



FIBL DOSSIER

*Erkjennelser fra 21 år
med DOK-forsøk*

Økologisk drift gir bedre jordfruktbarhet og større biologisk mangfold



Publisert av:

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Ackerstrasse, Postfach, CH-5070 Frick
Tel. +41(0)62 865 72 72, Fax +41(0)62 865 72 73
E-Mail: admin@fibl.ch, Homepage: www.fibl.org

Agroscope FAL Reckenholz
Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture
Reckenholzstrasse 191 Postfach, 8046 Zurich
Phone: ++41 (0)1 377 71 11
Fax: ++41 (0)1 377 72 01
E-Mail: info@fal.admin.ch
Homepage: <http://www.reckenholz.ch/>

Forfattere:

Andreas Fliessbach, Paul Mäder, Lukas Pfiffner (FiBL)
David Dubois, Lucie Gunst (FAL)

Medarbeidere:

Werner Stauffer, Padrout Fried (FAL)
Thomas Alföldi, Urs Niggli (FiBL)

Redaksjon:

Gilles Weidmann (FiBL)

Layout:

Silvia Schiffmann (FiBL)

Bilder omslag:

Joseph Hättenschwiler (FAL)
Christine Karutz und Lukas Pfiffner (FiBL)

© FiBL, FAL

Norsk oversettelse og bearbeiding:

Forsker Mathias Koesling, NORSØK
Fagkonsulent Grete Lene Serikstad, NORSØK
Forsker Anne-Kristin Løes, NORSØK
Daglig leder Erik Evenrud, Biologisk-dynamisk Forening

Dansk bearbeiding:

Prosjektleder Klaus Loehr-Petersen, Foreningen for Biodynamisk Jordbrug
Fagkonsulent Sven Hermansen, Økologisk Landsforening

Utgivere i Norge og Danmark:

Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK), N-6630 Tingvoll.
Biologisk-dynamisk Forening, Elias Hofgaardsgt.43, N-2318 Hamar
Foreningen for Biodynamisk Jordbrug, Birkum Bygade 20,
DK-5220 Odense SØ

Norsk layout og trykk:

Dialecta, Fakkeldgården, Storhove, N-2624 Lillehammer

ISBN: 82 - 7687 -118 -6

Forord

Forskningsinstituttet FiBL, (Forschungsinstitut für biologische Landwirtschaft) er ledende innen økologisk landbruk i Europa. En viktig grunn til denne posisjonen er nok DOK-forsøket, som sveitserne har vært svært flinke til å utnytte som forskningsarena. Listen over vitenskapelige publikasjoner som er basert på materiale fra dette forsøket er imponerende. Det er også en prestasjon at FiBL har greid å skaffe finansiering til et så omfattende forsøk gjennom en så lang periode. I tillegg til vitenskapelige artikler er resultatene fra DOK-forsøket også presentert i populærvitenskapelig form på en god måte. Biologisk-dynamisk forening har tatt initiativet til å utgi en norsk versjon av dette heftet. Norsk senter for økologisk landbruk har oversatt og bearbeidet teksten. Oversettelsen er skjedd i samarbeid med Biologisk-dynamisk forening i Norge og Foreningen for Biodynamisk jordbrug i Danmark. Enkelte ord er derfor oversatt til dansk. Parallell lesning av den norske og tyske utgaven vil avsløre at den norske teksten noen steder er mer kortfattet, andre steder mer utfyllende. Vår vurdering har vært at det er viktigere å få en lettlest tekst enn å oversette hvert ord fra originalteksten.

Biologisk-dynamisk forening og Norsk senter for økologisk landbruk vil takke FiBL som har vist stor velvilje ved å stille materialet til rådighet slik at det kan utgis på norsk. Den som ønsker å se nærmere på FiBL sine aktiviteter anbefales et besøk på hjemmesiden www.fibl.org, hvor det er omtale både på tysk og engelsk.

Mai 2004

*Hamar
Erik Evenrud
Biologisk-dynamisk forening*

*Tingvoll
Einar Lund
Norsk senter for økologisk landbruk*

Det schweiziske DOK-forsøg sætter fokus på nogle af de vigtigste mærkesager for det økologiske jordbrug: jordens frugtbarhed og mangfoldigheden af flora og fauna i og over jorden. Takket være forsøgets lange historie, praksisnære gennemførelse og videnskabelige tyngde har det et meget højt fagligt renommé. For en økologisk landmand er det meget positivt at få - endnu et - videnskabeligt belæg for det man oplever på sin bedrift: at økologisk dyrkning gør jorden mere levende og bekvem. Det er vigtigt for os jordbrugere, at vi får vores observationer bekræftet og belyst af forskere, så vi både internt og i dialogen med andre landmænd er godt fagligt funderet.

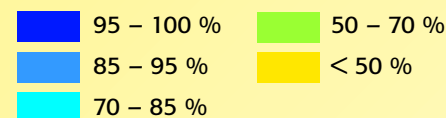
DOK-forsøget viser, at de økologiske dyrkningssystemer har en bedre energibalance, dvs. bruger mindre energi pr. kg produceret foder eller fødevarer end de konventionelle. Det betyder, at økologisk drift kommer nærmere sin målsætning om at være en bæredygtig dyrkningsform.

Denne norsk/danske oversættelse gør resultaterne av DOK-forsøget lettere tilgængeligt for en bred kreds af danske landmænd, studerende, konsulenter og politikere, og kan dermed blive et vigtigt element i debatten om landbrugets udvikling i Danmark. Vi vil gerne takke vores schweiziske og norske kolleger for deres indsats på hver sin måde, og Foreningen for Biodynamisk Jordbrug for deres initiativ til at få oversat dette hæfte fra den tyske originaludgave.

*Henrik Refsgaard
Formand for Brancheudvalget for økologisk planteavl i Økologisk Landsforening.*

Resultater fra 21 år med DOK-forsøk - kortversjon

	D Biologisk-dynamisk	O Organisk-biologisk	K Konvensjonell (integrert, IP)	Side
Innsatsfaktorer				
Gjødsel (<i>da. gødning</i>)				7
Energi				9
Kjemisk plantevern, (<i>da. pesticider</i>)				8
Mekanisk ugrasregulering				8
Avling (<i>da. udbytte</i>)				
				8
Jordfruktbarhet				
Lettløselig fosfor				12
Fosfor reserve (<i>da. pulje</i>)				12
Lettløselig kalium				12
Kalium reserve				12
Jordstruktur				13
Meitemark (<i>da. regnorm.</i>), biomasse og antall				14
Løpebiller, aktivitet				14
Mikrobiell biomasse				15
Mikrobiell aktivitet				16
Mykorrhiza/sopprot på røtter				17
Artsmangfold				
Ugras/følgeflora (<i>da. ukrudtsflora</i>)				18
Frøbank i jorda				18
Løpebiller				18
Meitemark (<i>da. regnorm</i>)				18
Mikroorganismer	høyere verdier i de økologiske systemene			



Resultater fra DOK-forsøket i Sveits, som har vært drevet i 21 år, viser at økologiske dyrkingssystemer (biologisk-dynamisk og organisk-biologisk drift) kan være ressursbesparende jordbruk. Det trengs langt mindre innsatsfaktorer, samtidig som avlingsnivået blir en del lavere enn i konvensjonelle systemer. Økologisk landbruk gir høyere biologisk aktivitet i jorda og en mer artsrik fauna av dyr som lever i jorda eller på jordoverflaten. Det blir også en rikere flora av andre planter enn kulturvekstene i jordbrukslandskapet.

Forkortelser og gjødselmengde

D1*	biologisk-dynamisk (<i>da. biodynamisk</i>), (0,6) 0,7 de/ha
D2**	biologisk-dynamisk, (1,2) 1,4 de/ha
O1*	organisk-biologisk (<i>da. økologisk</i>), (0,6) 0,7 de/ha
O2**	organisk-biologisk, (1,2) 1,4 de/ha
K1*	konvensjonell (= IP) halv normgjødsling, både husdyrgjødsel og mineralgjødsel (<i>da. handelsgødning</i>)
K2**	konvensjonell (= IP) normgjødsling, både husdyrgjødsel og mineralgjødsel
N	uten gjødsling
M**	konvensjonell (= IP) normgjødsling, bare mineralgjødsel

Tallene i parentes gjelder første og andre vekstskifteperiode (*da. sædskifte*)
de dyreenhet = Husdyrgjødsel tilsvarende 1 storfeenhet = 100 kg N pr. år.
IP integrert produksjon

* redusert gjødslingsmengde

** vanlig gjødslingsmengde

Begrepet "økologisk" blir i denne sammenhengen brukt som en samlebetegnelse for driftsmetodene biologisk-dynamisk (*da. biodynamisk*) og organisk-biologisk (*da. økologisk*). (*da = dansk*)

I starten var spørsmålet: Er økologisk landbruk gjennomførbart?

På begynnelsen av 70-tallet var de fleste av både praktikere og forskere innen landbruket skeptiske til om landbruk uten bruk av kjemisk-syntetiske hjelpemidler var mulig. Noen framtidsretta pionerer i Sveits ønsket å begynne med forskning innen økologisk landbruk. De måtte etter hvert gi opp håpet om at et etablert forskningsinstitutt ville satse på økologisk landbruk, selv om de fikk en del støtte fra politikere og vitenskapsfolk. Det var nødvendig å finne ut om økologisk landbruk i det hele tatt var mulig å gjennomføre. I det sveitsiske forskningsmiljøet fantes det ikke vitenskapelig kompetanse på økologisk landbruk på dette tidspunktet. Derfor ble Forskningsinstituttet for biologisk landbruk (FiBL) opprettet i 1973.

I samarbeid med FiBL fikk den daværende “Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene” (FAC) i 1974 i oppdrag fra Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) å sammenligne forskjellige driftssystemer i et langvarig feltforsøk: biologisk-dynamisk (D), organisk-biologisk (O) og konvensjonell (K) drift. Da FAC ble avviklet overtok „Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau” (FAL) ledelsen.

DOK-forsøket er enestående. Ikke noe annet sted har virkningen av biologisk-dynamiske, organisk-biologiske og konvensjonelle dyrkingssystem blitt sammenlignet i et vitenskapelig forsøk over så lang tid. Resultatene bidrar til å avdekke sterke og svake sider ved de forskjellige dyrkingssystemene og å finne ut hvordan systemene kan optimaliseres. Materialet fra DOK-forsøket brukes nå i mange laboratorier til å utvikle nye og å forbedre kjente metoder for å beskrive jord- og næringsmiddelkvalitet. Uten dette langtidsforsøket hadde slikt (*da. sådan*) forsøksarbeid ikke vært mulig.

Resultatene fra mer enn 20 års forsøk har bidratt til å stimulere diskusjonen om dyrkingssystemene, og til at økologisk landbruk i dag har en mye større anerkjennelse i Sveits. Spørsmålet om økologisk landbruk er gjennomførbart er blitt besvart i praksis, ved at mer enn 5.000 gårder i Sveits nå drives økologisk. Derfor er dagens forskning konsentrert om grunnleggende prosesser i matjorda (*da. jordbunden*) og de økologiske dyrkingsmetodenes langvarige effekt på omgivelsene.

Ved utgivelsen av dette heftet ønsket ledelsen for forsøkene å takke BLW, veiledende bønder og forsøksteknikere for mangeårig støtte og utrettelig innsats. Spesiell takk rettes til alle deltakende forskningsinstitutt i Sveits og i andre land.

Urs Niggli, Direktør FiBL



Forskere, forsøksteknikere og økobønder i veiledningsgruppa ved den årlige markdagen i 1991: Tiltak og mulige forandringer for økologiske systemer diskuteres.

Forsøket ligger i Leimental, en stor dal i nærheten av Basel i Sveits, 300 meter over havet. Forsøksfeltet er topografisk ganske ensartet og heller litt mot nord. Området ligger ved elven Birsigbach. Tidligere ble arealet på grunn av fare for oversvømmelse brukt ekstensivt, som varig eng eller beite (*da. varig græs*). I dag brukes arealet til intensiv dyrking av åkervekster (*da. planteavl*), bl.a. grønnsaker.

Hovedforskjellen mellom systemene ligger i strategiene for gjødsling og plantevern, mens vekstskifte (da. sædskifte) og jordarbeiding er noenlunde likt.

Lokalitet og jord

Området der DOK-forsøket er plassert har lenge vært brukt som åkerareal (*da. agerjord*) (1957-1973: vekstskifte med kløvergras, 1973-1975: korn og grønnsaker, 1976 havre). I mai 1977 ble arealet sådd til med kløver og gras. Våren 1978 startet forsøket med potet (*da. kartoffel*), vårhvete og bygg.

Den årlige gjennomsnittstemperaturen er 9.5°C, og årsnedbøren er 795 mm i området.

Forsøket ligger på løssjord med 15% sand, 70% silt og 15% leire (*da. ler*) (svarer til JB6).

Jorda er en moderat godt drenert pseudogleyparabrunjord, utviklet i et sjikt med 0.9-1.3 m løss.

Driftssystemene

Driftssystemene biologisk-dynamisk (D) og organisk-biologisk (O) gjennomføres i henhold til regelverket for disse driftsformene. Det konvensjonelle (K) systemet blir gjennomført etter prinsipper for integrert produksjon.

Alle de tre dyrkingssystemene får organisk gjødsel. Fra starten av den andre vekstskifteperioden har det også vært med et ledd (M) som utelukkende får mineralsk gjødsel. Helt siden forsøket startet har det vært med et ledd (*da. parcel*) (N) uten gjødsling, som ellers blir behandlet som D-leddet. Ledd M skulle i utgangspunktet brukes for å undersøke virkningen av kjemiske plantevernmidler.

Gjødsling

I de to første vekstskifteperiodene ble det brukt gjødsel tilsvarende 0.6 de/ha ved lavt gjødslingsnivå og 1.2 de/ha ved vanlig gjødslingsnivå. Ved oppstart av tredje vekstskifteperiode ble gjødslingen økt til 0.7 og 1.4 de/ha. De økologiske dyrkingssystemene ble gjødslet med små mengder husdyrgjødsel gjennom hele vekstskiftet, mens husdyrgjødsel til konvensjonell dyrking bare ble gitt til radvekstene (*da. rækkeafgrøder*).

Gjødslinga til de konvensjonelle systemene var i henhold til «anbefalinger for gjødsling til åker- og engvekster» fra et sveitsisk forskningsinstitutt.

Hovedforskjeller mellom systemene

System	Biologisk-dynamisk		Organisk-biologisk		Konvensjonelt		Mineralsk	Ugjødsla
	D1	D2 *	O1	O2 *	K1	K2 *	M *	N
Gjødsling								
Husdyrgjødsel	Kompostert fastgjødsel, bløtgjødsel (<i>da. gylle</i>)		Fastgjødsel med halm ¹ , våtkompostert blautgjødsel (<i>da. belutet gylle</i>)		Fastgjødsel ² , blautgjødsel (<i>da. gylle</i>)		–	–
Husdyrgjødsel, dyreenheter	(0.6) 0.7	(1.2) 1.4	(0.6) 0.7	(1.2) 1.4	(0.6) 0.7	(1.2) 1.4	–	–
Mineralgjødsel	–		Steinmjøl, (<i>da. stenmel</i>) kalimagnesia		Supplering med mineralsk NPK-gjødsel		Bare mineralsk NPK-gjødsel	–
Plantevern								
Ugras	Mekanisk				Mekanisk og kjemisk			Mekanisk
Plantesykdommer	Forebyggende				Kjemisk (ved skadeterskel)			Forebyggende
Skadedyr	Planteekstrakter og rovinsekter				Kjemisk (ved skadeterskel)		Planteekstrakter og rovinsekter	
Annet	Bio.dyn. preparater		1977-1991: Kobber til potet (<i>da. kartofler</i>)		Stråforkorter			Bio.dyn. preparater

* Vanlig gjødslingsnivå. Alle resultater i heftet tar utgangspunkt i dette gjødslingsnivået. Tallene i parentes gjelder 1. og 2. vekstskifteperiode
 1) Tysk 'rottemist', dvs. gjæret/kompostert gjødsel. 2) Tysk stapelmist, dvs. mødding, gjødsel i haug (*da. stak*), ikke kompostert

Vekstskifte (da. sædskifte)

1. Vekstskifteperiode 1978–1984	Sort	2. Vekstskifteperiode 1985–1991	Sort	3. Vekstskifteperiode 1992–1998	Sort
1. Potet*** og grønngjødsel	Ostara	1. Potet og grønngjødsel	Désirée	1. Potet og grønngjødsel	Désirée
2. Høstvetete og grønngjødsel*	Probus	2. Høstvetete og grønngjødsel	Sardona	2. Høstvetete og grønngjødsel	Ramosa/Tamaro
3. Hodekål (da. hvidkål)	Wädenswiler Original	3. Rødbeter	Mobile	3. Rødbeter	Mobile
4. Høstvetete (da. vinterhvede)	Probus	4. Høstvetete	Sardona	4. Høstvetete	Ramosa/Tamaro
5. Høstbygg (da. vinterbygg)	Gold	5. Høstbygg	Gerbel/Triton	5. Eng 1	Standard- blanding 430
6. Eng 1**	Standard- blanding 330	6. Eng 1	Standard- blanding 330	6. Eng 2	Standard- blanding 430
7. Eng 2	Standard- blanding 330	7. Eng 2	Standard- blanding 330	7. Eng 3	Standard- blanding 430

* (da. vinterhvede med efterafgrøde) ** (da. kløvergræs 1. år) *** (da. kartoffel)

Vekstskifte, sortsvalg og jordarbeiding

Vekstskiftet er det samme i alle dyrkingssystemene, og er et kompromiss mellom de forskjellige målene for systemene. Vanligvis er det forskjellige vekstskifter i de forskjellige dyrkingssystemene.

Vekstskiftet ble noe forandret ved begynnelsen av hver omløpsperiode (da. omdriftsperiode). Alle involverte deltok i diskusjonen om disse endringene, og det ble tatt hensyn til synspunkt fra både praksis og forskning. Sortsvalgene er også kompromisser mellom kravene fra både konvensjonelt og økologisk landbruk. Det er ingen forskjell mellom jordarbeiding og tillaging av såbed, men radrensing skjer oftere i de økologiske systemene.

Det er fire gjentak (da. gentagelser) for hvert forsøksledd, men bare tre av de 7 vekstene (da. afgrøde) i omløpet dyrkes hvert år. Ved starten av forsøket startet man omløpet (da. omdrift) på tre forskjellige steder; i potetåret, i det andre året med høstvetete og i høstbygg. Dermed er de forskjellige vekstslagene (da. afgrødetyper), korn, radkulturer og eng, representert hvert år. Totalt består forsøket av 96 ruter (da. parceller), hver på 5 x 20 m.

Forsøket pågår fremdeles, og i perioden 1999–2005 er vekstskiftet endret ved at rødbeter er erstattet med soya-bønner og grønngjødsel. Fjerde året er det silomais, deretter høstvetete og toårig eng.

Gjødsling og plantevern

I gjennomsnitt for de tre vekstskifteperiodene fra 1977 til 1998 fikk de økologiske dyrkingssystemene mindre mengder av makronæringsstoffene N, P og K. Alle systemene fikk tildelt omtrent like mye organisk materiale, men næringsinnholdet i gjødsla varierte noe. I den tredje vekstskifteperioden fikk D-leddene tilført husdyrgjødsel fra en annen bio-dynamisk gård enn tidligere. Dette medførte at kaliumtilførselen ble nesten fordoblet.

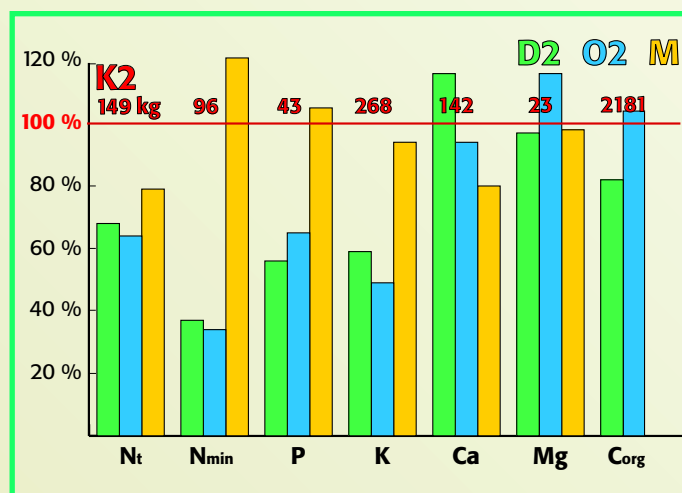
Åkervekstene i konvensjonelle parseller ble behandlet i snitt 3.6 ganger per år med plantevernmidler. D- og N-

parsellene ble flere ganger årlig behandlet med kuhornpreparat (da. humuspreparat) og kiselpreparat.

På grunn av høyt smittepress ble det brukt mest sprøytemidler ved potetdyrking (opp til 9 sprøytinger i konvensjonell dyrking). Også i økologisk dyrking ble potetene direkte behandlet, spesielt med kobber mot tørrrøte (da. kartoffelskimmel) (*Phytophthora infestans*) i organisk-biologisk dyrking og preparater med *Bacillus thuringiensis* mot Coloradobille i begge de økologiske systemene.

Gjødsling og plantevern ble gjennomført etter vanlig praksis for de forskjellige dyrkingssystemene.

Gjennomsnittlig tilførsel av næringsstoff per hektar og år (1978–1998), relative verdier, K2 = 100 %



De økologiske systemene ble tilført betydelig mindre næringsstoff enn de konvensjonelle systemene. I forhold til det konvensjonelle systemet K2 ble de økologiske systemene tilført ca. 65% av mengden med nitrogen, ca. 60% fosfor og ca 55% kalium. Nt = Total N-mengde.

Nmin = sum av nitrat og ammonium

Gir økologisk dyrking tilfredsstillende utbytte?

Avlingsnivået ved økologisk dyrking er lavere enn i dyrkingssystem med mineralsk gjødsel og hyppig bruk av kjemiske plantevernmidler. En må forvente i gjennomsnitt 20% lavere utbytte ved slik dyrking.

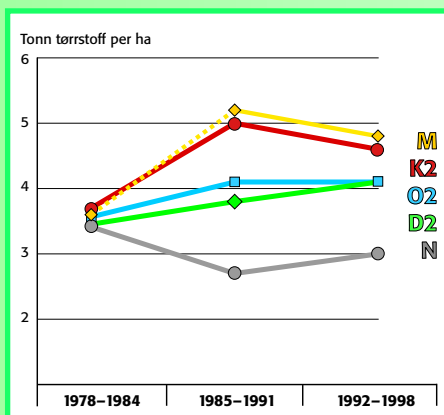
I de økologiske dyrkingssystemene ble det brukt halvparten så mye gjødsel og ikke-fornybar energi, og med unntak av kobber (fram til 1991) ble det ikke brukt kjemiske plantevernmidler. Likevel ble avlingen i forhold til konvensjonell drift bare redusert med 21%. Dette tyder på at planter som vokser i økologisk dyrka jord har fordel av røttenes symbiose med *Rhizobium*-bakterier og mykorrhiza.

Avlingsnivået i potet (*da. kartoffel*) har vært mye lavere ved økologisk enn ved konvensjonell drift. Dette skyldes nok at potet har et høyt næringsbehov, en kort vekstperiode og er meget mottakelig for skadegjørere.

På grunn av et godt fungerende vekstskifte og mekanisk ugrasregulering (*da. ukrudtsregulering*) var det lite konkurranse fra ugraset. Bruk av direkte planteverntiltak i konvensjonelt system ga likevel mer stabile avlinger ved konvensjonell drift.

Fortsatt drift av forsøket vil vise om de økologiske systemene kan kompensere for lavere innhold av næringsstoff i jorda gjennom mer intensive omdanningsprosesser.

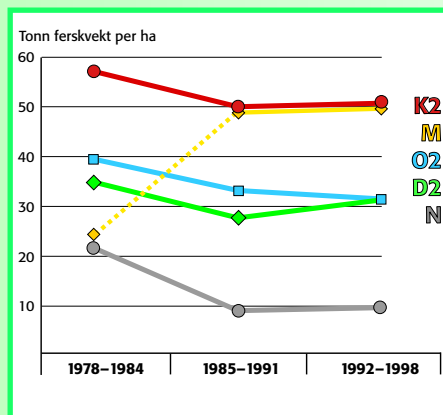
Høsthvete, avling tonn tørrstoff per ha



For høsthvete var avlingen på de økologiske arealene 86-90% av avlingen på de konvensjonelle arealene. I den første vekstskifteperioden var avlingsforskjellene ganske små.

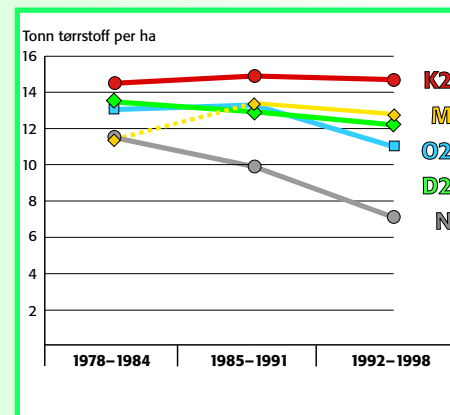
På grunn av forbedret dyrkingsteknikk og bedre sortsmateriale økte avlingene i den andre vekstskifteperioden for alle dyrkingssystemene. Avlingen for økologisk drift er nå rundt 4.1 tonn per hektar. Hveteavlingen uten gjødsel var overraskende høy, ca 3 t per hektar.

Potet, avling tonn per hektar, ferskvekt



I de økologiske systemene var potetavlingene 58-66% av avlingene i de konvensjonelle systemene. Dette viste seg allerede kort tid etter omlegging. Både totalavling og salgbar avling var lavere i de økologiske systemene på grunn av flere mindre poteter og mer skade av kjøllmark (*da. smælderlarver*).

Gras-kløvereng, avling 1. og 2. engår, tonn tørrstoff per hektar



Engavlingene (gras og kløver) i 1. og 2. engår i de økologiske systemene var 87-89% av avlingene i K2. I den tredje vekstskifteperioden ble avlingsforskjellen mellom økologiske og konvensjonelle systemer større. Dette har muligens sammenheng med bruk av en annen frøblanding og en litt lavere andel husdyrgjødselmengde til eng. Den lille forskjellen mellom de to økologiske systemene i tredje vekstskifteperiode kan forklares med økt kaliumtilførsel i D2.

Er det likevekt mellom næringstilførsel og forbruk?

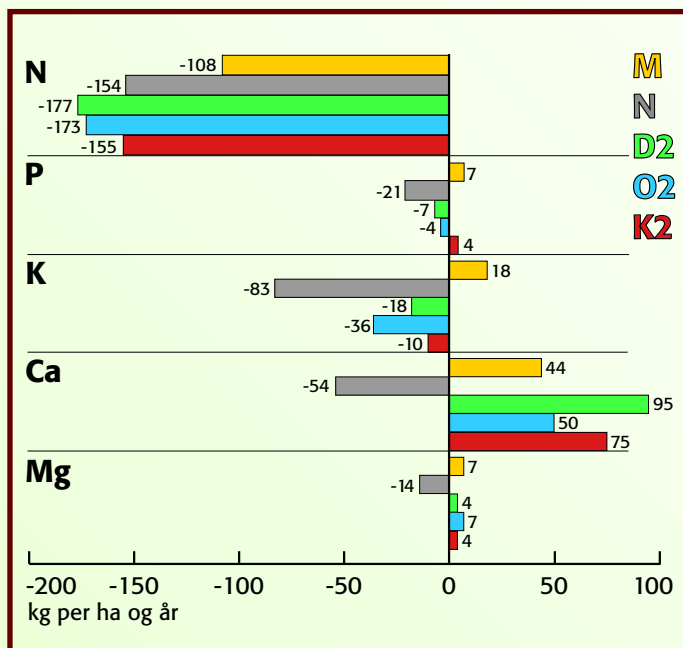
De økologiske driftssystemene ble, bortsett fra kalimagnesia og steinmjøl til de organisk-biologiske parsellene, drevet uten bruk av handelsgjødsel. Bortførselen av næringsstoff gjennom avlinga var likevel forholdsvis høy. Dette resulterte i negative næringsbalanser for N, P og K for de økologiske driftssystemene.

Alle driftssystemene hadde negativ næringsbalanse for **nitrogen**, i snitt for alle 21 årene. Det betyr at det ble gjødsla med mindre næring enn det som ble ført bort i avling. Det er da ikke tatt hensyn til mineralisering av N i jorda, N-fiksering i belgvekster og tilførsel fra atmosfæren. I middel for 1978-1998 var det et underskudd på 4 kg **fosfor** (P) per ha og år i O2 og 7 kg i D2, og et underskudd på 36 kg **kalium** (K) per ha og år i O2 og 18 kg i D2.

Tilførselen av kalsium er tilsynelatende tilstrekkelig i alle systemene. Størst overskudd var det i D2.

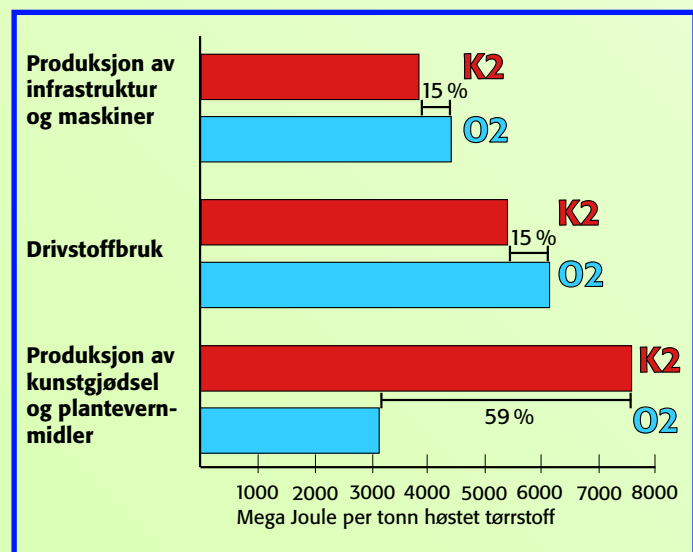
De økologiske systemene viser størst underskudd av næringsstoff. Næringsstoffinnholdet i jorda må analyseres jevnlig.

Næringsstoffbalanse 1978 - 1998
kg per hektar og år



Spares det energi ved økologisk drift?

Forbruk av direkte og indirekte energi i K2 og O2.



I økologisk drift brukes det litt mer energi til infrastruktur og maskiner enn i konvensjonell drift. Dessuten brukes det mer drivstoff. Men det brukes mye mindre energi til å produsere gjødsel og plantevernmidler.

Økologisk dyrkede arealer trenger mindre mengder av fossilt brensel for å produsere samme mengde avling som konvensjonelle.

Effektiviteten ved bruk av tilgjengelige ressurser er en viktig indikator for forskjellige driftssystemers bæredyktighet. Alle faktorer som bidrar til å produsere en enhet avling er her regnet om i energienheter. For å kunne sammenligne energieffektiviteten må en ikke bare ta hensyn til direkte energibruk, som drivstoff til traktorer. En må også regne med indirekte energi, som brukes til å framstille innkjøpte innsatsfaktorer som plantevernmidler og kunstgjødsel.

Energiforbruket i de økologiske systemene var mindre enn i det konvensjonelle, men avlingen i dette systemet var til dels betydelig høyere. Derfor var forbruket av energi per enhet avling i det økologiske systemet 81% av det konvensjonelle. Beregnet per areal er forskjellen enda større, da er forbruket i de økologiske systemene bare 50-70% av det konvensjonelle.

Virker økologisk drift positivt for jorda?

Bruk av organisk gjødsel øker innholdet av organisk materiale og forhindrer forsuring av jorda.

Innholdet av organisk materiale og jordas pH-verdi har stor betydning for jordstruktur, biologisk aktivitet og plantevekst. Innholdet av organiske substanser i jorda på forsøksfeltet, uansett driftssystem, (undtagen i de biodynamiske D2-parceller, se side 11) har blitt redusert siden forsøket startet. På parsellene uten tilførsel av husdyrgjødsel er reduksjonen av organisk karbon (C) større enn i systemene D2, O2 og K2. I de tre sistnevnte er tapet av organisk materiale omtrent likt. I 1998 var C-innholdet for D2 ca 15% mer enn C-innholdet i K2, og ca 30% mer enn innholdet i N-leddet.

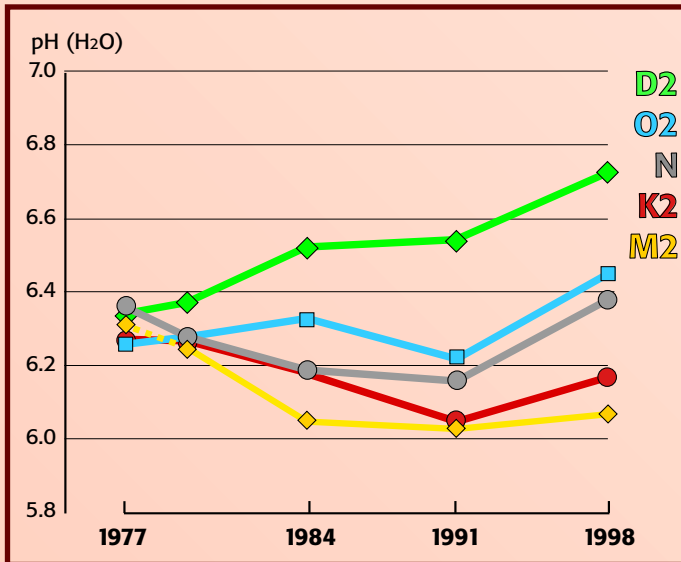
Bruk av kompostert fastgjødsel øker moldinnholdet og pH i jorda. Dette blir bekreftet av biologisk og fysisk fraksjonering av det organiske materialet. Ved biologisk-dynamisk drift er det flere stabile aggregater enn i de andre systemene.



Bruk av kompostert fastgjødsel øker jordas pH, innhold av humus og mengde biologisk aktivitet i jorda.

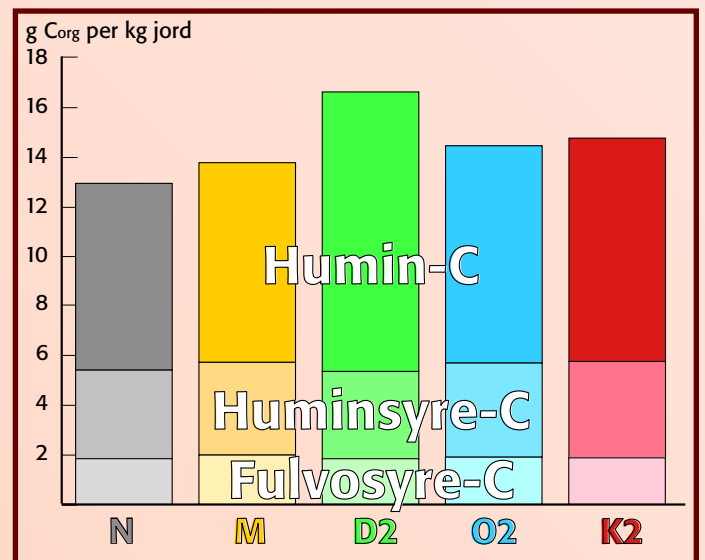
Foto: Archiv FIBL

Jordas pH



Som reaksjon på forsuringstendensen i de konvensjonelle systemene, brukes det nå alkalisk virkende mineralgjødsel. I 1999 fikk de konvensjonelle parsellene tilført kalk. pH-verdien i jorda økte mye i D2, og noe mindre i O2 i løpet av forsøksperioden. I de konvensjonelle systemene, K2 og M, sank pH i jorda, antakelig pga forsurrende virkning av kunstgjødsel. Tilførselen av kompostert husdyrgjødsel i D-leddet økte pH og moldinnhold i jorda. Dette ble bekreftet både ved å utarbeide en lineær modell for innholdet av organisk karbon i jorda og ved kjemisk analyse av det organiske materialet.

Fordeling av karbon (da. kulstof) i forskjellige humusfraksjoner



Det totale innholdet av organisk materiale i jorda reagerer vanligvis langsomt på endringer i driftsmåten. Kjemisk fraksjonering kan gi nyttig informasjon om hvordan endringer i driftsmåte påvirker sammensetningen av humusen. Høyere innhold av organisk materiale i jord fra det biologisk-dynamiske systemet skyldes en større andel stabile organiske forbindelser.

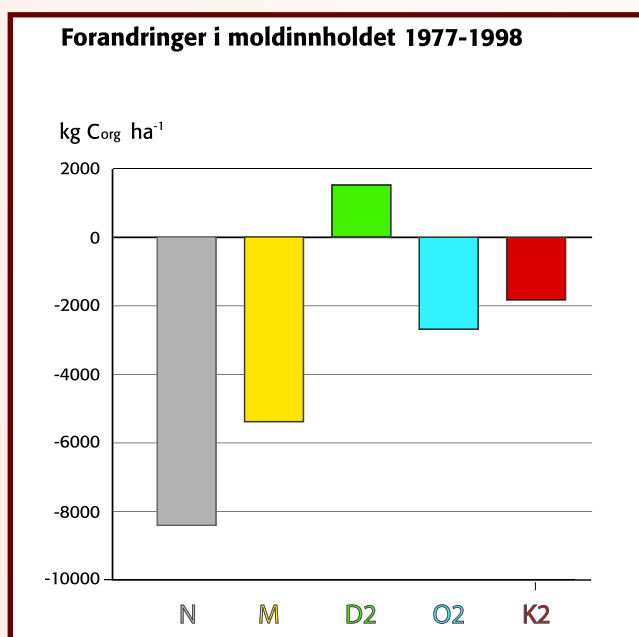
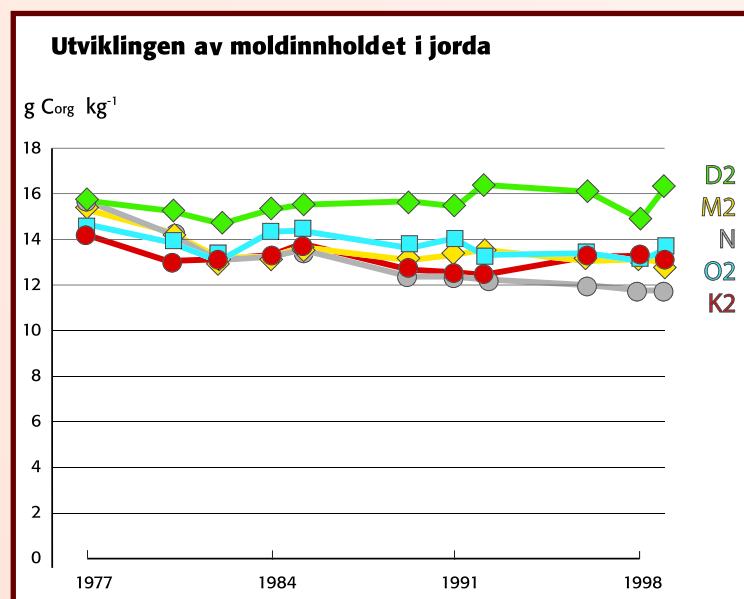
De første årene i forsøket avtok total mengde organisk karbon i jord (C_{org}) i alle dyrkingssystemene. I 1977, året før forsøket startet, var innholdet av (C_{org}) 12% høyere i den ene delen av forsøksfeltet. Men det var ikke sikre forskjeller mellom forsøksleddene i mengde (C_{org}) i jorda. Moldinnholdet på de ugjødsle parsellene (N) ble raskt redusert. Nesten 1/4 av den opprinnelige mengden i matjordlaget forsvant fram til 1999.

Det organiske materialet i jorda i de forskjellige dyrkingssystemene har utviklet seg forskjellig over tid. D2 er det eneste av systemene hvor moldinnholdet har økt i forsøksperioden, selv om også andre forsøksledd fikk like mye husdyrgjødsel. I forsøksleddene O2 og K2 har det vært et gjennomsnittlig tap på 2000 kg (C_{org}) per ha i forsøksperioden.

Ved minste gjødselmengde (se side 3), var tapet av organisk materiale betydelig mindre, men D-leddet hadde også her større mengder organisk materiale i jorda enn O- og K-leddene.

Resultatene viser to hovedtrekk for hvordan moldinnholdet har endret seg:

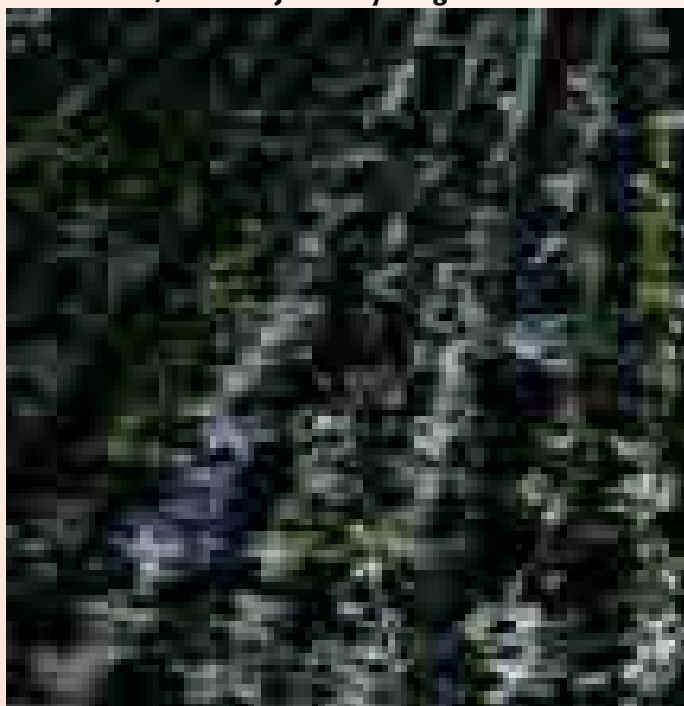
- Tilført mengde husdyrgjødsel har avgjørende betydning for nivået
- Kompostert husdyrgjødsel øker mengden organisk materiale i jorda mer enn ukompostert og anaerobt lagret gjødsel. Dette tyder på at aerob kompostering kan være en aktuell metode for å bygge opp moldinnholdet.



Jordstruktur, biodynamisk dyrking



Jordstruktur, konvensjonell dyrking



Tærer økologisk drift på jordas næringsinnhold?

På grunn av den negative næringsbalansen avtok innholdet av lettløselig P og K i økologisk dyrka jord, men næringsstoffreservene avtok ikke like raskt.

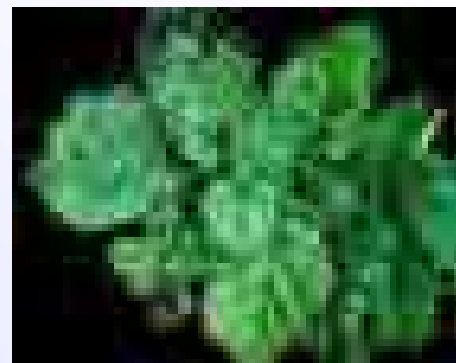
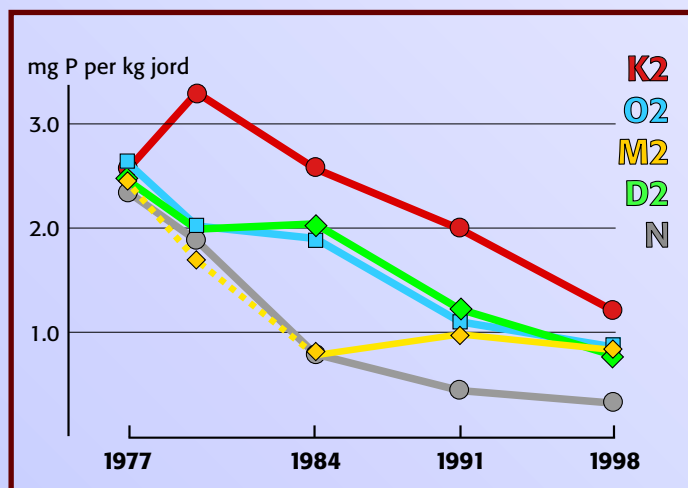


Foto: Archiv FAL

Til tross for lavt innhold av lettløselig fosfor oppstod det ikke P-mangel på plantene i noen av de gjødslete leddene. Dette kan forklares med en mer intensiv utveksling av fosfor mellom jordvæske og jordpartikler. Mikroorganismenes frigjøring av fosfat fra organiske forbindelser er en større kilde for plantenes fosforopptak i biologisk dyrking enn i konvensjonell drift, viser studier ved Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich.

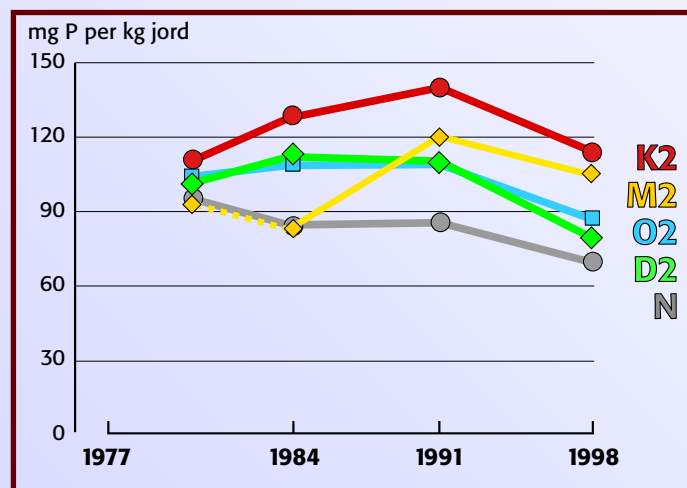
Kalium ble raskt en avlignsbegrensende faktor ved økologisk dyrking av potet i forsøket, og tilleggsgjødsling med mineralisk kaliumgjødsel er ofte nødvendig.

Vannløselig fosfor (ekstraksjon med CO₂-mettet vann)



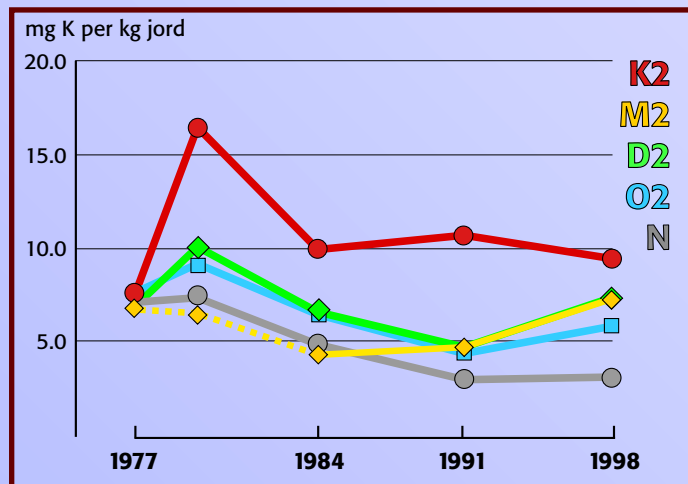
Innholdet av vannløselig P i jorda ble redusert i alle systemene i forsøksperioden. Ved begynnelsen av forsøket ble det konvensjonelle systemet gjødslet opp med kalium og fosfor. Derfor var innholdet av lettløselig P i jorda på K2-leddet klart høyere i starten, men likevel har nivået sunket kontinuerlig i forsøksperioden, tilsvarende utviklingen i de andre systemene.

Sitronsyre-løselig fosfor



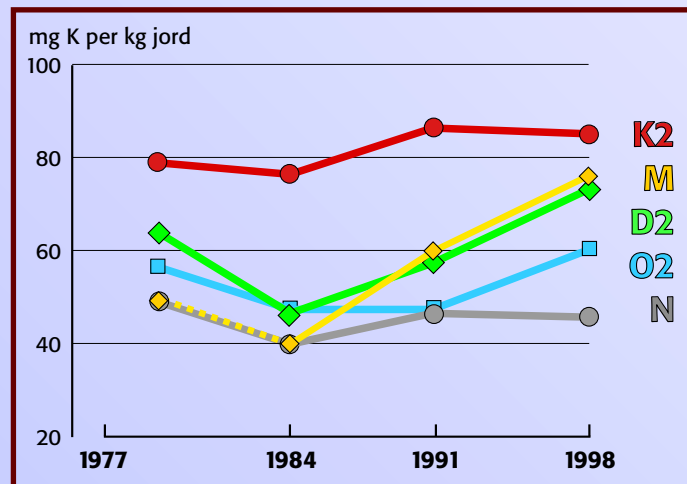
Sitronsyre-løselig fosfor er vanskelig tilgjengelig for plantene og mengden av dette viser størrelsen på fosforreservene. Med utgangspunkt i innholdet i 1980 har det ikke skjedd store forandringer i løpet av forsøksperioden. Innholdet i jorda på arealene med de konvensjonelle systemene er noe høyere enn for de økologiske og for N-parsellene.

Lettløselig kalium (ekstraksjon med CO₂-mettet vann)



Innholdet av lettløselig kalium har ikke vist noen sikker variasjon mellom de forskjellige driftssystemene. Ved begynnelsen av forsøket var innholdet lavt, men økte betydelig i det konvensjonelle systemet som ble gjødslet opp da forsøket startet.

Syreløselig kalium



Innholdet av syreløselig kalium i jorda økte gjennom forsøksperioden i alle forsøksleddene som har blitt gjødslet. I K- og M-leddene var verdiene i 1998 noe høyere enn i O2, mens D2 var på nivå med M.

Gir økologisk drift bedre jordstruktur?

Økologisk dyrking forbedrer jordstrukturen ved at det blir mer liv i jorda. Dermed reduseres jordtapet gjennom erosjon.

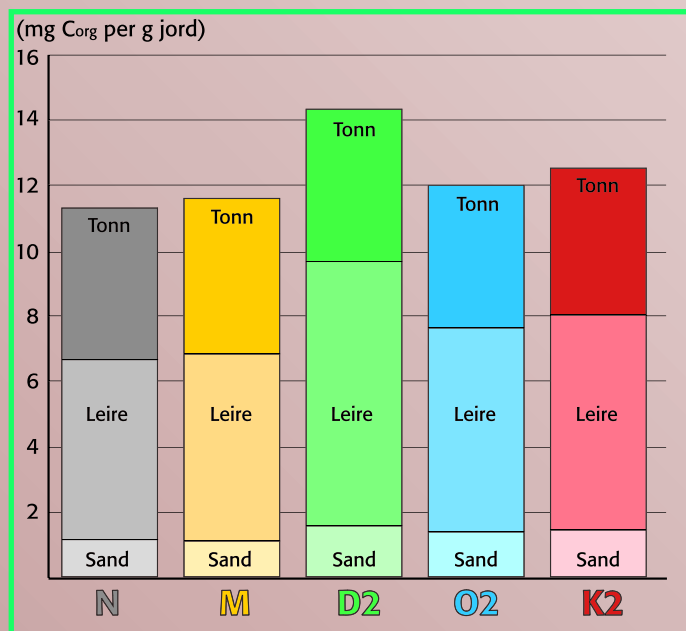
Økt jordfruktbarhet er et viktig mål for et bærekraftig landbruk. Artsmangfold, høy biologisk aktivitet, god jordstruktur og jevn nedbrytning av organisk materiale er kjennetegn på en fruktbar jord. Resultatene fra DOK-forsøket viser at skånsom bruk av maskiner og redskap ikke er nok til å opprettholde en god jordstruktur. Også gjødsling og plantevern må tilpasses slik at det virker positivt på livet i jorda.



Fotos: Thomas Alföldi (FiBL)

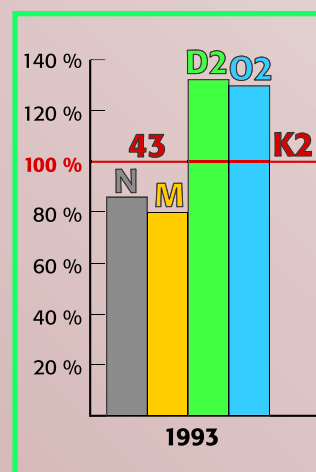
Organisk materiale binder jordpartiklene sammen og gir god jordstruktur. Om våren, før plantene dekker jorda, er det store forskjeller med hensyn til tilslemming og struktur i jorda på de forskjellige forsøksleddene. Særlig mellom D-ledd (til venstre) og K- og M-ledd er det tydelige forskjeller i strukturen.

Fordeling av karbon (da. kulstof) i jordpartikler av forskjellig størrelse

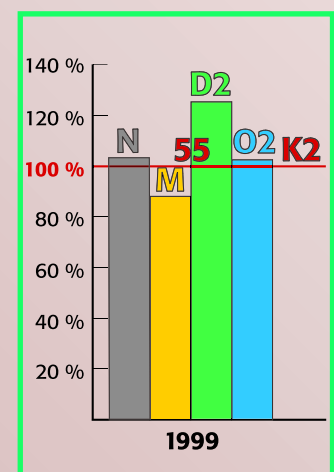


Når innholdet av organisk karbon ble analysert i sand-, silt- og leir-fraksjonene i jorda, viste det seg at økningen i organisk karbon skyldtes en økning i siltfraksjonen. Dette er årsaken til at jorda i D2 er mindre utsatt for tilslemming.

Infiltrasjonsstabilitet (ml per min.), K2 = 100%



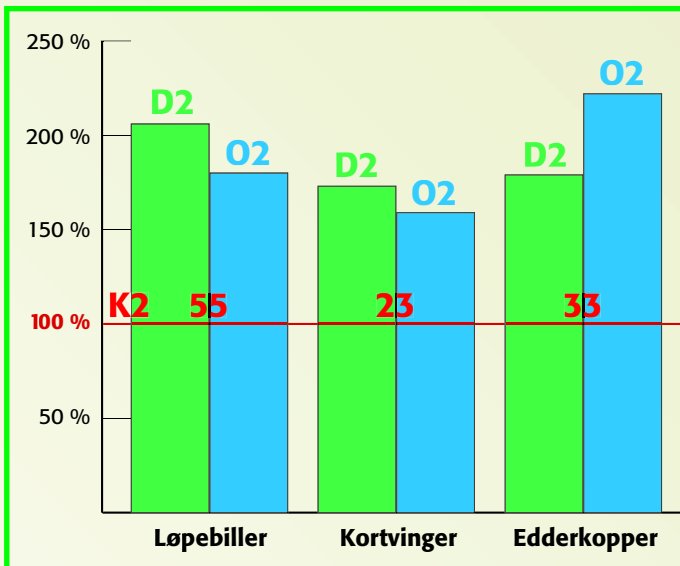
Aggregatstabilitet (% stabile aggregat > 250 µm), K2 = 100%



Infiltrasjonsstabiliteten er et mål for hvor erosjonsutsatt jorda er. I forsøket ble det dannet opp til 30% mer stabile jordaggregater i de økologiske systemene enn i K2. Sammenlignet med systemet som bare fikk mineralgjødsel var forskjellen enda større.

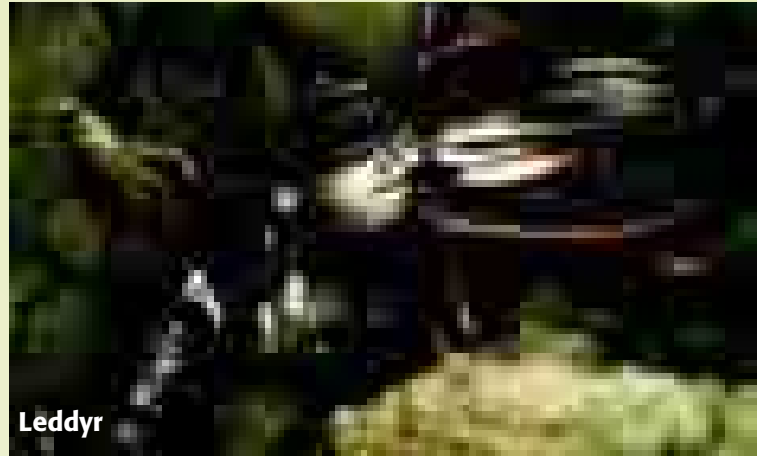
Er det mer liv i økologisk dyrka jord?

Forekomst av løpebiller, kortvinger (*da. rovbiller*) og edderkopper, K2 = 100% (gjennomsnitt for 1988, 1990 og 1991)



På de økologiske forsøksrutene ble det registrert nesten dobbelt så mange leddyr på jordoverflaten som på de konvensjonelle parsellene. Dette skyldes antakelig flere byttedyr og mer ugras, eller 'følgeflora', som slike planter kalles her. Begge deler henger sammen med bruk av kjemiske plantevernmidler på de konvensjonelle arealene. Følgefloraen har fått bedre vekstvilkår på grunn av et mer åpent plantedekke i de økologiske systemene.

Foto: Siegfried Keller (FAL)

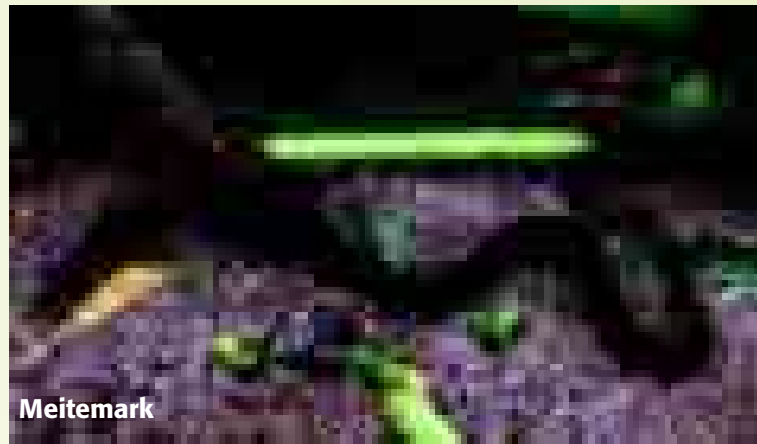


Leddyr

Leddyr som lever på jordoverflaten, som løpebiller (Carabidae), kortvinger (*da. rovbiller*) (Staphylinidae) og edderkopper (Arachnida) forteller mye om stedets kvalitet som biotop. Noen leddyr er viktige rovdyr og lever av andre insekter, særlig skadeinsekter som det lett blir mange av.

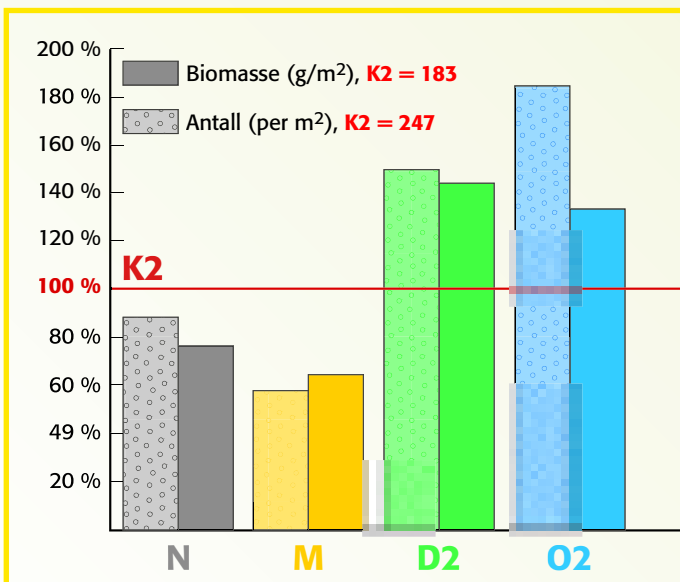
Økologisk dyrking gir gode levevilkår for meitemark og leddyr som lever på jordoverflaten. Et høyt antall rovinsekter begrenser antall skadeinsekter.

Foto: Daniel Zwygart



Meitemark

Meitemark (*da. regnorme*), total biomasse og antall, K2 = 100% (middelverdi for 1990, 1991 og 1992)

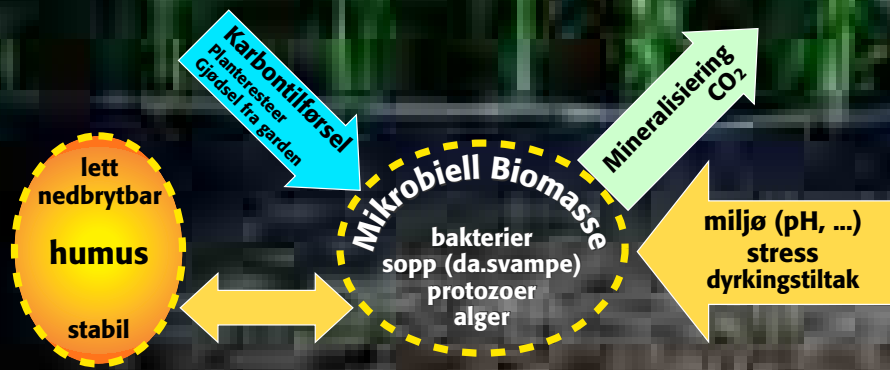


Det er kjent at meitemark reagerer negativt på bruk av kjemiske sprøytemidler. Dette kan forklare mesteparten av forskjellen i meitemarkbestand mellom de forskjellige systemene i forsøket.

En må også ta i betraktning at meitemark reagerer positivt på bruk av organisk gjødsel.

De økologiske systemene hadde størst biomasse og antall av meitemark gjennom hele måleperioden. Meitemarkbiomassen var 30-40% høyere og meitemarkantallet 50-80% høyere i D- og O-leddene i forhold til K-leddet. Sammenlignet med M-leddet var forskjellen enda større.

Karbonets (da.kulstoffets) kretsløp i jorda

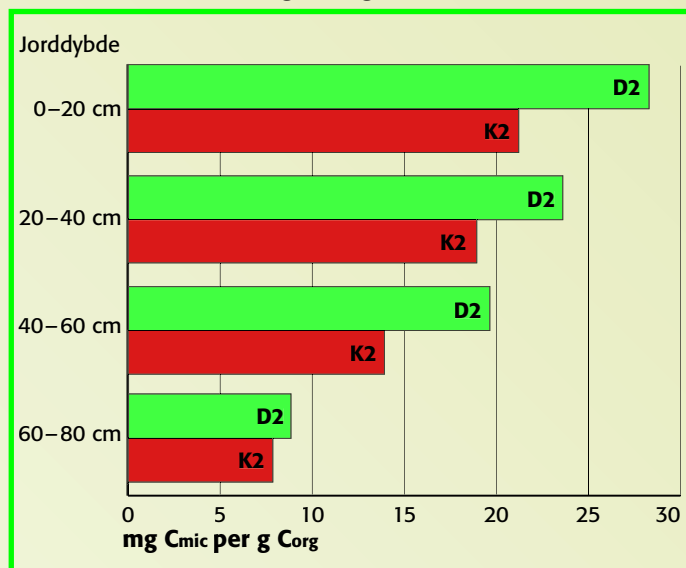


Mikroorganismer

Foto: Gabriela Brändle (FAL)

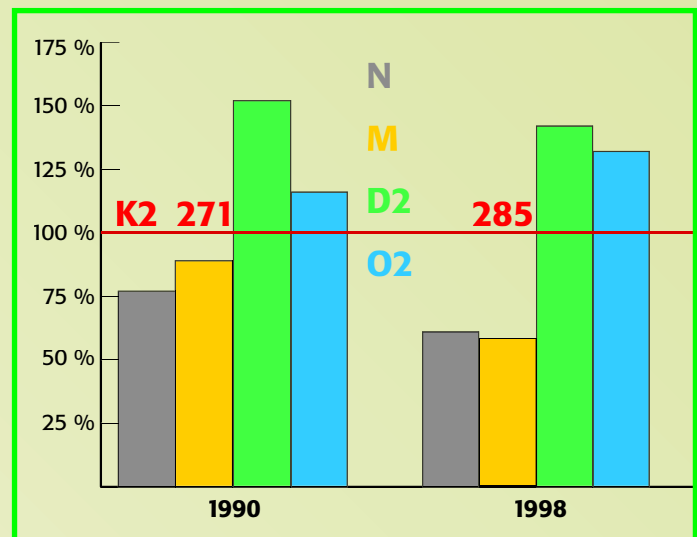
Jorda er levested for planter, dyr og mikroorganismer. Planter bygger opp biomasse, smådyr i jorda lever av planter og mikroorganismer bryter ned organisk materiale til karbondioksid og mineraler. Organismene som utgjør livet i jorda er viktige for jordfruktbarheten ved at de gjør mineraler tilgjengelig for plantene igjen. En del karbon tas opp av mikroorganismene, omdannes til organisk materiale og brukes til å bygge opp kroppen. Karbon kan også forbli i jorda og bli omdannet til humus, som igjen bidrar til å kytte sammen mineralske jordpartikler til aggregater. Stabile humusaggregater medvirker til å forebygge erosjon.

Mikrobielt karbon i forhold til total mengde organisk karbon



Andelen mikroorganismer i forhold til total mengde organisk materiale i jorda gir et bilde av nivået av liv i jorda. Mengden av mikrobielt bundet karbon (C_{mic}) i forhold til total mengde organisk karbon (C_{org}) var størst i D- og O-leddene. Forskjellen var tydelig ned til 60 cm dybde. Først ved 80 cm dybde var det ikke lenger forskjell mellom systemene. Forskjellen skyldes antakelig større aktivitet av meitemark (da. regnorme) i de økologiske systemene.

Mikrobiell biomasse (mg C_{mic} per kg jord), K2 = 100%



Antall mikroorganismer var høyere i de økologiske systemene enn i K2. I forhold til systemene med bare mineralsk gjødsel var differansen enda større. Denne forskjellen mellom systemene har vært påvist siden 1990.

Det var klar sammenheng mellom mikrobiell biomasse, enzymaktiviteten i jorda, jordas pH og innhold av organisk materiale.

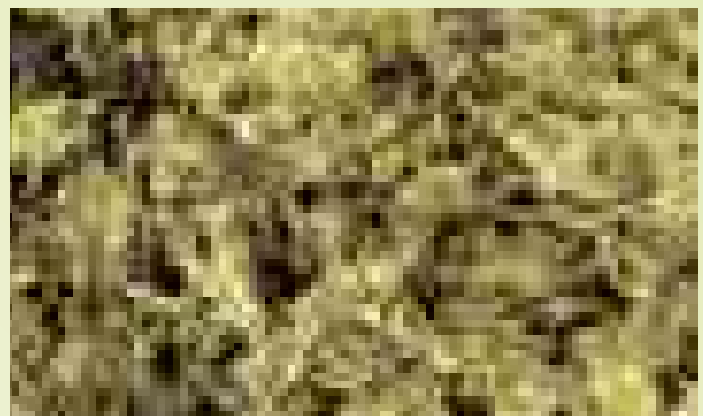
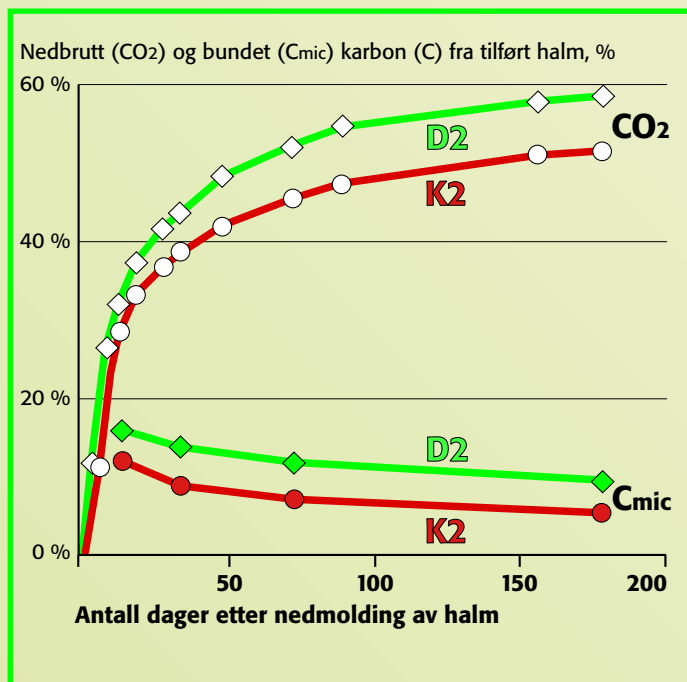


Foto: Hansueli Dierauer (FiBL)

Hvis halmen fra hveten ikke fjernes fra åkeren, gir det 4-8 tonn karbon (C) per hektar hvert år. Dette forutsetter 10 t planterester med et middels C-innhold på 40% i halm og røtter per hektar.

Meitemark, sopp (da. svampe), bakterier og andre jordorganismer utfører viktige prosesser, som henger tett sammen. Større aktivitet av den type organismer i de økologiske systemene fører til at næringsstoffer raskere blir tilgjengelige for plantene, og at det samtidig bygges opp mer humus.

Nedbrytning av halm og økning av mikrobiell biomasse ved tilførsel av halm

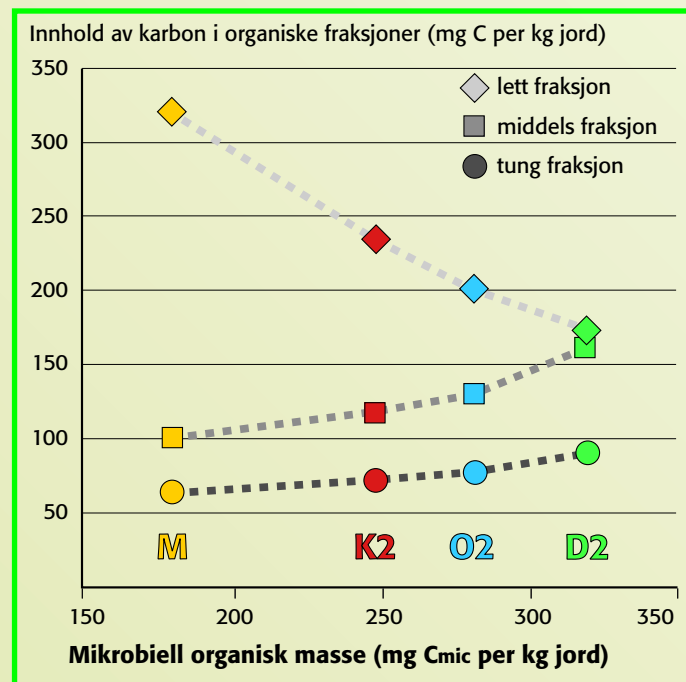


En større andel halm ble brutt ned (CO₂) i jorda fra D-leddet enn i de konvensjonelle systemene. Samtidig ble en større del bygget inn i mikrobiell biomasse (C_{mic}). Dette gir til slutt mye mindre uomodnet halm i D2. Dette viser at både mineraliseringsprosessene og oppbyggingen av humus er mer intensiv i de økologiske systemene. Karbonet fra døde mikroorganismer akkumuleres gradvis i jorda.

Mikroorganismenes aktivitet kan bestemmes ved å måle enzymaktiviteten, for eksempel av enzymet dehydrogenase som er viktig for stoffskiftet. Proteaser er enzymer som spalter proteiner utenfor cellene. Fosfatase spalter organiske fosforforbindelser og er viktig for plantenes fosforsyning. I jorda fra de økologiske systemene ble det målt betydelig høyere enzymverdier enn fra jorda på de konvensjonelle porselene. For dehydrogenase har forskjellen mellom systemene vært konstant siden 1990.

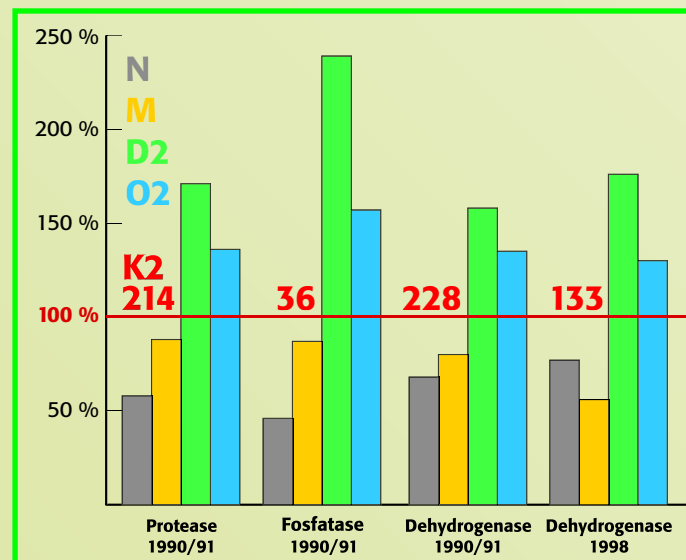
Dehydrogenaseaktivitet i µg TPF (mål for mikrobiell aktivitet) per g jord og dag; proteaseaktivitet i µg tyrosin per g jord og time; alkalisk fosfataseaktivitet i µg fenol per g jord og time.

Mikroorganismenes rolle i nedbrytningen av organisk materiale i jord



Mengden av 3 forskjellige fraksjoner (lett, middels og tungt nedbrytbart) av delvis omsatt organisk materiale i jord og mikrobiell biomasse i forskjellige dyrkingssystem. Dette gir et uttrykk for sammenhengen mellom mengden mikrobiell biomasse og nedbrytningsaktiviteten til denne biomassen. Jo mer mikrobiell biomasse, jo mindre uomodnet organisk materiale vil det være i jorda.

Enzymer i jord som indikator for mikrobiell aktivitet, K2 = 100 %



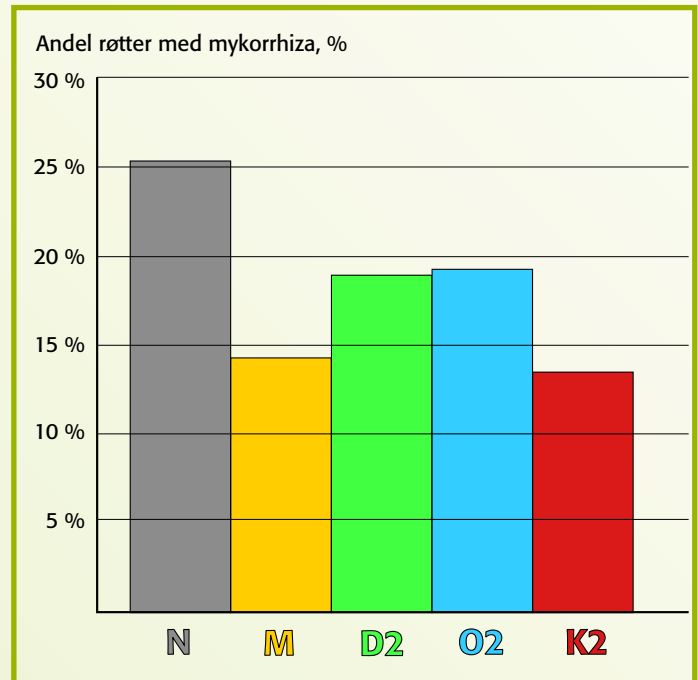
I økologisk dyrka jord har plantene bedre mulighet til å nyttiggjøre seg næringsstoffene i jorda på grunn av økt symbiose med mykorrhiza.

En del av den mikrobielle biomassen i jorda består av mykorrhiza (sopprot, da. *svampehyfer*). Mykorrhizaen danner symbiose med planter via røttene, til fordel for seg selv og plantene. Plantene får næringsstoff som blir transportert gjennom soppmycelet, som mangedobler lengden av plantens rotsystem. Til gjengjeld leverer planten sukker og andre organiske forbindelser til soppen. Mykorrhiza øker arealet for plantens næringsopptak ved å trengte inn i mindre porer, hvor næringsstoffene blir tatt opp og transportert til planten.

Ny forskning viser dessuten at mykorrhiza kan knytte røttene fra forskjellige planter sammen. Muligens kan mineraler og andre næringsstoffer transporteres fra en plante til en annen på denne måten. Det er også mulig at mykorrhiza-soppen transporterer nitrogen fra døende belgvekstrøtter til andre vekster. Dermed går ikke nitrogenet tapt gjennom utvasking. Mykorrhiza har også en viktig rolle i å stabilisere jordaggregater.

Mykorrhizasporer. Foto: Se under.

Andel røtter i symbiose med mykorrhizasopp (1989-1993)



Størst andel røtter med mykorrhiza hadde plantene i N-leddet. Noe mindre andel var det på planterøttene i de økologiske systemene, mens på planterøttene i de to konvensjonelle systemene var det vesentlig mindre mykorrhiza.

Sammenlikner en de forskjellige vekstene i forsøket var det mest mykorrhiza på gras- og kløverrøtter, noe mindre på røttene av grønnfôrblendingen med vikke og rug og lite på høsthvete.

Når jorda ble smittet (da. podet) med mykorrhiza-sporer var det likevel mer mykorrhiza på røttene i de økologiske systemene. Det tyder på at smitting (da. podning) ikke er nok til å stimulere denne symbiosen, og det er viktig å unngå å hemme mykorrhiza-soppen med gjødsling eller kjemiske sprøytemidler. Disse undersøkelsene ble utført ved Botanisk institutt, Universitetet i Basel.

Lagringsorganer for opplagsnæring hos mykorrhiza i jord, vesikler, inneholder lipider (blåfargede kuler). Foto: Paul Miäder (FiBL)

Lengdesnitt av en rot med og uten mykorrhiza. Det er lett å se mycelet utenfor rota (pil).
Foto: Botanisk institutt, Universitetet i Basel.



Større arts mangfold i jordbrukslandskapet - hvorfor?

De økologiske systemene har et større mangfold av planter, dyr og mikroorganismer. Dette gjør dem mer robuste mot forstyrrelser og stress. Større mikrobiell diversitet gir økt energiutnyttelse.

Et robust og stedstilpasset økosystem er kjennetegnet ved et stort biologisk mangfold. Næringskjeden er lukket og næringsstoffene er hovedsakelig biologisk bundet. Dette tilsvarer et av grunnprinsippene for økologisk landbruk, nemlig et lukket næringskretsløp.

DOK-forsøket viser at økologisk drift gir flere plantearter i tillegg til kulturvekstene, også uten at spesielle tiltak er gjort i kantsonene. I de konvensjonelle systemene blir 'følgefloraen' bekjempet med en tett plantebestand, i tillegg til målrettet bruk av ugrasmidler (*da. herbicider*). En allsidig flora gir grunnlag for flere planteetende småkryp på jordoverflata. Dette forbedrer næringstilgangen for rovorganismene. De økologiske parsellene hadde forskjellige populasjoner av raske løpebiller med hensyn til artsantall og -sammensetning. Det ble påvist til sammen 39 arter løpebiller, og langt flere spesialiserte og mikroklimatisk krevende arter i parsellene O og D.

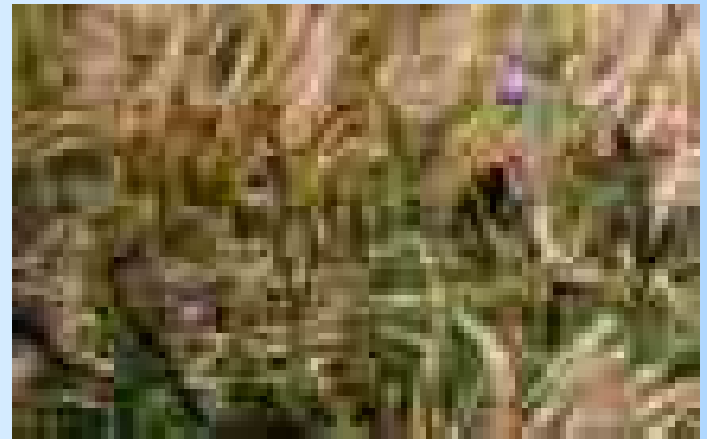
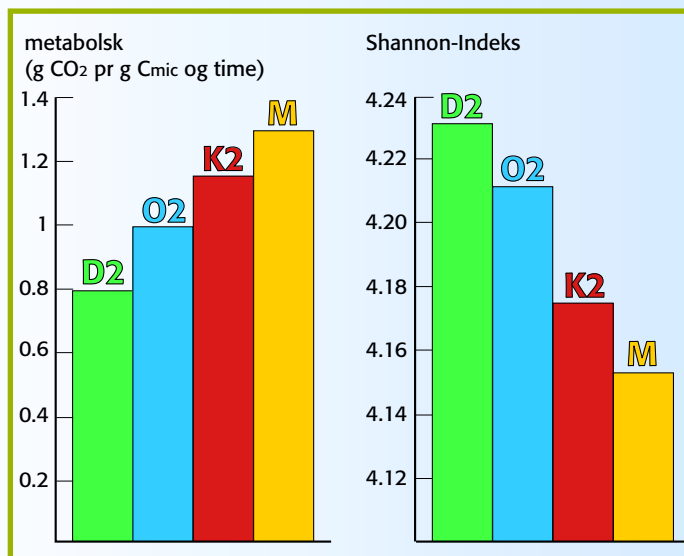


Foto: Lukas Pfiffner (FBL)

Ugras, selv i små mengder, gjør åkeren mer attraktiv for løpebiller og andre nyttedyr.

Energibruk og mikrobiell diversitet (1995/96)



Den mikrobielle nedbrytingsaktiviteten ble undersøkt ved å beskrive mønsteret for substratutnyttning. Dette beskriver de forskjellige populasjonene av mikroorganismer i jorda.

Om våren hadde det biologisk-dynamiske systemet et større mikrobielt mangfold enn K2-leddet. Nedmolding av planterester om høsten (*da. efteråret*) endret mikrofloraen i jorda, og ingen forskjell mellom systemene ble observert på det tidspunktet.

Et godt mål for mangfoldet av mikroorganismer i jorda er respirasjonskoeffisienten (CO₂-produksjon per tidsenhet). Jo større mangfoldet blant mikroorganismene var, jo mindre var energi-behovet per enhet biomasse. I jord med et stort mangfold av mikroorganismer kan forholdsvis mer energi benyttes til vekst, og mindre til grunnleggende livsfunksjoner. For landbruket betyr

Antall arter i driftssystemene

	Følgeflora* (88–91)	Frøbank (96–98)	Løpebiller (88–91)	Meitemark (90–92)	Mykorrhiza (2000)
D2	11	17	38	7	29
O2	9	19	35	8	33
K2	1	17	32	6	27

**da. ukrudt*

I D- og O-leddene var følgefloraen mer mangfoldig enn K- og M-leddene. Dermed tiltrakk disse arealene også flere løpebillearter. I de økologisk dyrkede forsøksrutene var det også flere meitemarkarter. Dyptgående meitemarkarter har stor betydning for jordstrukturen, og var mer tallrike i økologisk drevet jord. Derimot var det selv etter 21 år ikke forskjell på artsantallet i jordas frøbank i de forskjellige systemene.

Antallet er gjennomsnitt av registreringer i årene angitt i parentes. I de økologiske systemene, særlig i O-leddet, var det flere arter mykorrhiza enn i de konvensjonelle systemene. Det var blant annet *Acaulospora* og *Scutellospora*, som er sjeldne i tempererte områder i Europa.

dette at organisk materiale brytes ned raskere, og dermed raskere kan bli tilgjengelig som plantenæring på nytt. Med mer effektiv energibruk kan mer karbon (C) i jorda brukes til humusoppbygging.

Shannon-indeksen angir en størrelse for biodiversitet, hvor antall individer innen de forskjellige artene og totalt antall arter regnes med. Jo høyere verdi, jo høyere biologisk mangfold.

Litteratur:

- Alföldi, T., Schmid, O., Gaillard, G. und Dubois, D.,** 1999: IP- und Bio-Produktion: Ökobilanzierung über eine Fruchtfolge. *Agrarforschung*, 6(9): 337-340.
- Berchtold A, Besson J-M and Feller U** 1993 Effects of fertilization levels in two farming systems on senescence and nutrient contents in potato leaves. *Plant and Soil* 154, 81-88.
- Besson J-M, Spiess E and Niggli U** 1995 N uptake in relation to N application during two crop rotations in DOC field trial. *Biological Agriculture and Horticulture* 11, 69-75.
- Dubois D, Gunst L, Fried P M, Stauffer W, Spiess E, Mäder P, Alföldi T, Fließbach A, Frei R and Niggli U** 1999 DOK-Versuch: Ertragsentwicklung und Energieeffizienz. *Agrarforschung* 6, 71-74.
- FAC-FIBL 1995.** DOK-Versuch – Essais DOK. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung. Sonderausgabe 1995. Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC, Bern) und Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL, Oberwil).
- Fließbach A and Mäder P** 1997 Carbon source utilization by microbial communities in soils under organic and conventional farming practice. In *Microbial Communities – Functional versus Structural Approaches*, Eds H Insam and A Rangger. pp 109-120. Springer, Berlin.
- Fließbach A, Imhof D, Brunner T and Wüthrich C** 1999 Tiefenverteilung und zeitliche Dynamik der mikrobiellen Biomasse in biologisch und konventionell bewirtschafteten Böden. *Regio Basiliensis* 3, 253-263.
- Fließbach A and Mäder P** 2000 Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 757-768.
- Fließbach A, Mäder P and Niggli U** 2000 Mineralization and microbial assimilation of ¹⁴C-labeled straw in soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1131-1139.
- Fließbach A, Eyhorn F, Mäder P, Rentsch D and Hany R** 2001 DOK long-term farming systems trial: Microbial biomass, activity and diversity affect the decomposition of plant residues. In *Sustainable Management of Soil Organic Matter*, Eds R M Rees, B C Ball, C D Campbell and C A Watson. pp 363-369. CABI, London.
- Langmeier M, Frossard E, Kreuzer M, Mäder P, Dubois D and Oberson A** 2002 Nitrogen fertilizer value of cattle manure applied on soils originating from organic and conventional farming systems. *Agronomie* 22, 789-800.
- Mäder P, Pfiffner L, Niggli U, Balzer U, Balzer F, Plochberger K, Velimirov A and Besson J-M** 1993 Effect of three farming systems (bio-dynamic, bio-organic, conventional) on yield and quality of beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *esculenta* L.) in a seven year crop rotation. *Acta Horticulturae* 339, 11-31.
- Mäder P, Alföldi T, Niggli U, Besson J-M and Dubois D** 1997 Der Wert des DOK-Versuches unter den Aspekten moderner agrarwissenschaftlicher Forschung. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 42, 279-301.
- Mäder P, Alföldi T, Fließbach A, Pfiffner L and Niggli U** 1999 Agricultural and Ecological Performance of Cropping Systems Compared in a Long-term Field Trial. In *Nutrient Disequilibria in Agroecosystems*, Eds E M A Smaling, O Oenema and L O Fesco. pp 247-264. CABI, London, Amsterdam.
- Mäder P, Fließbach A, Alföldi T and Niggli U** 1999 Yield of a grass-clover crop rotation and soil fertility in organic and conventional farming systems. In *Designing and testing crop rotations for organic farming*, Foulum, O. 1999, 1999. Eds J E Olesen, R Elton, M J Gooding, E S Jensen and U Köpke. pp 287-295.
- Mäder P, Edenhofer S, Boller T, Wiemken A and Niggli U** 2000 Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. *Biology and Fertility of Soils* 31, 150-156.
- Mäder P, Fließbach A and Niggli U** 2000 Bodenfruchtbarkeit durch ökologischen Landbau. *Lebendige Erde* 4, 12-16.
- Mäder P, Fließbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P and Niggli U** 2002 Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296, 1694-1697.
- Oberson A, Fardeau J-C, Besson J-M and Sticher H** 1993 Soil phosphorus dynamics in cropping systems managed according to conventional and biological methods. *Biology and Fertility of Soils* 16, 111-117.
- Oberson A, Besson J-M, Maire N and Sticher H** 1996 Microbiological processes in soil organic phosphorus transformations in conventional and biological cropping systems. *Biology and Fertility of Soils* 21, 138-148.
- Oehl F, Oberson A, Probst M, Fließbach A, Roth H R and Frossard E** 2001 Kinetics of microbial phosphorus uptake in cultivated soils. *Biology and Fertility of Soils* 34, 31-41.
- Oehl F, Oberson A, Tagmann H U, Besson J-M, Dubois D, Mäder P, Roth H-R and Frossard E** 2002 Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62, 25-35.
- Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Mäder, P., Boller, T. und Wiemken, A.,** 2003: Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of central Europe. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 2816-2824.
- Oehl F, Frossard E, Fließbach A, Dubois D and Oberson A** 2004 Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 667-675.
- Oehl F, Sieverding E, Mäder P, Dubois D, Ineichen K, Boller T and Wiemken A** 2004 Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138, 574-583.
- Pfiffner L** 1993 Einfluß langjährig ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf Regenwurmpopulationen (Lumbricidae). *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 156, 259-265.
- Pfiffner L and Mäder P** 1997 Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. *Biological Agriculture and Horticulture* 15, 3-10.
- Siegrist S** 1995 Experimentelle Untersuchungen über die Verminderung der Bodenerosion durch biologischen Landbau in einem NW-schweizerischen Lössgebiet. *Die Erde* 126, 93-106.
- Siegrist S, Schaub D, Pfiffner L and Mäder P** 1998 Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, 253-264.

De tre hovedsystemene D(-ynamisk), O(-rganisk) og K(-onvensjonelt) i forsøket gjennomføres med to gjødslingsnivåer, 1 og 2. Systemet M(-ineralisk) har bare ett gjødslingsnivå, mens systemet N(-ull) ikke gjødsles i det hele tatt. Det er fire gjentak for hvert forsøksledd (latinsk kvadrat), men bare 3 av de 7 vekstene (da. avgrøderne) i omløpet (da. omdriften) dyrkes hvert år. De forskjellige vekstslagene korn, radvekster (da. rækkeafgrøder) og eng (da. kløvergræs) er dermed representert hvert år. Dette forbedrer den statistiske sikkerheten for det 7-årige vekstskiftet og gjør det lettere å gjennomføre omvisninger og registreringer på feltet. Totalt består forsøket av 96 ruter (da. parceller), hver på 5 x 20 meter.

Inngang

