 kg N pr ha. All N-gödsel ges som kalkammonsalpeter med ringa inverkan på markens kalktillstånd.

Sockerbetsgrödan får oavsett försöksled 200 kg koksalt pr ha för att tillgodose betornas Na-behov.

Beträffande alla övriga näringsämnen gäller att situationen hålls under kontroll med hjälp av växt- och jordanalyser samt observation av visuella bristsymptom. Efter det att klar brist på något ämne konstaterats, sätts gödsling in när omloppet i fråga slutförts och ett nytt påbörjas. Förfarandet har hittills blivit aktuellt beträffande magnesium; från och med femte omloppet med början 1973 gödslas försöken med Mg, 100 kg pr ha och omlopp i form av kieserit.

Innevarande år - det tjugofemte - vid sjunde växtföljdsomloppets början har försöksytorna kalkats för att motverka den försurning, som inträffat under de gångna sex omloppen och som varit praktiskt taget oberoende av växtföljden och gödslingen. Erforderliga kalkgivor har varit 1-2 ton CaO pr ha.

Några resultat

Skördeutvecklingen

Något av skördeutvecklingen under de gångna 24 åren illustreras i fig 2-6. Diagrammen visar skördeutvecklingen i de fyra gödslingsled, A0, B1, C2 och D3, i vilka PK-tillförseln och N-gödslingen följs åt. Uppdelning av materialet har skett dels på de båda växtföljderna, dels på tre goda resp tre svaga lokaler. Som goda lokaler har Fjärdingslöv, Örja och Västraby räknats, som svaga Örup, S Ugglarp och Ekebo. I diagrammen redovisas grödorna i tidsföljd, varvid varje enskild gröda har en stapel i diagrammet och staplarna har sammanförts i grupper om fyra representerande växtföljdsomloppen.

Som mätare för försöksskördarna har länsmedelskördarna i Malmöhus län använts. Länsskörden (bärgad skörd) för varje enskilt skördeår och varje enskild försöksgröda har satts till 100. Försöksskördarna uttrycks i relativtal, eller vad som blir detsamma i procent av länsmedelskördarna.

Detta sätt att redovisa skördeutvecklingen innebär dels att de olika grödorna samtidigt kan jämföras med varandra, dels att årsvariationerna i viss mån utjämnas. Detta om man förutsätter att årsmånen inverkar likartat på länskördarna och försöksskördarna. En nackdel är att länskördarna inte kan anses representera en fullt konstant skördenivå. Detta skall något belysas i det följande.

I fig 2 redovisas skördeutvecklingen i de led, som under perioden 1957-1976, de första fem omloppen, varit helt ogödslade och som har beteckningen A0. I alla de fyra redovisade fallen, på goda och svaga lokaler i Växtföljd I och Växtföljd II, visar skördarna en tydlig tendens att avta. Detta är helt naturligt eftersom odlingen utan gödsling medför en utarmning av växtnäringstillgången.

Det finns dock tydliga skillnader mellan de fyra fallen. Sålunda är skillnaden mellan de goda och svaga lokalerna påtaglig. Vidare har skördenivåerna legat högre i Växtföljd I än i Växtföljd II, varvid växtföljdskillnaden varit större på de goda lokalerna än på de svaga. Av de enskilda grödorna har vallarna klarat sig bäst utan gödsling och detta är särskilt markerat på de svaga lokalerna. Genomsnittligt för hela materialet har skördarna på den ogödslade jorden gått ned till ca hälften av länsmedelskördarna.

Fig 3 visar skördeutvecklingen vid svag gödsling (led B1). På de goda lokalerna har i Växtföljd I länsmedelskördarna i stort sett uppnåtts och någon tillbakagång med tiden är knappast märkbar. I Växtföljd II har avkastningen legat lägre och någon tillbakagång är antydd.

På de svaga lokalerna har växtföljdsskillnaderna varit små och skördarna - som är påtagligt lägre än på de goda lokalerna - visar en avtagande tendens. Vallgrödan i Växtföljd I har dock klarat sig bra och i genomsnitt kommit upp till länsnivån. I motsats härtill visar sockerbetorna i båda växtföljderna låga och avtagande skördar.

I fig 4 redovisas skördeutvecklingen i de ungefär normalt gödslade leden (C2) - ungefär dubbelt underhåll med PK + 100 kg N pr ha och år. Denna gödsling skiljer sig inte så mycket från vad det praktiska jordbruket använt under den gångna tidsperioden.

På de goda lokalerna har länsskördarna överträffats med i genomsnitt ca 10 procent och växtföljdsskillnaderna, som vid ingen och svag gödsling varit stora, är nästan utjämnade. I ingendera växtföljden visar skördeavkastningen någon tydlig tendens att med tiden ändras i förhållande till mätaren.

På de svaga lokalerna är skördeutvecklingens förlopp i det stora hela detsamma som på de goda. Skillnaden är att avkastningen i båda växtföljderna ligger ca 10 enheter under länsnivån i stället för ca 10 enheter över, som fallet är på de goda lokalerna. Påfallande är att vallgrödan i Växtföljd I gett relativt sett mycket goda skördar.

I fig 5 visas skördeutvecklingen i försöksleden med den starkaste NPK-gödslingen (D3). På de goda jordarna ligger skördenivån i genomsnitt ca 20 enheter över länsnivån. Tydliga växtföljdsskillnader och tendenser till ändringar i skördenivån med tiden går inte att iaktta. Samma förhållande gäller för de svaga odlingslokalerna men här har i genomsnitt länsskördarna ganska nära uppnåtts.

Skördestegringen vid övergång från normalgödsling (fig 4) till stark gödsling (fig 5) har varit relativt liten. Den starka gödslingen har inte visat någon tendens till fortlöpande skördeökning med tiden. Detta antyder att den inte varit ekologiskt motiverad; klimat- och markfaktorerna har inte tillåtit den ökade växtnäringstillgången att göra sig gällande utöver den måttliga engångslyftning av avkastningsnivån, som kom till stånd redan från början och vars ekonomiska berättigande inte utan vidare är säkerställt.

I fig 6 är det senaste (sjätte) växtföljdsomloppet 1977-80 sammanställt. Detta omlopp sammanfattar ganska väl vad som sagts i anslutning till de fem tidigare. Utan gödsling är växtföljdsskillnaderna stora till fördel för Växtföljd I, vilket även gäller vid svag gödsling men betydligt mindre vid normal och stark. Skillnaderna mellan de goda och svaga lokalerna är i regel tydliga. Det är de svaga lokalerna, som står för extremerna. Påfallande är vallgrödans obetydliga beroende av gödslingen på de svaga lokalerna samt sockerbetsgrödans synnerligen starka beroende av gödslingen på samma lokaler. Vid normal till stark gödsling överträffas länsmedelskördarna på de goda lokalerna men uppnås nätt och jämnt på de svaga.

Mätarens utveckling

Länsskördarna är ju inte i alla avseenden någon idealisk mätare för försöksskördarna. De kan ha ändrat sig under försökstiden, bl a beroende på att gödslingen ökats.

För att något belysa dessa förhållanden har fig 7-8 medtagits. De båda figurerna visar dels höstveteskördarna i M-län under senare tid, dels förbrukningen av handelsgödselkväve.

I fig 7 är det höstveteskördarna och N-gödslingen under perioden 1962-79 som redovisas. (De jämförs med motsvarande siffror från U-län, vilket inte skall diskuteras här). Skördekurvan är mycket taggig, framförallt beroende på väderlekens svängningar från det ena året till det andra. Skördesiffrorna kan dock utjämnas med en rät linje, som uppvisar en korrelationskoefficient på 0,52 och en årlig skördeökning på 62 kg kärna pr ha, vilket får anses vara en ganska betydlig siffra, som bl a har sin bakgrund i att N-förbrukningen stigit med 2 kg pr ha och år under perioden i fråga.

Hur mycket skördesiffran från ett enskilt år kan betyda illustreras av en jämförelse med fig 8. Den visar samma material som fig 7 med den skillnaden att år 1980 också medtagits, vilket var ett mycket svagt höstveteår i M-län (därtill inbegrips en jämförelse med H-län i stället för med U-län, vilket är ovidkommande i sammanhanget). Medtagandet av 1980 medför att korrelationskoefficienten går ned till 0,35 och den årliga genomsnittsökningen av skörden minskar till 40 kg pr ha. Det hela blir betydligt osäkrare.

Skulle man plockat ut de fem år under perioden 1962-80, då höstvete odlats i bördighetsförsöken, och försökt göra en trendberäkning på dem, hade resultatet blivit ännu mycket osäkrare. Det torde dock vara sannolikt att en utveckling mot stigande länsskördar ägt rum i Malmöhus län under den nu gångna tjugofemårsperioden även om den varit relativt osäker. Förhållandet innebär att tendensen till långsam nedgång i skördenivå i leden A0 (ogödslat) och B1 (svagt gödslat) kan ha något över-skattats under det att en svag tendens till högre skördenivå vid normal-gödsling (C2) och stark gödsling (D3) kan ha tappats bort. Någon stark tendens till avkastningsökning kan det dock inte ha varit fråga om.

Markens odlingsvärde

Markens odlingsvärde bestäms av dess förmåga att ge goda och säkra skördar liksom också att de naturliga betingelserna skall möjliggöra de insatser, som ligger i de odlarstyrda produktionsfaktorerna. Det är inte nödvändigt att en odlingsvärd mark av sig själv ger hög och säker avkastning - vilket är sällsynt - men gör den det inte, är det nödvändigt att den svarar positivt och starkt på odlarens insatser beträffande bl a gödslingen.

Dessa förhållanden låter sig diskuteras utifrån indelningen av bördighetsförsökens lokaler i goda och svaga. Har de svaga ett tillräckligt odlingsvärde, beror deras svaghet på dåliga naturliga betingelser eller på otillräckliga insatser från odlarens sida?

Vid utformningen av 1950- och 1960-talens restriktiva jordbrukspolitik satte man en gräns vid avkastningen 2000 skördeenheter pr ha. Marker med lägre avkastning borde dras ur produktionen.

Bördighetsstudierna visar nu att denna gräns - i varje fall under kreaturslösa förhållanden - utan gödsling underskrids på de svaga lokalerna - och av fig 6 att döma snart också på de goda. Gödslingar vi däremot normalt har vi inga odlingsmarker som ger så litet som 2000 ske pr ha. Med hjälp av gödslingen får vi lätt upp de svaga fälten till länets medelnivå och det gör dem utan tvekan till goda odlingsobjekt, globalt sett mycket goda.

Bördighetsstudierna har sålunda klarlagt och betonat att vi har goda grundbetingelser - klimat-markfaktorer - för växtodling i Sverige men att odlarinsatserna har ett avgörande inflytande på den naturgivna potentialens realiserande.

Detta betyder dock inte att de naturgivna betingelserna överallt skulle vara lika goda. Detta ger jämförelserna mellan de goda och svaga lokalerna besked om. Oavsett växtföljd och gödsling har de goda lokalerna överträffat de svaga med 15-20 enheter. Vi ha alltså en betydlig variation i de naturliga betingelserna. Detta betyder att de ur global synpunkt kan betecknas som goda till mycket goda samt att de alla är i stånd att ge stor och lönsam respons på odlarstyrda insatser.

Marken som reaktionssystem

Med god hjälp av isotoptekniken - för att återgå till den - har en användbar modell av marken som dynamiskt reaktionssystem kunnat uppställas. Modellen är angiven i fig 9.

Det dynamiska reaktionssystemet omfattar en kemisk eller oorganisk fas (figurens övre halva) och en biologisk eller organisk (figurens nedre halva). Förbindelselänken mellan faserna utgörs av markvätskan, som också mottar tillskott i form av nedfall och gödsling samt lider förluster genom växternas näringsupptagning, urlakning och avdunstning.

Reaktionerna inom den kemiska fasen styrs av koncentrationsändringarna i markvätskan; tillskott genom gödsling startar bindningsreaktioner, förluster genom växternas näringsupptagning startar utlösningsreaktioner. Reaktionsmönstret är gynnsamt för växterna och gynnsamt med avseende på markens näringshushållning. Nackdelar är att bindningsreaktionerna kan vara för kraftiga och att leveransen till markvätskan i samband med växternas näringsupptagning kan gå för långsamt. Dessa förhållanden illustreras bäst av fosforns kemiska reaktioner i marken. Normalt är helt obetydliga fosformängder lösta i markvätskan - något hekto eller i bästa fall något kilo pr ha. Detta betyder att skall grödan täcka sitt fosforbehov genom upptagning från markvätskan så måste dennas fosforinnehåll förnyas 20 till 100 gånger under vegetationsperioden. Detta är ett ganska strängt krav, som ställs på reaktionssystemets leveransförmåga och det är vanligt att marken inte klarar leveransen; växterna får inte sitt fosforbehov tillgodosett och grödan hämmas av fosforbrist.

Inom det biologiska delsystemet fungerar inte den nyss nämnda bindningsfrigöringsautomatiken på grundval av markvätskans koncentrationsändringar. Vad som utgör regleringsmekanismen inom det biologiska systemet är i stället markorganismernas aktivitet, vilken i sin tur styrs av deras energitillgång, alltså tillgången på omsättbar organisk substans, vilket i praktiken betyder skörderester eller omvandlingsprodukter därav, t ex stallgödsel. Det kan bli biologisk bindning av växtnäringsämnen när

grödorna skulle behöva dessa och det kan bli frigöring (mineralisering) vid tidpunkter, då någon växtupptagning inte försiggår. Detta senare gäller ju ofta för höstmånaderna, då nitratkväve ansamlas i marken för att sedan löpa risk att gå förlorat genom utlakning under vintern och förvåren.

De enskilda växtnäringsämnenas relationer till markens dynamiska reaktionssystem växlar från ämne till ämne. Somliga binds kraftigt - fosfor har nämnts som exempel - andra binds inte alls - t ex nitratkvävet. Fler-talet ämnen är till övervägande delen bundna i markens kemiska reaktionssystem; endast kvävet är nästan helt bundet i det biologiska systemet. Fosfor och svavel är starkt bundna i båda delsystemen.

Den principskiss över marken som reaktionssystem, som fig 9 ger uttryck åt, behöver åskådliggöras och bekräftas av fältundersökningar. Inte minst bördighetsförsöken är lämpliga för detta. I tab 2 har ett material sammanställts, som visar hur markens reaktionssystem fungerat med avseende på fosfor och kalium i dessa försök. Illustrationen görs med hjälp av de P-AL- och K-AL-bestämningar, som utförts på jordprover uttagna vid försökens början 1957 och vid sjätte växtföljdsomloppets avslutande 1980 samt den balansräkning över till- och bortförda P- och K-mängder, som utförts för den mellanliggande 24-årsperioden. Samtliga sex försökslokaler ingår i sammanställningen men den är begränsad till fyra försöksled, A0, B1, C2 och D3, vilka ingår i de tidigare diskuterade skördediagrammen, samt till Växtföljd II.

Tabellens vänstra halva visar fosforförhållandena i de fyra utvalda försöksleden på de sex försökslokalerna. Först redovisas de år 1957 funna P-AL-talen, vilka är och skall vara ungefär desamma i alla fyra leden. I påföljande kolumner anges fosforbalansen eller nettotillförseln resp -bortförseln av fosfor under åren 1957-80 dels i kg pr ha, dels i antalet P-AL-enheter, vilka utgör 25 kg pr ha. I sista kolumnen anges de på hösten 1980 funna P-AL-talen.

Om nu marken inte haft något reaktionssystem, som kunnat binda eller frigöra fosfor, skulle de ursprungliga P-AL-talen ha ändrats med det antal enheter, som anges i balanskolumnen. På Fjärdingslöv borde alltså 1980 års P-AL-tal ha blivit 0,9 i A0, 9,0 i B1, 22,5 i C2 och 38,0 i D3. Detta har emellertid inte inträffat. I A0 är i stället det funna värdet 3,2, vilket innebär att reaktionssystemet överfört fosfor i AL-löslig form allteftersom fosfor bortförts med grödorna. Leveransen har dock inte varit tillräcklig för att hålla P-AL-talet oförändrat.

I ledet B1 har P-AL-talet sjunkit trots att P-balansen varit positiv; reaktionssystemets bindningsprocesser har alltså övervägt över frigöringsprocesserna. I ledet C2 har det blivit en helt obetydlig ökning av P-AL-talet trots att nettotillförseln av P varit betydande; nettobindningen har varit omfattande. Detta är i ännu högre grad fallet i ledet D3 men här har ändock blivit utrymme för en påtaglig stegring av P-AL-talet, som ökat från 5,4 till 13,1. De övriga fem försökslokalerna uppvisar likartade förhållanden även om skilljaktigheter förekommer beträffande detaljerna. Man kan dra den slutsatsen att gödslingen i ledet C2 (ungefär dubbelt underhåll) erfordrats för att hålla bindning- och frigöringsprocesserna i ungefärlig jämvikt. Försöksperiodens gödsling har i leden C2 och D3 inneburit en betydande uppladdning av reaktionssystemets AL-olösliga P-reserver.

I högra halvan av tab 2 visas på helt motsvarande sätt försökslokalernas och försöksledens K-AL-tal och K-balans. I ledet A0 - helt utan K-gödsling - har den ganska stora negativa balansen helt kompensats av reaktionssystemets frigöringsprocesser; K-AL-talen är överlag något högre 1980 än de var 1957. I B1-ledet har status quo ungefär bibehållits; varken frigöring eller bindning av K har förekommit i någon större omfattning. I leden C2 och D3 med stor positiv K-balans har däremot en mycket stor nettobindning ägt rum. I detta avseende föreligger avsevärda skillnader mellan försöksjordarna. Fjärdingslöv och urbergsmoränerna Orup och S Ugglarp uppvisar större bindning - lägre K-AL-tal - än de övriga jordarna.

Här kan man naturligtvis fråga om den stora positiva nettobalansen av såväl P som K i leden C2 och D3 verkligen bundits i reaktionssystemet eller om det förekommit någon utlakning eller i varje fall nedvandring i alven.

På hösten 1980 uttogs alvprover från 25-50 cm djup och underkastades P-AL- och K-AL-analyser på samma sätt som matjorden. Resultaten redovisas i årsrapporten för 1980. De visar att en viss nedvandring i alven av P men i synnerhet av K ägt rum i de välgödslade leden C2 och D3, i synnerhet i det senare. Denna nedvandring behöver närmare undersökas men klart är att hela P- och K-balansen i dessa led inte bundits i matjorden utan vandrat ned i alven och vad K beträffar kanske i någon utsträckning även utlakats.

På motsvarande sätt kan man studera hur det biologiska reaktionssystemet fungerat. Vad som därvid är av primärt intresse är markens kol- och kvävebalans, de förändringar, som mullhalten (halten av organiskt bundet C) och halten av organiskt bundet N kan uppvisa. Därtill är den biologiska aktiviteten av intresse. Den kan mätas exempelvis med hjälp av CO₂- och nitratproduktionen från uttagna jordprover.

Jordprover för bestämningar av detta slag uttas från försöksytorna efter det att ett växtföljdsomlopp fullbordats, d v s senast under höstarna 1976 och 1980, efter 20 resp 24 års försökstid.

I tab 3 redovisas 1976 års halter av organiskt bundet C och N i medeltal för de sex försöksjordarna. Halterna är uttryckta i ton pr ha resp i kg pr ha i matjordslagret för de båda ämnena.

Vi vet sedan länge att vallgrödan med sitt klöverinslag i förening med användningen av stallgödsel verkar positivt på mullhalt och halt av organiskt bundet N. Växtföljd I bör därför uppvisa högre C- och N-halter än Växtföljd II. Tidigare har visats att gödslingen haft en stark skörde-stegrande verkan, vilket gäller såväl PK- som N-gödslingen. Parallellt med skördeökningen går ju en ökning av mängden skörderester, såväl i form av rötter och stubb som i form av halm och blast, vilka senare produkter helt och hållet nedbrukas i Växtföljd II. Härigenom bör gödslingen ha fått en positiv inverkan på mull- och N-halten genom de ökade mängder organisk substans och organiskt bundet N, som tillförts jordarna i de gödslade leden.

Båda förhållandena bekräftas av siffermaterialet i tab 3. Såväl C-halten som N-halten är något högre i Växtföljd I än i Växtföljd II och i synnerhet i Växtföljd II ökar halterna med tilltagande gödsling, framför allt med N (som givit de största skördeökningarna) men även med PK.

I relation till de stora mängder organisk substans och organiskt bundet N, som tillförts under 20-årsperioden, är dock de i tab 3 registrerade differenserna mellan växtföljderna och gödslingsleden obetydliga. Huvuddelen av det tillförda organiska materialet har konsumerats inom det biologiska systemet i marken; kolet har överförts i CO_2 , som avgått till atmosfären, kvävet har mineraliserats till ammonium och nitrifierats, varefter det till stor del förlorats genom denitrifikation och kanske också utlakning. Detta förlopp bekräftas av de mineraliseringsbestämningar, som utförts på de insamlade jordproverna.

Som exempel kan nämnas att totalmedeltalet för N-innehållet i Växtföljd I uppgår till 4 325 kg pr ha och i Växtföljd II till 4 125 kg. Under 20-årsperioden har fem vallar odlats och de har (tillsammans med stallgödselanvändningen) resulterat i att N-förrådet i marken blivit 200 kg större än i Växtföljd II. Per vallår är detta 40 kg N, ca 1 procent av totalinnehållet. Det är inte mycket men det är en tydlig effekt och vi kan dess bättre - inte vänta oss några snabba förändringar beträffande markens mullhalt och totalkvävehalt.

Vad har vi lärt oss?

En intressant och betydelsefull fråga är vad vi fått lära oss från bördighetsstudierna, som vi inte kunnat få veta på annat sätt.

Om någon varit i tillfälle att följa de relevanta nyheterna och tendenserna under hela den tidsperiod som vi haft experimentell mark- och växtnäringsforskning, d v s under de senaste 150 åren, skulle vederbörande säkerligen kunna konstatera att det nog inte är så mycket av direkta nyheter, som bördighetsstudierna givit. Deras stora betydelse ligger på ett något annorlunda plan. Med hjälp av dem har vi i många fall fått bekräftat och kvantifierat vad som tidigare endast kunnat förmodas. I synnerhet gäller detta de långsiktiga effekterna av förändringar i växtföljden och av olika växtnäringsinsatser. Som tidigare berörts har bördighetsstudierna också lärt oss att vi inte är så beroende av de naturgivna betingelserna som vi tidigare trott. Betydelsen av odlarinsatserna har underskattats.

Eftersom försöken drivs i fältmässig skala och med god anknytning till den praktiska växtodlingen blir de framkomna resultaten lätta att tolka och att applicera för praktisk växtodling. Resultaten blir mångsidiga och kan på ett eller annat sätt utnyttjas i så gott som alla de situationer som den praktiska växtodlingen ställs inför. Studiernas långsiktiga natur gör det möjligt att följa upp produktionsprocessen med alla dess konsekvenser och att mera effektivt samordna resultaten med annat kunskapsmaterial.

Bördighetsstudiernas möjligheter att direkt och i det långa loppet på ett lättfattligt sätt visa vad olika faktorer - klimat-mark, växtföljd och växtnäringsstillförsel - betyder för växtproduktionen behöver fortlöpande tillvaratas med avseende såväl på jordbrukets utövare som kanske ännu mera på kretsar utanför jordbruket - allmänekologer, politiker, massmedia och allmänheten. Det har beträffande dessa målgrupper visat sig att nytt material oavlatligt måste fram - gammal skåpmat duger inte, den må vara hur näringsriktig som helst. Bördighetsstudierna ger fortlöpande nya resultat och uppfyller sålunda detta krav.

Som exempel på ett sådant direkt fattbart resultat kan nämnas de värden på totala gödslingseffekten, som bördighetsstudierna givit; det är i medeltal inte mindre än hälften av dagens skördar, som hänger på den fortlöpande handelsgödselanvändningen. Hade vi inte haft denna direktbestämning av totala gödslingseffekten är det mycket troligt att vi i dag fått leva med långtgående restriktioner beträffande gödselanvändningen. Man hade inte uppfattat växtnäringstillförselns stora betydelse och menat att gödslingen kunde vi utan allvarligare konsekvenser för produktionen minska eller ta bort.

En intressant sak av annan art är att de förändringar, inte minst beträffande skördenivån, som skiljer de olika växtföljderna och gödslingleden från varandra, kommit fram så snabbt och därefter hållit sig på stabila nivåer. Genom ökade insatser har någon klar fortlöpande stegring av produktionen inte kunna åstadkommas. I och för sig kan detta synas nedslående men det understryker odlingsmarkens relativa stabilitet; de för odlingsvärdet grundläggande faktorerna förändras långsamt och effekterna av dessa förändringar överskuggas av de mera tillfälliga och rörliga förändringar i produktionsnivån, som framkallas av ändrad växtnäringstillgång genom gödslingsåtgärder eller växtföljdsomläggningar (Jansson 1981).

Ytterligare en uppgift för bördighetsstudierna - och andra långliggande försök - må här understrykas. Det är att den kan tjäna som underlag för specialarbeten, som skall föra kunskapsfronten framåt. Sådana undersökningar måste grundas på ett material, som har sin bakgrund väl belagd och redovisad. En sådan säker och med data väl belagd bakgrund - i bördighetsstudierna därtill rikt varierad - är så gott som omöjlig att få fram på annat sätt än i fastliggande försök.

Utblick

I dagens forskningspolicy ligger att man mera än hittills vill satsa på djuplodande, specialiserad forskning och mindre på tillämpad försöksverksamhet. Det kan helt säkert vara fruktbart att satsa på den djuplodande forskningen men man måste därvid vara medveten om att den i och för sig är otillräcklig. Den måste ha ett komplement av den typ, som bördighetsstudierna representerar. Bördighetsstudierna och liknande projekt kommer därmed att få ökad betydelse i framtiden om den nuvarande trenden beträffande forskningspolitiken fortsätter.

Orsaken härtill är att de nya rön, som kan komma fram inom den specialiserade forskningen, måste inordnas i helheten, d v s jordbrukets växtproduktion. I och med att man satsar alltmera på djuplodande, specialiserad forskning, desto färre forskare blir det, som kan arbeta med helheten, samordningen och syntesen. Har man då inte tillgång till material, som i sig själv omfattar hela produktionsprocessen - vilket projekt av typen bördighetsstudier gör - föreligger stor risk för att den djupgående forskningens resultat kommer att hänga i luften visavi det praktiska jordbruket.

Det är sålunda av stor vikt att det satsas på långliggande referens- och kontrollförsök samtidigt som den djuplodande forskningen stimuleras. I detta avseende kommer det inte att räcka med de nuvarande bördighetsstudierna. De behöver kompletteras med odlingssystemförsök med större spännvidd beträffande växtföljden och produktionsinriktningen än vad bördighetsförsöken har. Vidare måste de nya försöken vara utrustade för bestämning av vattenbalansen och utlakningsförlusterna av växtnäringssämnen och andra markbeståndsdelar.

Utvecklingen bör därmed innebära att samtidigt som försöksverksamheten tjänar den teoretiska forskningen kommer den också att närma sig praktiken. De specialiserade forskarna kommer med var sin lilla bit av det stora pussel, som växtodlingen utgör men eftersom de saknar överblicken över produktionssystemet, får de inte pusselbiten tillpassad och insatt på sin rätta plats. De behöver stöd av tillämpad försöksverksamhet och denna måste inbegripa långvariga referensförsök.

Å andra sidan behöver man inte endast diskutera forskning då det gäller att motivera referensförsöken. Deras resultat skall vara sådana att de i sina huvuddrag kan begripas av allmänheten och kanske t o m av massmedia. Resultaten skall direkt visa vad det ena eller andra odlings-systemet eller den ena eller andra produktionsfaktorn innebär. Det är jordbruket självt som är betjänt av sådana projekt, inte minst då det utsätts för påtryckningar, som inte enbart har med produktionsprocessen att göra utan inbegriper miljövärden och många andra mer eller mindre tungt vägande faktorer.

SUMMARY

The Swedish long-term soil fertility project was started in 1957. It is intended to follow up the consequences of the agricultural plant production for the fertility trends of the arable soils. Special interest is devoted to the roles played by the natural conditions on the one hand and the cultivation measures of the farmer on the other in the building up of soil fertility. In figure 1 the flow of experimental data is indicated.

The experimentation is intended to show how high a production can be reached and maintained under different conditions and also to what extent the different soil types and site conditions are able to withstand depletion and deterioration.

The variation in the natural conditions within the project is provided by the choice of experimental sites; they represent different climatic and soil conditions.

The cultivation measures varied in the experimental plan are the crop rotation (the type of agricultural production) including the use and handling of the crop residues, and the intensity of PK and N fertilization.

The experimental plan includes two crop rotations, one with a grass-clover ley for cattle production and one for farming without cattle.

In the former rotation straw and sugar beet tops are removed from the fields and farmyard manure is added. In the latter rotation all crop residues are worked into the soil and, naturally, no farmyard manure is used.

In each of the rotations four levels of PK fertilization are tested, one depletion level with no fertilization, one level with simple replacement fertilization, one with a slow enrichment fertilization (approximately doubled replacement) and one level representing rapid enrichment (approximately trebled replacement).

Within the four PK blocks of the two rotations four stages of N fertilization are arranged. They represent no, weak, normal, and heavy N supply.

Among the many results hitherto obtained, the following may be emphasized:

Typical yield levels determined by the natural conditions of the individual experimental sites were obtained with ample supply of plant nutrients. On the sites with weak natural conditions these yield levels were about equal to the mean county levels, on the favourable sites they were considerably higher.

Large yield differences between the crop rotations were obtained in favour of the rotation for cattle production when no or limited fertilization was applied. With ample fertilization the differences between the rotations were almost eliminated. The differences were so far explained mainly by the dinitrogen fixation of the grass-clover ley. The differences between the rotations were larger on the favourable sites than on the weak ones.

A lowering of the normal level of fertilization caused heavy decreases in yield on all sites. The arable soil, however, has turned out to be a rather stable ecosystem. Thus, the residual effects of fertilization performed before the start of the experiments have remained for considerable time. So far, these residual effects are not fully exhausted. In spite of this, the yield level of the unfertilized treatments has declined to about 55% of the mean county level in the grass-clover rotation and to about 40% in the non-cattle rotation.

An increase of the normal NPK fertilization by 50% caused immediately a limited rise of the yield level but no continuous trend towards higher yields has been observed.

On all experimental sites the added fertilizer nutrients have been satisfactorily utilized by the crops, either by yield increases or by increases in the nutrient contents of the plant material.

Annual P and K analyses of the soils, performed according to the AL (ammonium lactate) extraction method have been in good agreement with the yield results. It can be concluded that the chemical reaction system of the soils - the good as well as the weak ones - have been more liable to fix nutrients such as P and K than to release nutrients to the crops.

Therefore, simple replacement fertilization with P has been inadequate; net fixation has limited the yields and lowered the P-AL values. Double replacement has resulted in nearly optimum yields and maintained the P-AL status of the soils. Treble replacement has mostly been too ample. The yield increases compared with those obtained by double replacement have hardly been profitable and the P-AL values of the soils have increased considerably.

No measures intended to change the pH values of the soils are included in the experimental plan. In spite of this, a clear acidification of the soils has taken place during the experimental period. In 1981 - at the start of the seventh four-year rotation - the soils of the M series were limed in order to restore their original lime status.

The long-term soil fertility experiments provide a suitable and continuous basis for many soil and crop investigations which hardly can be performed under otherwise prevailing agricultural conditions. For example, the following up of the nutrient balances, leaching and acidification problems, accumulation of heavy metals, changes in soil organic matter contents and quality, changes in the soil microflora and in the biological activity of the soil, changes in soil structure, and so on.

Litteratur

- Franck, O. 1946. Halm-humusfrågan. KSLAT 85, 40-53.
- Jansson, S.L. 1948. Isotoptekniken som hjälpmedel inom växtfysiologien, markläran och gödselläran. KSLAT 87, 370-392.
- Jansson, S.L. 1951. Jordförstöringen. Överdriven katastrofteori eller ödesdiger realitet? Skand. Bankens Kvartalsskr. 32, H.2.
- Jansson, S.L. 1971. Use of ^{15}N in studies of soil nitrogen. Soil Biochemistr. Vol. 2, 129-166. New York.
- Jansson, S.L. 1975. Bördighetsstudier för markvård. Försök i Malmöhus län 1957-74. KSLAT, suppl. 10.
- Jansson, S.L. 1981. Riktlinjer för jordbrukets växtnäringsanvändning belysta av bördighetsstudier för markvård. KSLA Rapp. nr 5, 5-30, 140-143.
- Tamm, O. 1940. Den nordsvenska skogsmarken. Stockholm.

Tabell 1. Plan för M-serien av bördighetsstudierna

Table 1. Experimental design for the M series of the long-term soil fertility studies.

6 studiefält x 2 växtföljder x 4 PK-nivåer x 4 N-gödslingar = 192 försöksled x 2 samparceller = 384 försöksparceller

Studiefält	1 Fjärdingslövsgården 2 Orupsgården 3 Västraby	4 Örja 5 S Ugglarp 6 Ekebo
Växtföljder	I (med kreatur) Korn Vall Höstvete Sockerbetor (Stråsädeshalm och bet- blast bortförs. Stall- gödsel till sockerbetorna)	II (kreaturlös) Korn Oljeväxter Höstvete Sockerbetor (All halm och blast nedbrukas. Ingen stallgödsel).
PK-nivåer	A Ingen PK-gödsling B Underhåll (Tillförsel=bortförsel) C Långsams uppgödsling (Underhåll + 15 kg P och 40 kg K/ha och år) D Snabb uppgödsling (Underhåll + 30 kg P + 80 kg K/ha och år)	

N-gödslingsintensiteter 0, 1, 2 och 3

Siffrorna nedan avser kg N pr ha.

	Växtföljd I och II			
	0	1	2	3
Gröda				
Korn med Insådd (I), Korn (II)	-	30	60	90
Vall (I), Oljeväxter (II)	-	50	100	150
Höstvete	-	50	100	150
Sockerbetor	-	70	140	210
Summa kg N pr ha och växtföljd	-	200	400	600

Tabell 2. Bördighetsförsöken R3-9001, M-serien, P-AL- och K-AL-tal samt P- och K-balans i Växtföljd II 1957-1980

Table 2. Soil fertility experiments R3-9001, M-series, P-AL and K-AL and P- and K-balance i rotation II 1957-1980

Lokal	Led	P-AL och P-balans				K-AL och K-balans			
		P-AL 57	Balans kg/ha	57-80 enh.	P-AL 80	K-AL 57	Balans kg/ha	57-80 enh.	K-AL 80
Fjärd	A0	7,7	-170	-6,8	3,2	6,3	-445	-18	8,0
	B1	6,8	+56	+2,2	4,1	5,6	-7	0	7,5
	C2	6,8	+393	+15,7	7,4	5,7	+874	+35	10,0
	D3	5,4	+814	+32,6	13,1	5,9	+1846	+74	12,3
Orup	A0	3,1	-123	-4,9	1,7	8,0	-250	-10	8,3
	B1	2,9	+35	+1,4	2,2	7,8	+51	+2	8,5
	C2	2,1	+374	+15,0	4,6	8,3	+890	+36	11,5
	D3	2,6	+791	+31,6	8,5	6,9	+1861	+74	12,3
Västr.	A0	6,7	-125	-5,0	4,0	11,3	-282	-11	13,8
	B1	5,6	+40	+1,6	3,9	10,3	+64	+3	12,3
	C2	7,0	+394	+15,7	7,6	10,5	+910	+36	15,3
	D3	7,7	+823	+32,9	14,0	10,5	+1858	+74	22,8
Örja	A0	7,3	-296	-11,8	2,8	9,5	-412	-16	11,8
	B1	6,7	+26	+1,0	4,4	11,0	+7	0	11,8
	C2	7,4	+375	+15,0	8,0	10,8	+852	+34	15,0
	D3	8,4	+797	+31,9	12,9	11,5	+1839	+74	19,3
S. Uggel.	A0	7,5	-157	-6,3	2,5	8,0	-346	-14	6,3
	B1	5,4	+31	+1,2	2,9	7,8	+28	+1	6,8
	C2	5,6	+393	+15,7	6,1	8,3	+892	+36	10,0
	D3	4,6	+820	+32,8	9,4	6,9	+1842	+74	12,8
Ekebo	A0	8,2	-157	-6,3	3,7	7,6	-323	-13	8,5
	B1	8,3	+40	+1,6	5,4	8,7	+28	+1	12,5
	C2	8,0	+390	+15,6	9,0	10,0	+867	+35	17,3
	D3	7,8	+827	+33,1	13,4	10,8	+1832	+73	22,8

Tabell 3. Jordens innehåll av org C och N år 1976. Medeltal för 6 försöksfält. Halterna uttryckta i ton/ha resp i kg/ha i matjordslagret (0-20 cm)

Table 3. Contents of organic C and N in the experimental soils 1976. Means of 6 soils. The contents are given in tone/ha and kg/ha, respectively, in the top layer (0-20 cm).

Växt-följd	N PK	C-innehåll					N-innehåll				
		0	1	2	3	M	0	1	2	3	M
I	A	43,8	44,3	44,3	44,8	44,3	4075	4125	4250	4225	4175
	B	45,3	45,8	47,3	46,5	46,3	4050	4275	4375	4400	4275
	C	43,5	46,0	45,0	45,0	45,0	4100	4275	4325	4400	4275
	D	46,8	46,3	46,5	48,0	47,0	4575	4550	4450	4675	4575
	M	44,8	45,5	45,8	46,0	45,5	4200	4300	4350	4425	4325
II	A	39,8	41,8	42,8	42,5	41,8	3850	4050	4175	4250	4075
	B	41,0	43,5	44,3	44,8	43,5	3850	4050	4275	4300	4125
	C	39,8	42,0	42,8	44,0	42,3	3975	4075	4175	4275	4125
	D	40,3	41,5	41,8	43,8	41,8	3925	4050	4175	4450	4150
	M	40,3	42,5	43,0	43,5	42,3	3900	4050	4200	4325	4125

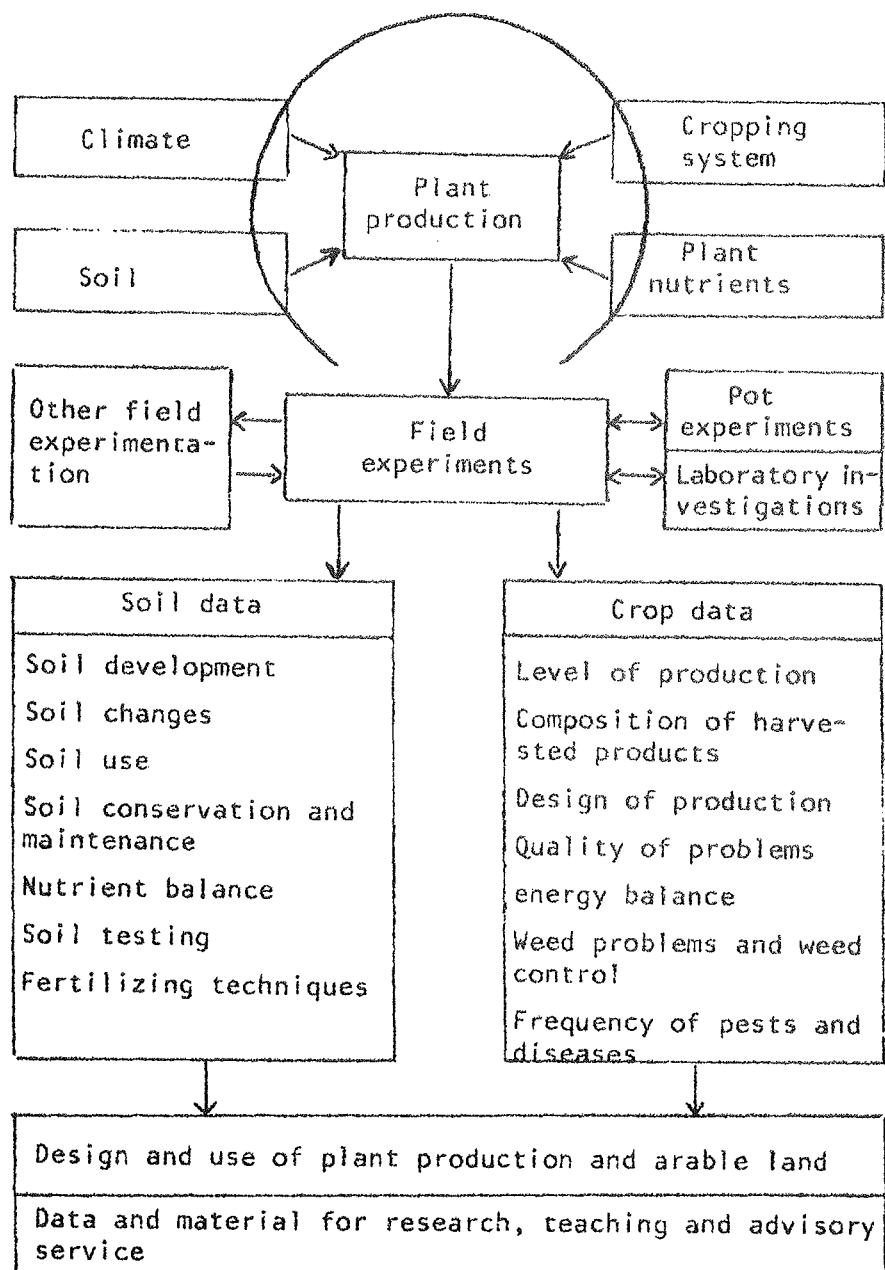
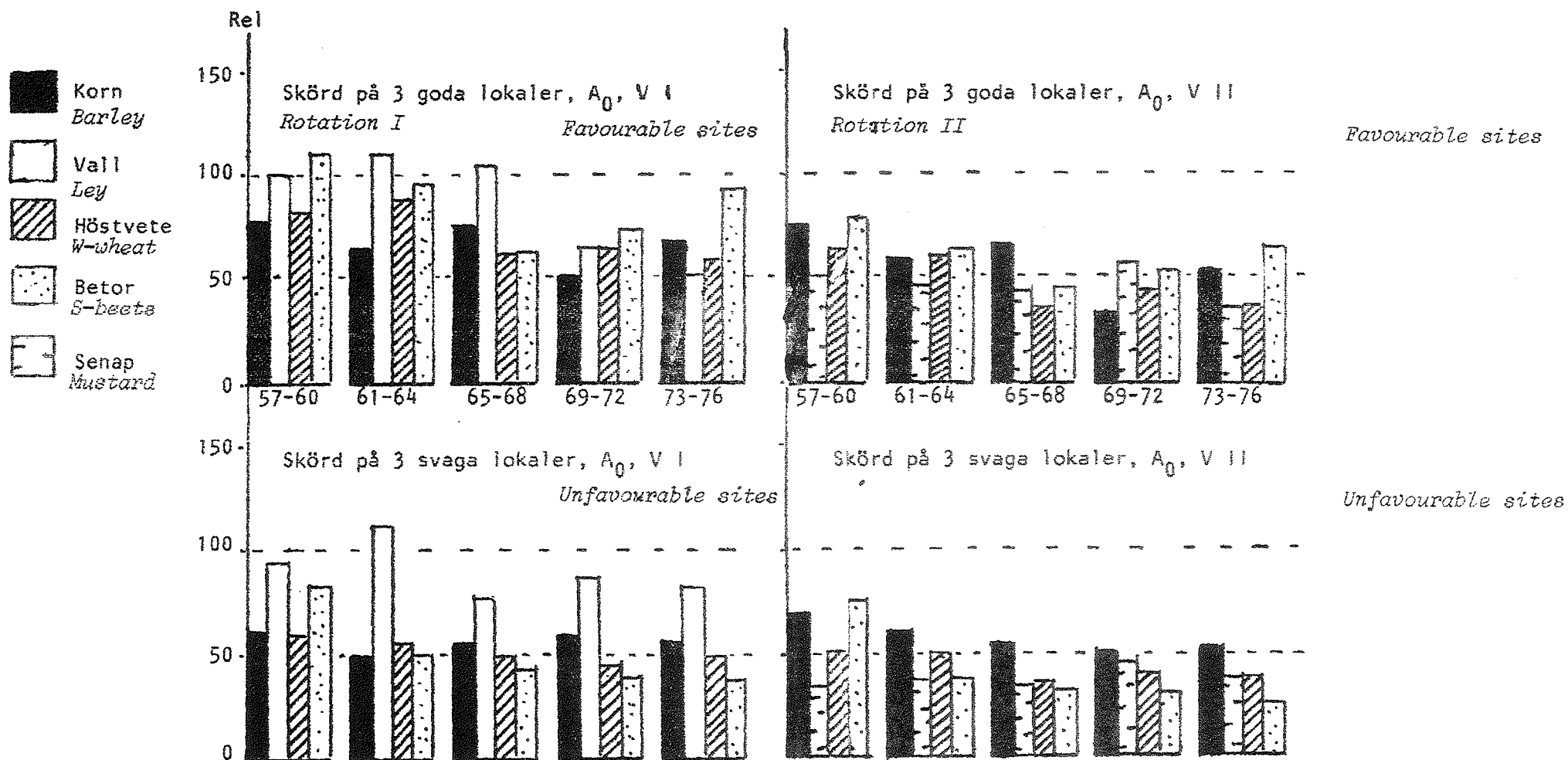
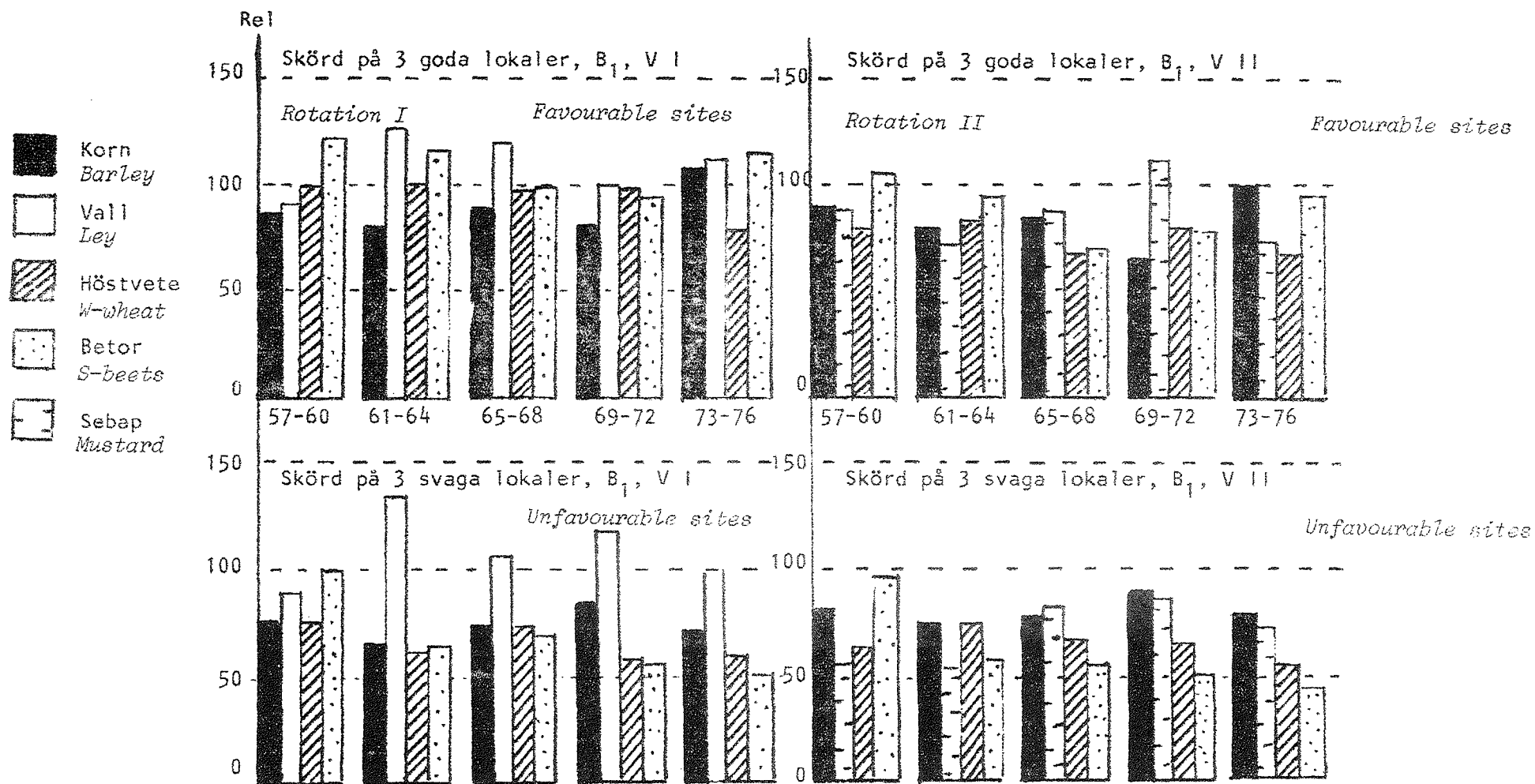


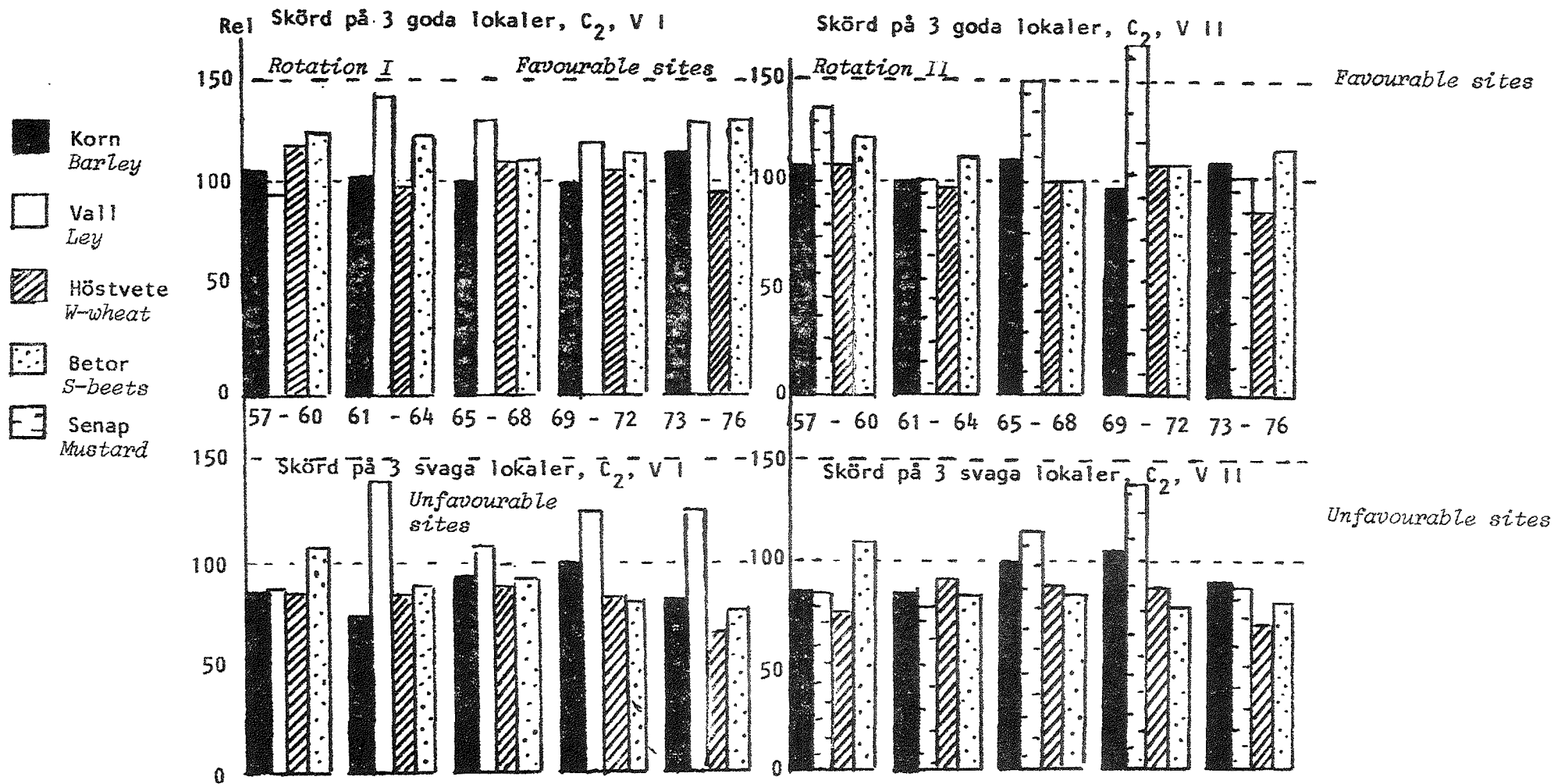
Figure 1. Schematic summary of the project Long-term soil fertility experiments



Figur 2. Skördediagram för ogödslade försöksled 1957-76
 Figure 2. Yield without fertilization (A_0) 1957-1976



Figur 3. Skördediagram för svagt gödslade försöksled 1957-76
 Figure 2. Yield at low level of fertilization (B_1) 1957-1976



Figur 4. Skördediagram för normalgödslade försöksled 1957-76
 Figure 4. Yield at normal level of fertilization (C₂) 1957-1976

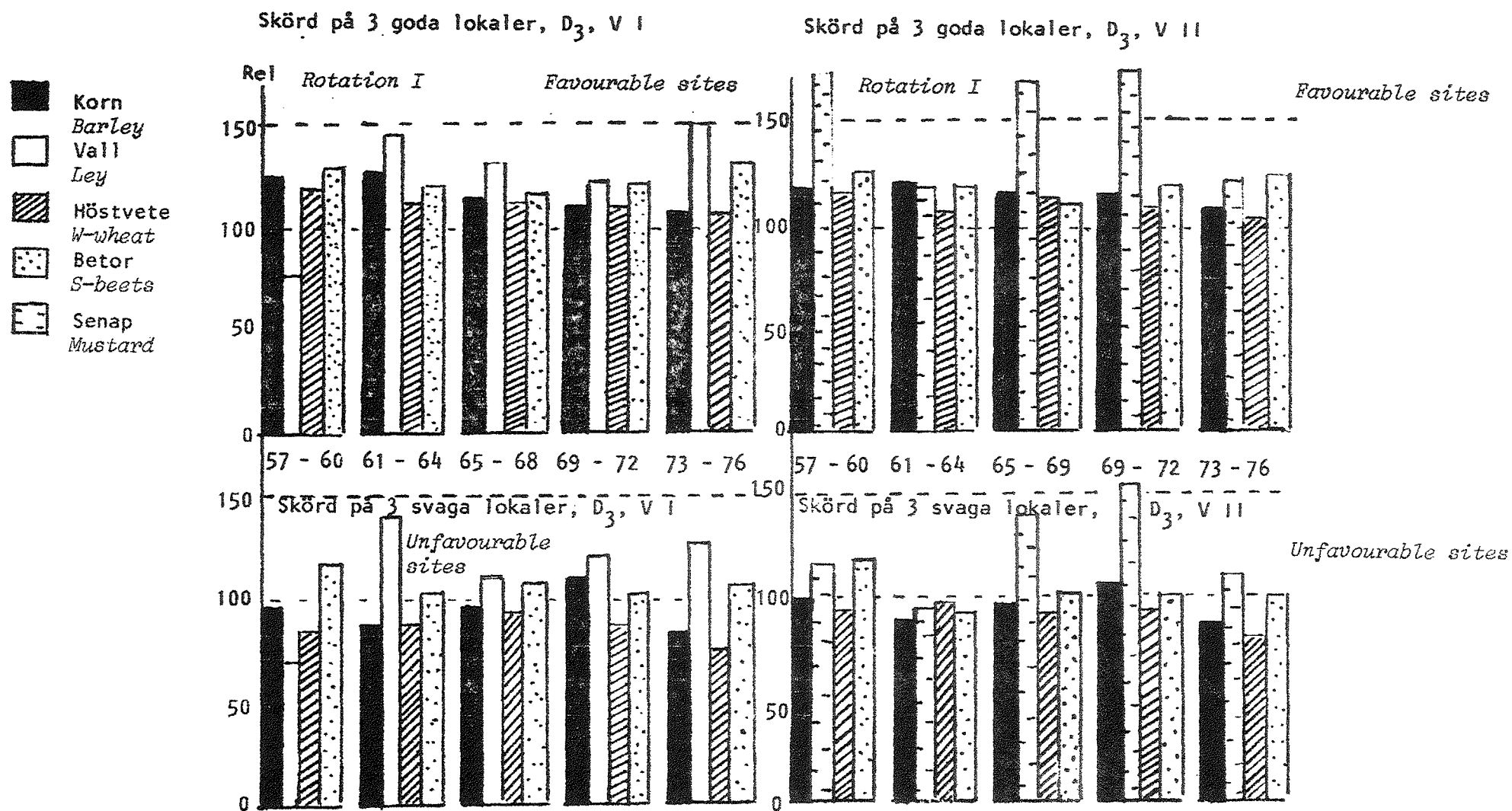
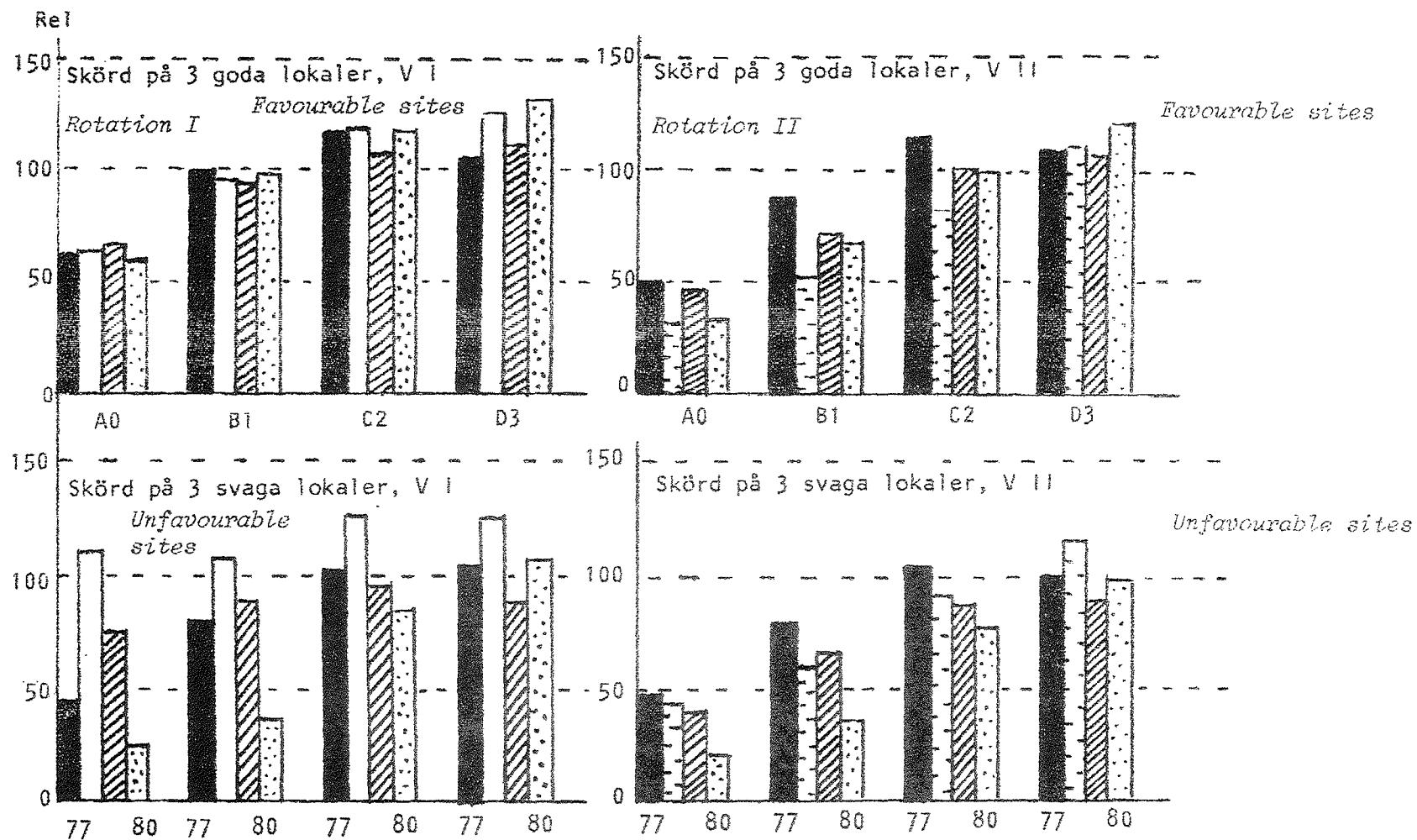
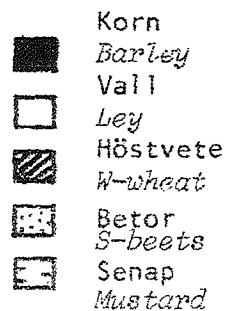


Fig. 5. Skördediagram för starkt gödslade försöksled 1957-76
 Fig. 5. Yield at high level of fertilization (D₃) 1957-1976



Figur 6. Omloppet 1977-80. Rel.skördar. Länsskördarna mätare
 Figure 6. Rotation 1977-1980. Rel. yields. Yields of the counties as reference (=100)

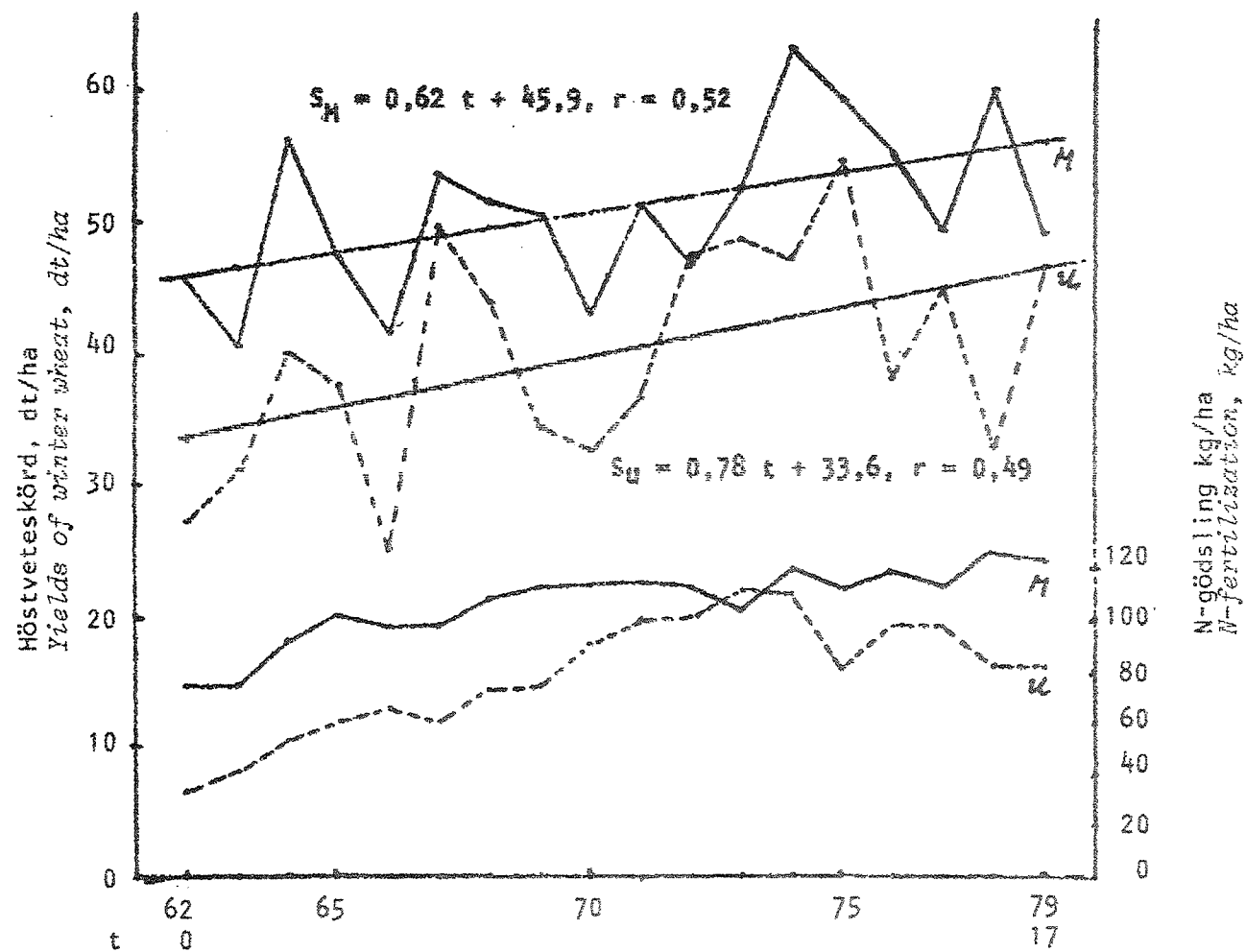
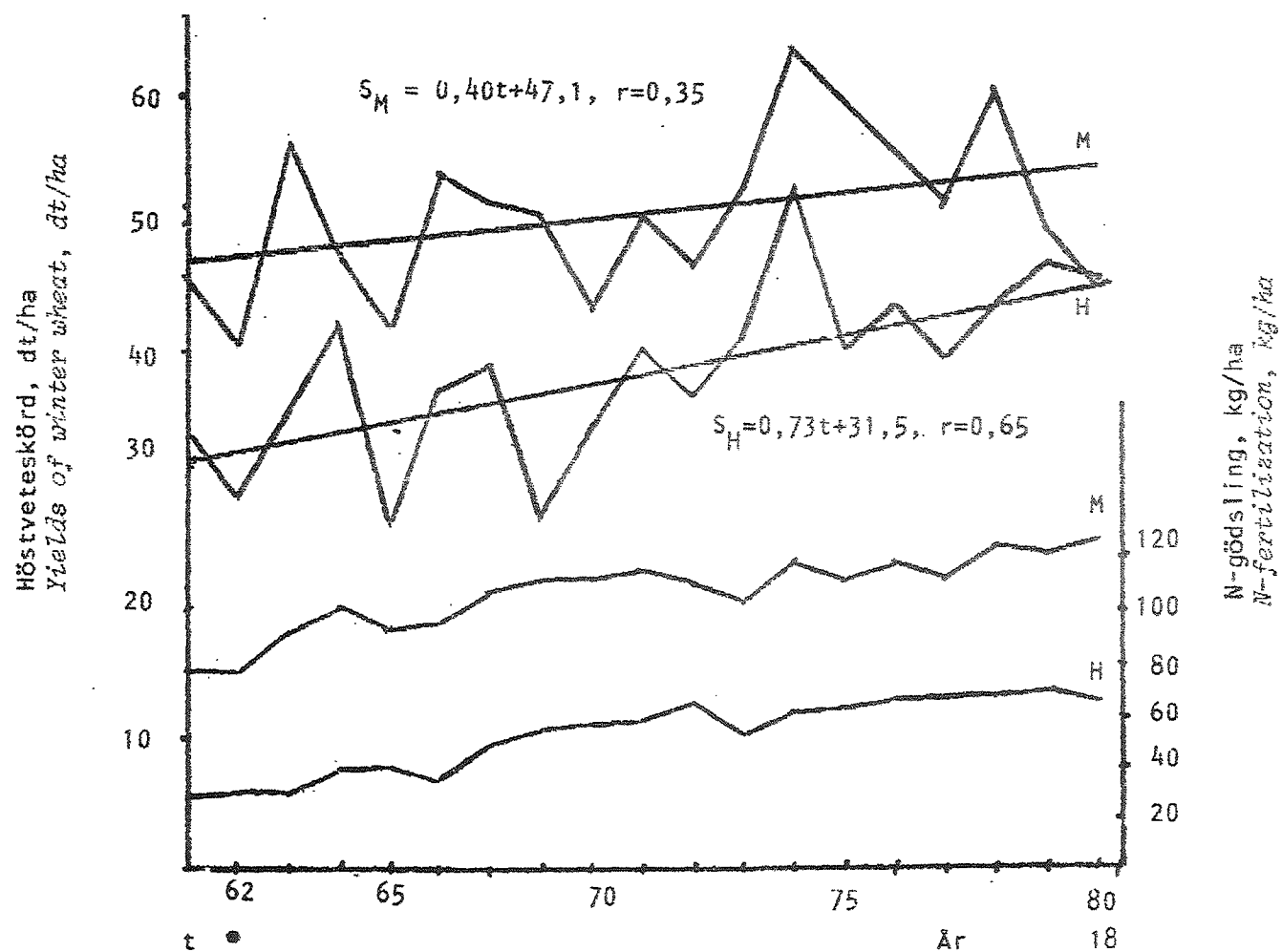


Fig. 7. N-gödsling och höstveteskördar (biol.skörd) i M- och U-län under perioden 1962-1979

Nitrogen fertilizing and yields of winter wheat in M and U counties 1962-1979



Figur 8. N-gödsling och höstveteskördar (biol. skörd) i M- och H-län 1962-1980

Figure 8. Nitrogen fertilizing and yields of winter wheat in M and H counties 1962-1980

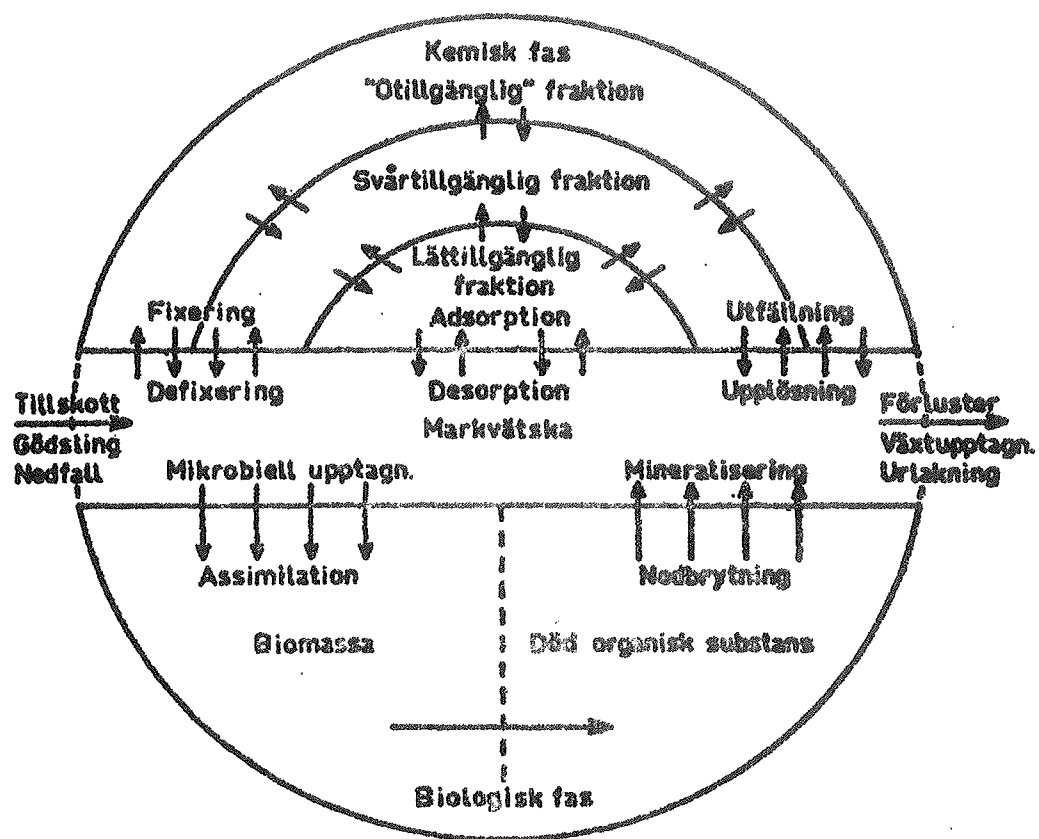


Fig.9. Markens dynamiska reaktionssystem

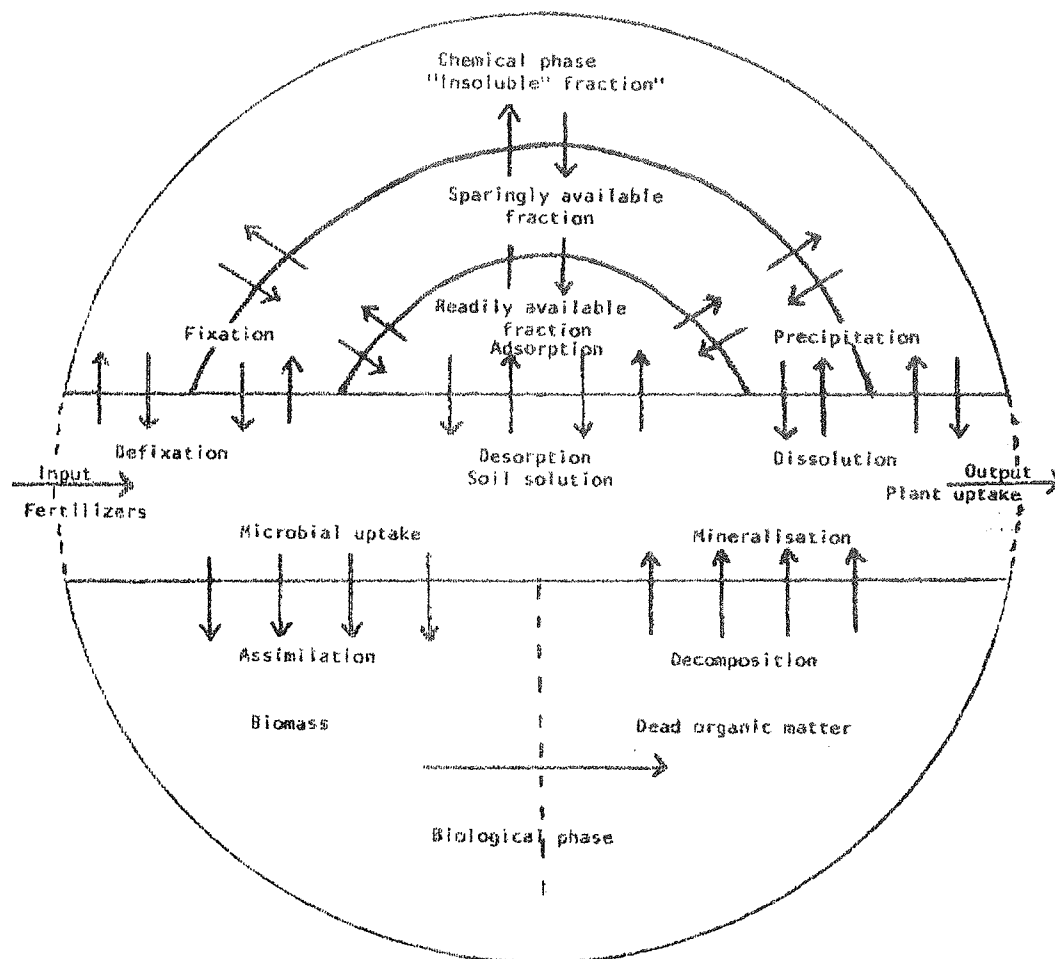


Figure 9. The dynamic reaction system of the soil

RAPPORTER FRÅN AVDELNINGEN FÖR VÄXTNÄRINGSLÄRA

Komplett serieförteckning, författar- och ämnesregister återfinns i rapport nr 100.

Nr	År	
101	1976	Håkan Skoug och Jan Persson: Försök med frit-preparat (mangan, bor och kopparpreparat).
102	1976	Lars Gunnar Nilsson och Olle Johansson: Långsiktiga effekter av gödsling med olika kväveföreningar, mikro-näringsämnen och svavel.
103	1976	Kalju Valdmaa: Funktionen i förmultningsklosett Toga.
104	1976	Hans Gerhard Jerlström: Rapport från två "fullständiga fastliggande gödslingsförsök" med handelsgödsel, stallgödsel och kalk. Riksförsöksserie R3-8083.
105	1976	Olle Johansson och Lennart Mattsson: Aminosyrasammansättningen hos fyra kornsorter vid extremt varierad kvävegödsling.
106	1976	Subrata Ghoshal: Specifika tungmetaller i systemet mark-växt, med särskild hänsyn tagen till riskerna för ekologisk förorening (En litteraturöversikt). (Engelsk text med svensk sammanfattning).
107	1976	Gyula Simán och Sven L. Jansson: Undersökning av proteininlagringens dynamik vid kärnbildningen hos vörvete.
108	1976	Kalju Valdmaa och Ulrich Schoeps: Omsättning av hus-hållssopor vid närvaro av DDT.
109	1977	Karl Olof Nilsson: Svavelverkan av superfosfater. Fältförsök i Skåne 1957-1973.
110	1977	Lennart Mattsson: Fördelning av kväve till gräsvall.
111	1977	Kalju Valdmaa: Funktionen i förmultningstoaletten "Biolo".
112	1977	Börje Lindén: Utrustning för jordprovtagning i åkermark.
113	1977	Gyula Simán och Sven L. Jansson: Undersökning av olika kornsorters respons för kvävetillgång i jorden.
114	1978	Lennart Mattsson och Tord Eriksson: Tillförselsätt för olika kvävegödselmedel till vårstråså. <i>Method of application for different nitrogen fertilizers to spring cereals.</i>
115	1978	Lennart Mattsson: Stigande mängder kväve till gräsvall i Mellansverige. <i>Nitrogen for grass dominated leys in central Sweden.</i>

Nr	År	
116	1978	Lennart Mattsson: Kvävegödsling på hösten till höstvete. <i>Nitrogen dressing in the autumn for winter wheat.</i>
117	1979	Gyula Simán: De permanenta kalkningsförsöken under 1962-1977 a) Markkemiska undersökningar och skörderesultat. <i>Long-term liming experiments 1962-1977</i> <i>a) Soil analyses and yield responses.</i>
118	1979	Subrata Ghoshal: Slampellet som växtnäringskälla 1. Utvärderingsförsök (1976-1978) <i>Sludge-pellets as a plant nutrient source</i> <i>1. Evaluation experiments (1976-1978).</i>
119	1979	Börje Lindén: Mineralkväveförrådets storlek och förändring i markprofilen vid odling av sockerbetor och korn. Studier i växtföljdsförsöken R4-001, R4-002 och R4-003 i Skåne 1978. <i>Mineral nitrogen supply in profiles of soils cropped with sugar beets and barley.</i> <i>Studies in crop rotation trials in Skåne, south Sweden, 1978.</i>
120	1979	Börje Lindén: Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. <i>Subsoil sampling with the "Ultuna Core Sampler".</i>
121	1979	Lennart Mattsson: Kväveintensitet vid olika markbördighet. Jordanalydata vid försöksstarten. <i>Nitrogen intensities at different soil fertilities.</i> <i>Soil analysis data at the experimental start.</i>
122	1979	Börje Lindén: Kvävegödsling baserad på bestämning av mineralkväveförrådet i marken. Lägesrapport om N-prognosverksamhet i några europeiska länder och i Nordamerika. <i>Nitrogen fertilizer recommendations based on determination of mineral nitrogen in soils.</i> <i>Research and extension facilities for N-prognosis in some European countries and in North America.</i>
123	1980	Lennart Mattsson: Vinterklimatets betydelse för kväveeffekten i vårstråsäd nästkommande vegetationsperiod. <i>Impact of winterclimate on the nitrogen effect on spring cereals nextcoming vegetation period.</i>
124	1980	Magnus Hahlin och Haldo Carlsson: Verkan av kväve, fosfor och kalium på avkastning och kvalitet hos några matpotatissorter. <i>The influence of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on yield and quality of some table potatoes.</i>

Nr	År	
125	1980	Börje Lindén: Mineralkväve i åkerjor­dar i Halland och Uppland. <i>Mineral nitrogen in cultivated soils in the Swedish provinces of Halland and Uppland.</i>
126	1980	Gyula Simán och Harry Linnér: Styrning av strå­sådesgrödans kärnavkastning och proteinhalt genom kvävegödsling efter växtanalys och genom bevattning. <i>Control of yield and protein in cereals by nitrogen fertilization based on plant analysis and by irrigation.</i>
127	1980	Karl Olof Nilsson: Skördeutveckling och omsättning av organisk substans vid användning av olika kvävegödsel­medel och organiska material. Undersökningar i ett ram­försök under 20 år. <i>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.</i>
128	1980	Jan Persson: Detaljstudium av den organiska substansens omsättning i ett fastliggande råmförsök. <i>Detailed investigations of the soil organic matter in a long term frame trial.</i>
129	1980	Janne Eriksson, avd för lantbrukets hydroteknik: Inverkan på markstrukturen av olika kvävegödselmedel och organiska material. <i>The influence on soil structure of different nitrogen fertilizers and organic materials.</i>
130	1980	Lennart Mattsson och Nils Brink: Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i>
131	1980	Magnus Hahlin, Lennart Johansson och Lars Gunnar Nilsson: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. I. Kärnförsök. <i>Effects of potassium fertilization depending on the balance between potassium and magnesium. I. Pot experiments.</i>
132	1981	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet­s rörelser och fördelning i marken. I. Litteraturöversikt. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate-N in the soil. I. Literature review.</i>
133	1981	Peder Waern: Spridningstidpunkt och tillförselsätt för flytande kvävegödselmedel till strå­såd. <i>Time and method of application of nitrogen solutions for cereals.</i>

Nr	År	
134	1981	Lennart Mattsson: Gödslingssystem. <i>Fertilizing systems.</i>
135	1981	Lennart Mattsson och Johan Biärsjö: Kvävegödsling till korn. <i>Nitrogen fertilization to barley.</i>
136	1981	Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel. <i>Balanced supply of complete plant nutrients.</i>
137	1981	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II. Metoder för mineralkväveprovtagning och -analys. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate in the soil. II. Methods of sampling and analysing mineral nitrogen.</i>
138	1981	Jan Persson: Växtföljdens och skörderesternas effekt på skördeutvecklingen. <i>Effect of crop rotations and harvest residues on the yield development.</i>
139	1982	Arne Gustafson och Lennart Mattsson: Tidig gödslingsprognos och grödans kväveförsörjning. <i>Fertilizer forecasts and the nitrogen supply of the crop.</i>
140	1982	Peder Waern: Höst- och vårspridning av kväve till höst-vete. <i>Autumn and spring application of nitrogen to winter wheat.</i>
141	1982	Lars Eric Andersson: Utrustning för jordprovtagning i markprofilen. <i>Equipment for soil sampling in the profile.</i>
142	1982	Lars Gunnar Nilsson: Borgödsling - små givor, kalktillstånd och till olika grödor. <i>Boron fertilization - small rates, level of lime and to different crops.</i>
143	1982	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. III. Inverkan av nederbördsförhållanden och vattentillgång, studier i modell- och ramförsök. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate-N in the soil. III. Influence of precipitation and water supply. Studies in model and frame experiments.</i>

Nr	År	
144	1982	Janne Ericsson och Göte Bertilsson: Regionala behov av underhållskalkning. <i>Regional needs of maintenance liming.</i>
145	1982	Börje Lindén: Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. IV. Inverkan av gödslingssätt och nederbörd. Studier i fältförsök. <i>Movement and distribution of ammonium- and nitrate-N in the soil. IV. Influence of N-application technique and precipitation. Studies in field trials.</i>
146	1982	Peder Waern och Jan Persson: Havrens kväveupptagning från olika djup i en styv lera. <i>Nitrogen uptake by oats from various depths in a heavy clay.</i>
147	1982	Under tryckning
148	1982	Under tryckning
149	1982	Lars Eric Anderson: Mineralisering och upptagning av kväve i två åkerjordar. <i>Mineralization and uptake of nitrogen in two cultivated soils</i>
150	1983	Käll Carlgren: Några analysmetoders användbarhet för uppskattning av kväve mineraliseringen i åkerjordar från Götaland och Svealand. <i>The usability of some methods for estimation of nitrogen mineralisation in arable soils from South and Middle Sweden.</i>
151	1983	S.L. Jansson: Tjugofem års bördighetsstudier i Sverige. <i>Twentyfive years of soil fertility studies in Sweden.</i>