

Verdien av mold

Trond Maukon Henriksen, Annbjørg Øverli Kristoffersen & Hugh Riley

NIBIO Korn og frøvekster

trond.henriksen@nibio.no

Innledning

Mold forsyner plantene med næring, øker jordas kationbyttekapasitet, immobiliserer toksiske kjemikalier, gir jorda grynstruktur og bedre lagelighet, øker vannlagringsevnen og luftvekslingen, reduserer trekraftbehovet ved jordarbeiding, øker jordstabiliteten og infiltrasjonen og øker absorpsjon av solstråling. Et par av disse egenskapene har fått spesiell aktualitet det siste året. På sommeren 2021 førte algeoppblomstring i Mjøsa til et forsterket søkelys på fosfor-forurensing fra landbruket. I hovedsak er fosforavrenning knyttet til erosjon av jordpartikler, og moldinnholdet kan avgjøre hvor stabil jorda er for slik erosjon fordi den bidrar til mikrobiell aktivitet og dannelse av stabile aggregat. Mot slutten av året stanset Felleskjøpet salget av mineralgjødning fordi gjødselprisene steg kraftig og uforutsigbart på det internasjonale markedet. Dette gir økt interesse for hva jorda sjøl kan gi av nitrogen i en situasjon der mineralgjødning kan bli både dyrere og mindre tilgjengelig. Jordas nitrogeninnhold og -leveranse er nært knyttet til det organiske materialet, altså molda.

Finansiert av Landbruksdirektoratet har vi gjennomført et lite prosjekt som vi har kalt «Verdien av mold», og i denne artikkelen tar vi frem resultater som viser hvordan moldinnholdet påvirker jordas fruktbarhet (nitrogenleveranse) og stabilitet (aggregatstabilitet).

Materialer og metoder

I løpet av prosjektet ble det tatt ut 21 prøver av moreneleire på begge sider av Mjøsa.

Steder for jordprøvetaking

A) Møystadfeltet, ble anlagt i 1922 for å undersøke langtidsvirkning av ulike gjødningstyper på jord og avling. Det har vært et sjuårig omløp med tre år eng og fire år åpenåker. I en periode var poteter med i omløpet. Jorda ble pløyd frem til 1985. Seinerne har det bare vært harvet. Vi tok ut jordprøver fra matjordsjiktet i det 2. engåret og valgte ut to ruter (gjentak) av følgende behandlinger: a) null gjødning,

b) NPK-gjødsel (10 kg N/daa), c) Husdyrgjødsel lav: 2 tonn pr. dekar (8,4 kg N/daa), d) Husdyrgjødsel middels: 4 tonn pr dekar (16 kg N/daa) og e) Husdyrgjødsel høy: 6 tonn pr. dekar (24 kg N/daa) frem til 2003, deretter ugjødslet. Vi tok også med en enkelt prøve av jord fra utsiden av forsøket, på et område hvor det er dyrket korn sammenhengende i minst 50 år.

B) Nybrottet: Skiftet Nybrottet tilhører Hoff prestegård, og forpaktet av NIBIO Apelsvoll. Det ble dyrket opp på 1950-tallet og har hatt et ensidig kornomløp siden den gang. Basert på dronebilder valgte vi ut i alt 10 områder med varierende moldinnhold. Forsøksfelt med avlingsregistrering ble anlagt som en del av prosjektet «Solar Farm» og vi tok ut jordprøver som vi har målt moldinnhold i, og nitrogenleveranse fra.

Analyser

Moldinnhold: Alle jordprøver ble analysert for glødetap (550 °C; 4 timer) på Apelsvoll og sendt Eurofins for analyse av total organisk karbon (C) og total-nitrogen (N).

Aggregatstørrelse og -stabilitet: Jordprøvene fra Møystad ble sortert i aggregater <2 mm, 2-6 mm og 6-10 mm. Stabilitet ble målt i en regnsimulator på Apelsvoll.

Nitrogenleveranse: Det ble gjennomført to undersøkelser for å bestemme jordas nitrogenleveranse. I et inkubasjonsforsøk ble 150 g jord-ts plassert i små begre. Jorda ble vannet opp til 70 % av feltkapasitet, og satt ved 15 °C i 0, 5, 10, 20, 40, 80 eller 160 dager. Innholdet av nitrat og ammonium i jorda ble målt på disse uttaksdagene. Det ble også gjennomført et dobbelt pottforsøk med jord fra Møystadfeltet. Potter med 3 kg jord fra de utvalgte leddene ble sådd med bygg (Brage) og satt i vekstroom (15 °C dag, 8 °C natt) og konstant fuktighet (70 % av feltkapasitet). Det ble ikke tilført noe gjødning i dette forsøket. Tørrstoffavling (ts) av bygg over bakken ble målt ved Zadoks 49 (første snerp synlig). Nøyaktig det samme oppsettet ble repetert en gang til i de

samme pottene for å «tynne ut» ettereffekt av enga på nitrogenleveransen og slik avgjøre hva jorda sjøl kunne gi.

Avlinger under feltforhold: Vi har inkludert noen resultater av kornavlinger under feltforhold fra både Møystadfeltet (gjennomsnittlige ts-avlinger 2004-2007) og Nybrottet (ugjødsla ruter i 2019).

Resultater og diskusjon

Karbon og nitrogenmålinger i jord

Innholdet av organisk C og total-N i jorda varierer betydelig fra sted til sted på morenejorda rundt Mjøsa og innholdet i de undersøkte jordprøvene er vist i tabell 1.

På Møystadfeltet er det en del variasjon knyttet til ulik gjødsling over mange år. På ugjødsla ledd og ledd med NPK-gjødsel var karboninnholdet på 2,5 % av ts mens det var over 3 % der husdyrgjødsel var tilført. Jordas C/N-forhold var i gjennomsnitt 8,4. Regner vi en volumvekt på 1,4 kg/l så var det på Møystadfeltet i gjennomsnitt 7,9 tonn karbon og 940 kg nitrogen per dekar matjord (0-20 cm).

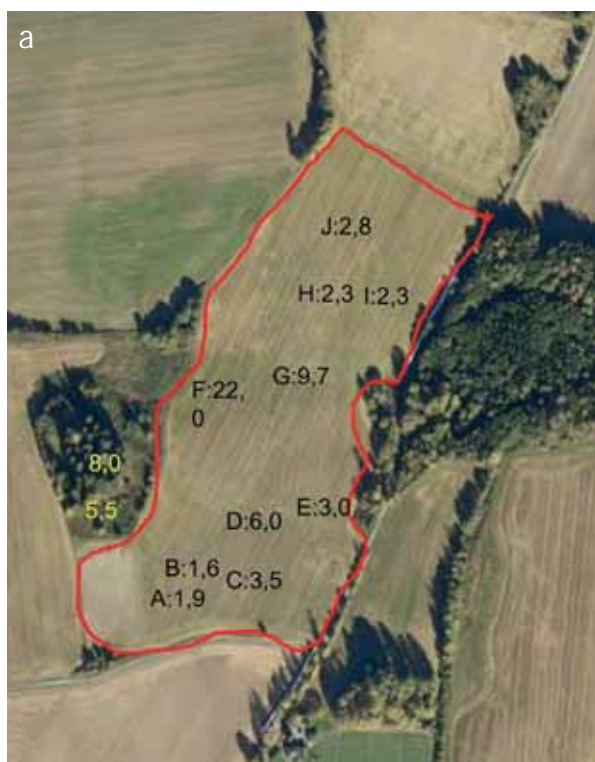
På Nybrottet varierte jordas moldinnhold svært mye (bilde 1; tabell 1). Dette skyldes spesielt topografien. Her er det skarpere jord på ryggene og gammel myr i forsenkningene. Innholdet av karbon varierer fra 1,6 til 22 % av tørrstoffet. Jordas C/N-forhold var i snitt 10, og varierte fra 6,8-13,7. C/N-forholdet økte med økende karboninnhold på grunn av mye gammel torv med høyt karboninnhold.

Glødetapet var helt korrelert med innhold av organisk karbon ($r^2 = 0,99$; figur 1a), og er et godt mål på karboninnholdet i denne morenejorda. Spesielt om en vil følge utviklingen i innholdet av organisk karbon over tid på en bestemt lokasjon. Vil en sammenlikne over større areal bør en ta hensyn til leirinnholdet.

Innholdet av nitrogen viste en lineær sammenheng med det organiske materialet ($r^2 = 0,99$; figur 1b). Dette viser at nitrogen er knyttet til det organiske materialet og at endringer i moldinnholdet opp eller ned også vil involvere endringer i jordas nitrogenbeholdning.

Tabell 1. Innhold av organisk C, Total-N og C/N-forhold i jordprøver fra Møystadfeltet og Nybrottet. På Møystadfeltet er standardavviket angitt

	Organisk C % av ts	Total N % av ts	C/N-forhold
Møystadfeltet			
a) Ugjødset	2,50±0,14	0,32±0,01	7,8
b) Mineralgjødsel	2,50±1,13	0,32±0,08	7,9
c) Husdyrgjødsel lav	2,75±0,21	0,32±0,03	8,6
d) Husdyrgjødsel middel	3,05±0,07	0,36±0,01	8,6
e) Ettervirkning etter husdyrgjødsel høy	3,40±0,42	0,38±0,04	9,1
Utenfor feltet	4,0	0,46	8,7
Nybrottet			
Felt A	1,9	0,28	6,8
Felt B	1,6	0,23	7,0
Felt C	3,5	0,33	10,7
Felt D	6,0	0,51	11,8
Felt E	3,0	0,29	10,3
Felt F	22,0	1,62	13,7
Felt G	9,7	0,78	12,4
Felt H	2,3	0,26	8,8
Felt I	2,3	0,24	9,6
Felt J	2,8	0,32	8,8



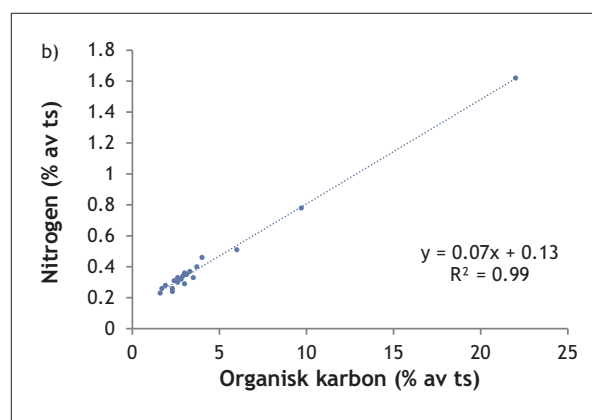
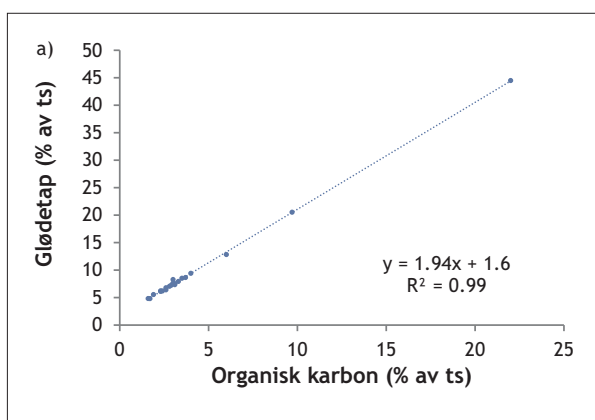
Bilde 1. a) Flyfoto av Nybrottet ved Hoff kirke på Toten med plassering av forsøksfelt og målt moldinnhold (organisk C). b) Jord med ulikt moldinnhold på Nybrottet.

Frigjøringsmønster for nitrogen

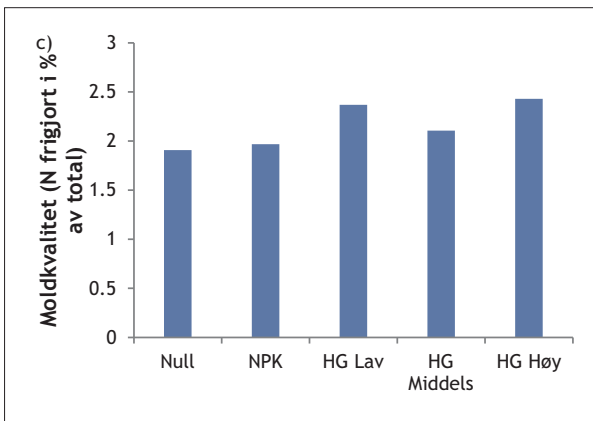
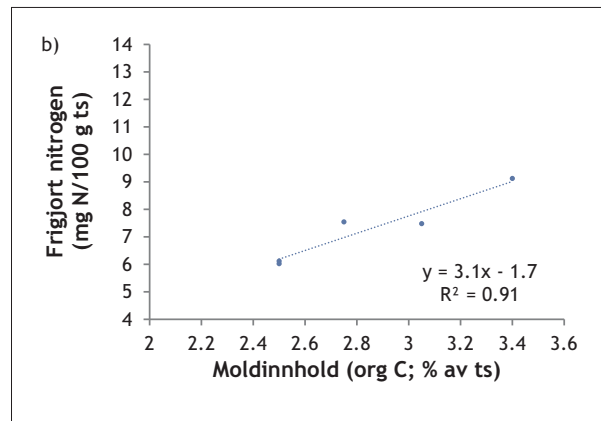
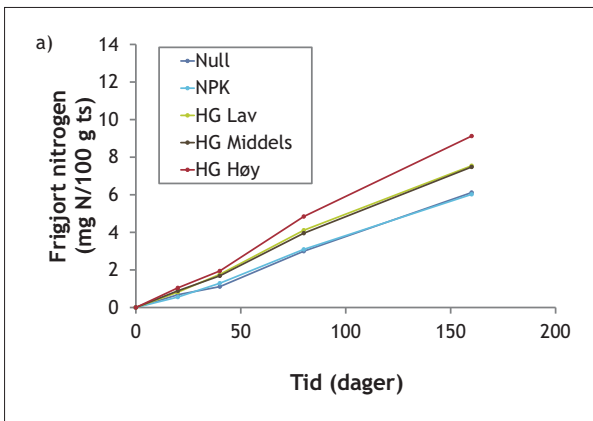
Jordas evne til å forsyne planter med næring er i stor grad knyttet til leveransen av nitrogen. Frigjøring av nitrogen fra jorda ble målt direkte i inkubasjonsforsøket. For jorda fra Møystadfeltet var frigjøringen av nitrogen (mg/100 g jord ts) lik på null-leddet og på jord gjødslet med NPK. Jord som hadde fått tilførsel av husdyrgjødsel hadde høyere frigjøringsrate for nitrogen (figur 2a). Dette skyldes høyere innhold av mold (figur 2b), men også at «kvaliteten» på molda var bedre der det er brukt husdyrgjødsel enn på ugjødsla og NPK-gjødsla jord.

En høyere prosentandel av jordas nitrogenlager var frigjort på ledd med husdyrgjødsel (Figur 2c).

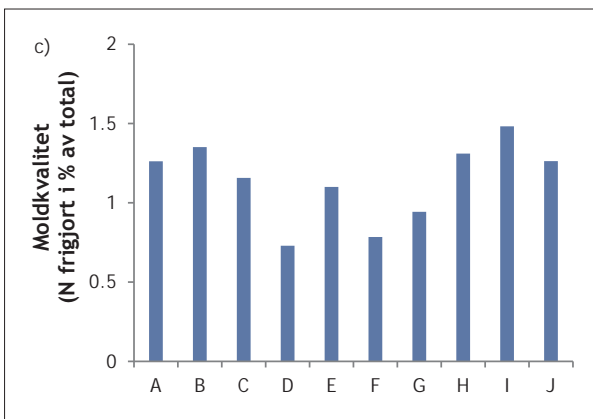
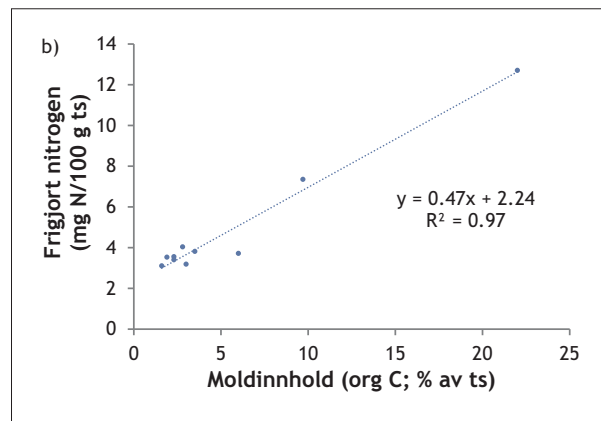
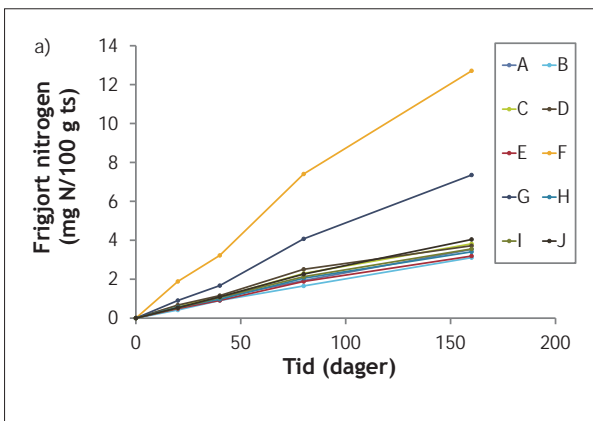
På Nybrottet var det store forskjeller i jordas evne til å levere nitrogen. Det var absolutt størst frigjøring fra de to prøvene med organisk jord (figur 3a). Dette kan forklares med det store moldinnholdet (figur 3b). Resultatene viser videre at kvaliteten på molda/evnen til å levere nitrogen var betydelig dårligere på Nybrottet (figur 3c) enn på Møystadfeltet (figur 2c). På Nybrottet har det så vidt vi vet ikke vært annet enn korn og potet de siste 50-60 årene, fjerning av halm og det har vært gjødslet med mineralgjødsel. Resultatene indikerer at det ensidige åpenåker-omløpet har resultert i lav moldkvalitet.



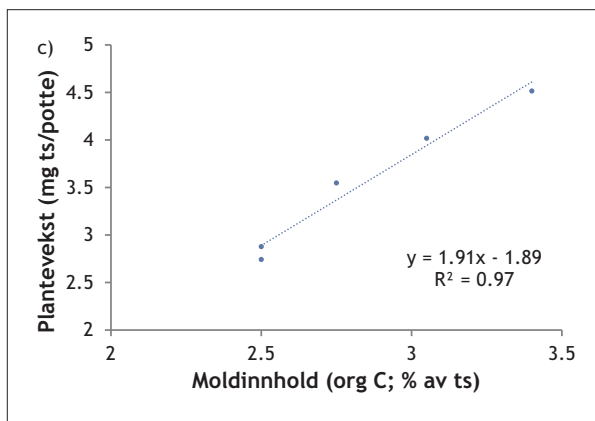
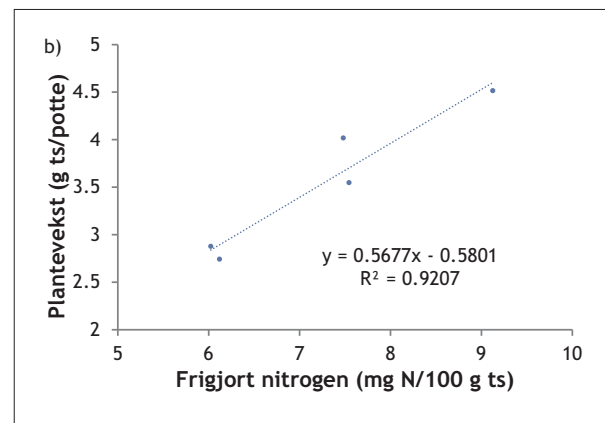
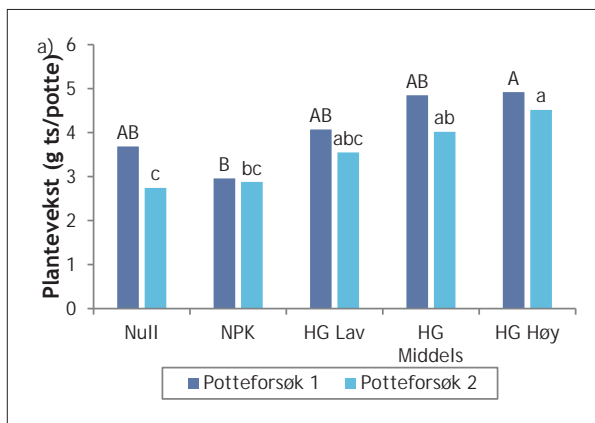
Figur 1. a) Sammenheng mellom målt glødetap (550 °C; 4 timer) og målt innhold av organisk C; b) Sammenheng mellom C og N i jordprøver (n=21).



Figur 2. Møystadfeltet. a: Frigjøringsmønster for nitrogen i inkubasjonsforsøk over 160 dager. b: Sammenheng mellom mengde nitrogen frigjørt etter 160 dager og jordas innhold av mold (organisk C). c: mengde nitrogen frigjørt etter 160 dager i prosent av total nitrogenmengde.



Figur 3. Nybrottet. a: Frigjøringsmønster for nitrogen i inkubasjonsforsøk over 160 dager. b: Sammenheng mellom mengde nitrogen frigjørt etter 160 dager og jordas innhold av mold (organisk karbon). c: mengde nitrogen frigjørt etter 160 dager i prosent av total nitrogenmengde.



Figur 4. a: Avlinger i potteforsøk med jord fra Møystad og sammenheng mellom avlingene i det andre potteforsøket og b: nitrogen frigjort i inkubasjonsforsøket og c: moldinnholdet (organisk C).

Plantevekst i potter

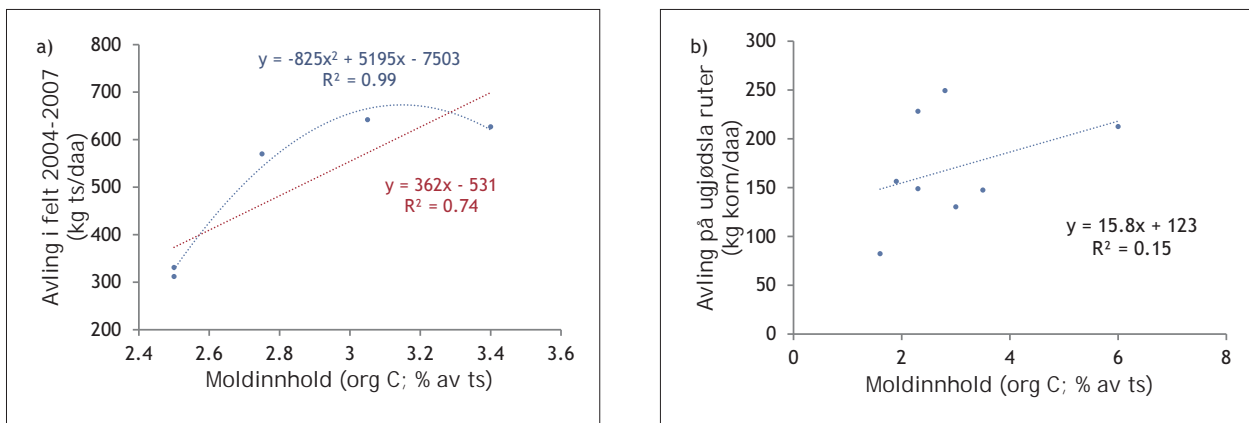
For jord fra Møystadfeltet målte vi vekst av bygg i et veksthusforsøk. Siden jorda ble tatt ut midt i engomløpet antok vi at dette ville påvirke resultatet av veksthusforsøket. Dette fordi planterester (ferske, ikke omdannede planterester og eksudater) har en positiv nitrogeneffekt. Vi valgte derfor å gjennomføre to etterfølgende veksthusforsøk med den samme jorda i pottene. Avlingene (plantetørrstoff ved Z 49) viste seg også å være signifikant høyere i første runde enn i det påfølgende forsøket (figur 4a).

Jord fra ledd tilført husdyrgjødsel gav signifikant høyere avlinger enn ugjødsla jord og jord gjødsla med NPK. Bruk av NPK-gjødsel gjennom ett hundre år har i dette forsøket ikke resultert i noen forbedret fruktbarhet sammenliknet med ugjødslet ledd. Her må vi nevne at vekstskiftet med 3/7 eng nok har modifisert virkningen av de ulike gjødslingsregimene. Spesielt tenker vi at innslag av kvitkløver i enga på de ugjødsla rutene (til tross for sprøyting) kan ha jevnet ut forskjeller mellom ledd. Avlingene i potteforsøk 2 var høyest i jord fra ruter gjødslet med husdyrgjødsel. Resultatene var tett korrelert med resultatene fra inkubasjonsforsøket (figur 4b) og med mold-innholdet (figur 4c).

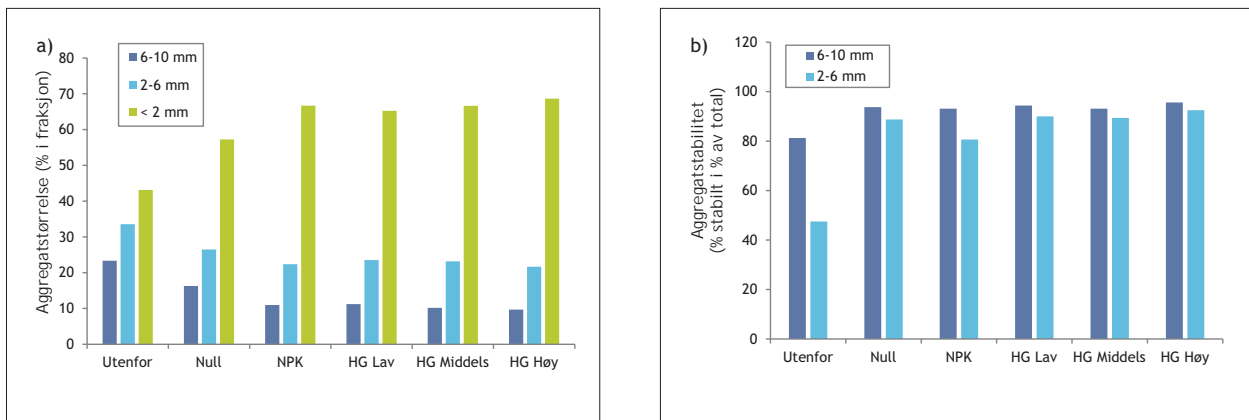
Avlinger i felt

Moldinnholdet spiller en helt sentral rolle for jordas fruktbarhet, og leveranse av nitrogen (som vi undersøkte under laboratorieforhold) er en viktig egenskap. Mellom 2004 og 2007 ble det på Møystadfeltet ikke tilført noe gjødsel på de forsøksleddene som inngikk i vårt prosjekt. Avlingene i perioden reflekterer derfor jordas fruktbarhet etter ulik gjødsling i 80 år. Avlingene (2004-2007) var godt korrelert (lineært) med moldinnholdet målt i 2019 ($r^2=0,74$), og velger vi en kvadratisk korrelasjon blir $r^2=0,99$ (figur 5a). Under feltforhold har vi tidligere sett at den positive effekten av mold flater ut ved et moldinnhold på ca. 6 % (3 % C). Det skyldes at det i første rekke er den fysiske effekten på jordas struktur som gir verdien av mold når det ellers tilføres tilstrekkelig med næring, og at denne effekten altså flater ut. Valg av kvadratisk funksjon er derfor ikke helt urimelig. Avlingene i felt var også godt korrelert med inkubasjonsforsøket ($r^2=0,75$) og potteforsøket ($r^2=0,87$).

På Nybrottet ble det målt byggavlinger på ugjødslete ruter der jordprøvene ble tatt fra. Dessverre ble det ikke målt avlinger på feltene F og G, som hadde



Figur 5. Sammenheng mellom moldinnhold (organisk karbon; TOC) og avlinger på a: Møystadfeltet (gjennomsnitt 2004-2007) og b: Nybrottet (i 2019).



Figur 6. Møystadfeltet. a: Fordeling av jordaggregat i fraksjoner og b: stabilitet av disse målt i en regnsimulator.

høyest moldinnhold. Årsaken var at disse feltene ble ødelagt av regn og erosjon tidlig på sommeren. I 2019 fikk vi dobbelt så mye regn som normalt i månedene mai og juni. Dette resulterte antagelig i nedvasking av frigjort nitrogen, og en dårlig sammenheng mellom moldinnholdet og avlingene ($r^2=0,15$) (figur 5b). Det var noe bedre sammenheng mellom resultatene fra inkubasjonsforsøket og avlingene i felt ($r^2=0,48$). Det er altså ikke alltid at avlingene i felt et enkelt år sier særlig mye om jordas potensielle fruktbarhet. Noen ganger kan kanskje lab-resultater være vel så beskrivende.

Aggregatstabilitet

Stabiliteten til aggregatene i jorda sier mye om hvor robust den er med hensyn til agronomisk behandling samt slemming og erosjon etter nedbørsepisoder. Jordaggregatene ble sortert i fraksjonene <2, 2-6 og 6-10 mm og stabilitet ble målt på 2-6 og 6-10 mm fraksjonene. Vi inkluderte måling av en enkeltprøve fra utsiden av feltet. Den ble tatt 20 meter unna, på et areal der det har vært ensidig korn i minst 50 år.

Resultatene er vist i figur 7.

Det mest iøynefallende ved resultatene er forskjellen mellom prøven tatt på arealet med ensidig korndyrking og prøvene fra selve Møystadfeltet. Moldinnholdet var høyere på det ensidige kornarealet (4 % TOC) enn på forsøksarealet (2,8 % TOC) og dette skyldes nok den store stedlige variasjonen i moldinnhold på denne morenejorda. Prøven ble tatt ut i et lite dråg, mens Møystadfeltet i hovedsak ligger på en lav rygg. En skal ikke legge så mye vekt på en slik enkeltprøve, men resultatene antyder at ensidig kornproduksjon kan gi mer klump og mindre små aggregat enn et variert vekstskifte med korn og gras som vi har på Møystadfeltet. Stabiliteten til aggregatene var også betydelig lavere på prøven fra kornarealet enn fra prøvene på forsøksfeltet. Vi antok at den ubetydelige forskjellen i aggregatstørrelse og -stabilitet mellom ledd på selve Møystadfeltet skyldes at prøveuttaket skjedde i 2. engår og at forskjellen kunne være større i deler av omløpet med korn. På leddet med NPK-gjødsel og leddet med ettervirkning etter

høy dose husdyrgjødsel tok vi derfor nye målinger av aggregatstørrelse og -stabilitet etter at jorda var brukt i to etterfølgende pottforsøk. Vi fikk imidlertid ingen større forskjeller mellom leddene.

Verdien av mold

Det er innholdet av mold som gjør løsmasser til matjord. Stort innhold av mold forbedrer næringstilgangen, vann- og luftvekslingen og aggregeringa. Og jo dypere matjorda strekker seg, jo bedre. I vårt prosjekt har vi spesielt sett på jord fra Møystadfeltet ved Hamar, der en sammenlikner husdyrgjødsel mot ulike kombinasjoner av mineralgjødsel. Forsøket har pågått i 100 år, og dermed nærmer man seg et likevektsnivå for moldinnhold for de ulike behandlinger. Det praktiseres et 7-årig vekstskifte med havre, hvete, bygg og tre engår. Dette vekstskiftet ser ut til å være et svært godt og robust system for matproduksjon på morenejorda rundt Mjøsa. Tilførsel av omsettelig karbon og nitrogen er tilstrekkelig til å underholde et aktivt jordliv og sikre stabil aggregering av jorda. Vi ser liten forskjell i aggregatstabilitet uansett om vi tilfører mineralgjødsel eller husdyrgjødsel og jorda tålte godt det doble pottforsøket. Stabiliteten varer altså ved over tid. Jorda var betydelig mer stabil på forsøksfeltet enn på åkeren 20 m unna til tross for høyere moldinnhold på sistnevnte lokasjon. Der drives det ensidig kornproduksjon og det høstpløyes. Denne observasjonen stemmer godt med data fra dyrkingssystemforsøket på Apelsvoll. Der finner vi også at åpenåker, høstpløying og halmfjerning gir dårlig aggregatstabilitet. Det er kjent fra tidligere at aggregatstabiliteten på morenejord stiger med økende moldinnhold inntil ca. 6 % mold. Det er omtrent der vi ligger på Møystadfeltet. Men det er altså ikke bare moldinnholdet som sådan som spiller inn. Det dreier seg også om hvor mye, og hva slags input av omsettelig organisk stoff man gir jorda, altså i hvilken grad man stimulerer jordorganismene gjennom vekstskiftet (snarere enn gjennom husdyrgjødsel) samt i hvilken grad man utsetter jorda for eroderende krefter (altså høstpløying).

På Møystadfeltet ser vi at kontinuerlig bruk av husdyrgjødsel har gitt et høyere moldinnhold og at denne molda har en høyere kvalitet enn der det brukes mineralgjødsel eller er ugjødslet. En større andel av nitrogenlageret er tilgjengelig for frigjøring når det er brukt husdyrgjødsel, og

dette gir økt plantevekst om nitrogentilførselen er minimumsfaktor.

På Nybrottet var det en stor forskjell i moldinnhold fra sted til sted, og resultatene viste at frigjøring av nitrogen var godt korrelert med moldinnholdet. På slike areal kan det derfor være svært aktuelt med differensiert gjødsling når utstyr for presisjonsgjødsling blir billig og tilgjengelig. Det er rett å hevde at moldinnholdet betyr svært mye for jordas iboende fruktbarhet. Steller vi jorda rett så kan den gi gode avlinger selv i krisetider hvor tilgang på gjødsel kanskje er begrenset. Moldinnholdet har likevel sunket betydelig over hele Østlandet de siste 50 år, og det er høyst sannsynlig mold av best kvalitet som forsvinner først. Det er vanskelig å se for seg hvordan vi i praksis skal klare å øke moldinnholdet og fruktbarheten på norsk åkerjord vesentlig på kort sikt. Over noen år vil tilbakeføring av organisk avfall (biorest) og kloakkslam samt bruk av fangvekster og tilbakeføring av halm kunne bidra til økt jordfruktbarhet. Videre bør en vurdere til hvilket jordsjikt en skal tilføre det organiske materialet. Om en ønsker å oppnå ei robust jordoverflate som kan takle fremtidige ekstremnedbørsepisoder bør ikke det organiske materiale blandes for dypt inn.

Konklusjon

Det varierte vekstskiftet, (med tre engår og fire år åpen åker), samt redusert jordarbeiding gir en god jordstruktur, med stabile aggregat på moreneletteira på Møystadfeltet. I vår undersøkelse var kontinuerlig bruk av husdyrgjødsel av mindre betydning for stabiliteten, men resulterte i økt innhold av mold sammenliknet med mineralgjødsel og med ugjødsla jord. Og denne molda hadde god kvalitet, med stor leveranse av nitrogen. Kontinuerlig bruk av husdyrgjødsel gir derfor ei fruktbar jord som igjen gir gode avlinger selv om en kutter i den normale gjødslinga. Sammenliknet med ugjødsla jord, gav bruk av mineralgjødsel ingen slik økning i moldkvaliteten i vår undersøkelse.