



G. Wærth 27/8-41.
N:o.

JORDBRUKETS MIKROBIOLOGI.

Den spesielle del.

av

A.E. Traaen.

1936

Innholdsfortegnelse.

	Side
Innledning	1
Bestemmelse av mikrobenes antall	2
Omsetningsforsök	6
Jorden som tilholdssted for mikrobene	9
Mikrobene og mineralstoffene	11
Nedbrytningen av det organiske materiale.	12
I. Det kvelstoffri materiales nedbrytning	14
Cellulosespaltingen	15
Kulldioksydproduksjonen	19
II. De kvelstoffholdige organiske stoffers nedbrytning	23
Humus og humusnedbrytningen	28
Salpeterdannelsen	31
Nitratreduksjon. Assimilasjon av kvelstofforbindelser	34
Denitrifikasjon	35
Kvelstoffsamling	36
De frittlevende kvelstoffsamlende bakterier	37
Belgplantenes knollbakterier	39
Hvor meget kvelstoff samler bakteriene?	44
Oversikt over kvelstoffomsetningene i jord.	47
Mikrobelivets påvirkning av ytre faktorer	51
Gjødsel og dens gjæring	55
Selvopvarming av høi	62
Surfor	69

I n n l e d n i n g.

Det kan se ut som om jorden er uten liv. Det er imidlertid langt fra tilfelle. For mellom og på jordens partikler av uorganisk og organisk natur som skriver sig på den ene side fra forvitrede bergarter, på den annen fra levninger efter planter og dyr, lever der en verden av mikroskopiske vesener av forskjellig art i et meget stort antall individer, og dessuten holder der også til i jorden et større eller mindre antall av dyr som metemarker, insekter m.m.

De mikroskopiske organismer det her dreier sig om, er bakterier, strålesopp, muggsopp, lavere alger og protozoer, og de optrer i tildels næsten utrolig stort antall i jorden.

Hvilke organismer som ved nærmere undersøkelse viser sig å holde til der, og i hvor stor mengde de optrer, avhenger både av jordens art og av forskjellige ytre faktorer som temperatur, fuktighet, lufttilgang og ikke minst av jordens innhold av næring.

Jordarter som skiller sig fra hverandre i fysisk og kjemisk henseende, vil også være forskjellige med hensyn til arten og antallet av de mikrober som lever i den. Hvis en jord derimot befinner sig under konstante kjemiske og fysiske betingelser, vil den besidde en vel definert og temmelig konstant mikroflora. Men hvis en eller flere av de givne faktorer varierer, inntreffer det forandringer i mikrofloraen både i kvantitativ og kvalitativ henseende.

Jorden er det naturlige opholdssted for disse mikrober, og de utfører et meget omfattende og meget forskjelligartet arbeide i den. De omformer nemlig i stor stil de stoffer jorden inneholder, først og fremst dens organiske stoffer, og spalter disse for en stor del meget komplisert opbyggede forbindelser til enklere stoffer, trin for trin og ad mange forskjellige veier, således at det tilslutt foreligger stoffer i så enkel form at de grønne planter umiddelbart kan opta dem som næring. Av de kullstoffholdige stoffer som destrueres, fremkommer før eller senere kulldioksyd som endeprodukt, av de kvelstoffholdige ammoniakk. Disse stoffer tjener så de grønne planter til næring, kulldioksyd direkte, ammoniakk også umiddelbart eller efter at den i jorden er blitt overført til salpeter.

Mikroorganismene tar således en meget virksom del i stoffenes kredslöp i naturen. De representerer først og fremst den ene side av kredslöpet, den nedbrytende virksomhet, mens de grønne planter vesentlig representerer den oppbyggende virksomhet.

Bestemmelse av mikrobenes antall.

Skal man kunne lære å kjenne nærmere egenskapene hos de mikrober som holder til i jorden, og komme etter hvilke stoffomsetninger som skyldes dem, må man ha midler til å isolere dem og studere dem i ren tilstand og dessuten kunne påvise, hvorledes deres virksomhet i jorden under naturlige betingelser arter sig.

Det kan også være av interesse å komme etter, hvor mange det finnes tilsammenlagt av mikrober i jorden, eller hvor mange det finnes av en eller flere bestemte arter.

For å prøve å bestemme antallet kan man gå frem på 2 måter, enten gjøre direkte iakttagelse og telling under mikroskopet eller benytte sig av kultursubstrater.

Den direkte mikroskopiske metode består i at man lager sig en suspensjon av den jord man vil undersøke, og stryker ut en bestemt liten mengde av suspensjonen på et rent objektglass, lar den tørke inn og så farver med et egnet farvestoff. Derefter teller man under mikroskopet, hvor mange celler det finnes i preparatet. Og da det utströkne utgjör en viss liten del av den suspensjon, hvori f.eks. 1 g jord er fordelt kan man lett regne ut, hvor mange kim det finnes i denne mengde jord.

Man tilsetter gjerne litt gelatin til suspensjonen (0,15 g pr. l.) for å få frem en hinne som omgir partiklene og som fester dem til glasset. Det farvestoff som brukes er erythrosin eller rose-bengal (1% opplösning av farvestoffet i 5% vandig opplösning av fenol). Av jord tar man $\frac{1}{2}$ g i 4 - 5 cm³ steril gelatinoplösning, ryster godt og tar herav et stort platinaöie fullt som strykes ut over 1 cm² flate. (Conns fremgangsmåte)

Modifikasjoner i fremgangsmåten er foreslått bl.a. av Winogradsky. Jordpröven pulveriseres og suspensjonen centrifugeres etter hans metode.

En metode som den nevnte kan være egnet til å telle bakterier og protozoer i jorden, da enkeltcellen hos disse representerer individet, men ikke for Actinomyceter og hyfesopp. Strålesoppenes fine tråder og deres rekker av formeringsorganer vil ved rystningen bli delt op i småstykker, så man kan ikke ved å iaktta dem slutte noget som helst om individantallet. Noget lignende gjelder også om hyfesoppene.

For å finne ut om bakteriene optrør enkeltvis eller i samlinger i jorden, kan man bruke Cholodnys (eller Rossis) metode. Man anbringer et dekkglass i jorden således at det kommer i kontakt med jordpartiklene og lar det ligge et par ukers tid. Tar det så frem, gjör den ene side ren, og etter tørkning fikserer man den annen side i flammen, vasker forsiktig med vann de grovere jordpartikler av og farver.

Ved mikroskopisk undersøkelse finner man at adskillige mikrober har vokset inntil glasset og optrer som kolonier på det og på jordpartiklene.

Man er ved å bruke sådanne metoder, hvor bakteriene iakttas under mikroskopet, kommet til at de for en ikke liten del optrer på jordpartiklene i kolonier, bestående av et større eller mindre antall celler, og at mellemlrummet mellom kokoniene kan være bakteriefritt.

Det er overveiende små kortstaver og kulebakterier man finner ved direkte mikroskopisk iakttagelse. Denne bakterienes ujevne fordeling, at det ikke sjelden er vanskelig å skjelne mellom bakterieceller og jordpartikler og mellom døde og levende bakterier, gjør at det er vanskelig å komme til et nøiaktig og sikkert resultat særlig med hensyn til antallet av levende bakterier i en jord etter denne metode.

Kulturmetoder for bestemmelse av bakterieinnholdet.

1. Når man for noen årtier siden vilde bestemme bakterieantallet, fortynnet man den jord som skulle undersøkes med steril jord eller med sterilt vann og sådde ut på gelatinsubstrat. Men man kom ikke på denne måte frem til noen overensstemmelse mellom de tall man fikk for bakterieantallet og jordens ydeevne.

2. Så forsøktes fortynningsmetoden. Etter denne fortynner man jorden i en serie av glass med sterilt springvann, så man får en rekke fortynningsgrader, og fra endel av de sterkest fortynnete oppløsninger tas sterilt ut 1 cm^3 som så overføres i spesiell sterile næringsopløsninger. Disse egner sig hver for sig for utvikling av bestemte grupper av mikroorganismer. Inntreter det vekst i et sådant substrat, hvilket i almindelighet lett kan iakttas, idet oppløsningen blir uklar, eller det begynner gjæring i den o.s.v. og dette bare inntreffer i de mindre sterke fortynninger, mens det ikke er bakterieutvikling i de sterkest fortynnete oppløsninger, (hvilket inntreffer når man har fortynnet sterkt nok), kan man herav nogenlunde sikkert beregne, hvor mange bakterier av den slags som trives i denne bestemte næringsopløsning jorden inneholder. På denne måten kan man underkaste en jordprøve analyse i mange forskjellige henseender med hensyn til forekomsten av bakterier med bestemte fysiologiske egenskaper. Men det sier sig selv at det kreves meget arbeide for å undersøke jorden i disse mange henseender. Man må lage istand en hel del næringsopløsninger og bruke en rekke reagensglass av hver oppløsning, så det hele blir nokså omstendelig.

3. Platemetoden består i at man også lager en rekke fortynninger av jorden i sterilt vann og henter ut 1 cm^3 av et par av de siste fortynninger, men her heller man dem ut i kulturskåler med flytende næringssubstrat

som snart efter stivner. Man har truffet en riktig fortykning, hvis det i substratet på skålen fremkommer 40 - 200 kolonier. Substratet inneholder næringen for bakteriene og er dessuten tilsatt så meget agar-agar eller gelatin at det holder sig flytende ved litt høiere temperatur, men stivner ved værelsetemperatur og lavere.

Nu er det ikke mulig å lage et næringssubstrat, som alle de i jorden levende mikrober kan trives på. Det er bl.a. i jorden bakterier som ikke kan vokse på annet enn bare uorganiske stoffer, for hvem oppløste organiske stoffer virker som gift. De cellulosespaltende, endel kvælstoffsamlende og urinstoffspaltende bakterier vokser heller ikke på de vanligvis brukte substrater. Og bruker man som kulturskåler de vanlige Petriskåler, hvor luftens surstoff lett får adgang til substratet, utvikler under vanlige betingelser bare aerobe mikrober sig i det, mens de anaerobe kim som sammen med de øvrige er blitt fordelt i substratet ikke finner betingelser for å kunne utvikle sig.

Så det er klart at det tall man får, når man teller op bakteriekoloniene ved en spredning ikke kan svare til totalantallet av bakterier i jorden, men bare til en større eller mindre del av dette. Men for de bakterier som trives på det substrat man benytter, gir uten tvil analysen et nokså korrekt tall, og et tall som stemmer godt med, hvad man for de samme bakterier finner efter fortykningsmetoden.

Nu kan man også bruke substrater med forskjellig næringsstoffinnhold og på den måte få en analyse av jordens innhold av fysiologisk forskjellige grupper. Men det blir selvsagt meget omstendelig å komme til en selv bare en nogenlunde fullstendig klarleggelse av de mengder de forskjellige mikroorganismegrupper i jorden optrer i.

Strålesoppene som utgjør en betydelig del av mikrobeinnholdet, vokser i almindelighet godt på de substrater man vanligvis benytter til jordens bakterier.

Å finne noget pålitelig tall for antallet av soppindivider i jorden (bortsett fra gjær og gjær lignende organismer) er som tidligere nevnt ikke mulig. Men selv om man ikke opnår dette, vil spredninger fra jord på næringssubstrater med en sammensetning som egner sig for sopparter, allikevel i det store og hele gi et ganske godt bilde av, hvilke sopparter det er som forekommer i den analyserte jord.

Som nevnt var det til å begynne med de samme substrater som blev brukt for patogene bakterier man brukte, når man vilde undersøke jordens bakterieinnhold. Men buljonggelatinen som er så verdifull for sykdomsbakterier egner sig lite for studiet av jordbakteriene. På buljongsubstrater

(Buljonggelatin)

i det hele vil lett endel rasktvoksende bakteriearter gro utover skålene og hindre utviklingen av mange andre sentvoksende. Buljongsubstratene er heller ikke konstante i sin sammensetning.

Man må sette det krav til et næringssubstrat som skal brukes i kvantitativt øiemed at det tillater utvikling av det størst mulige antall av jordens bakterier og at de næringsstoffer det inneholder er konstante, så at man nårsomhelst og i alle laboratorier kan lage substrater som er helt overensstemmende i enhver henseende. Først da er det mulig å kunne sammenligne de resultater som fremkommer ved spredningene.

Efter å være kommet til at buljongsubstrater ikke gav gode resultater, gikk man, idet man derved mente å skulde komme de naturlige betingelser i jorden imøte, over til å bruke jorduttrekk som grunnopløsning med tilsetning av små mengder organiske næringsstoffer. Men dette tilfredsstillte jo ikke kravet om helt ensartet næringsopløsning. Og da man fant at man opnådde omtrent like meget ved å undvære jordekstraktet, anvendes nu mest opløsninger av helt ut kjente og konstante kjemiske stoffer tilsatt utvasket agar - agar til spredning. Ikke nogen kan ennu sies å være helt tilfredsstillende av disse substratene, men man opnår iallfall adskillig bedre resultat enn tidligere.

Som kvelstoffnæring istedenfor pepton brukes eggalbumin, kasein, asparagin eller natriumasparaginat, som kullhydratnæring druesukker (eller glycerin). Dertil kommer de nødvendige mineralstoffer. Ialt utgjør de nevnte næringsstoffer tilsammen bare omtrent 2 g til literen. Næringsmidlets reaksjon gjøres omtrent nøytral (pH 6,5 - 7,0). På disse substrater vokser også Actinomyces-artene frem.

Til protozoene anvendes et eget substrat, likeså til soppene, hvor det brukes et surt substrat med betydelig høiere innhold av sukker (pH ca. 4,0.)

Ved biologiske analyser av jord er man kommet til at bakteriene almindeligvis optrer i betydelig større antall enn de øvrige grupper av mikroorganismer.

Efter platekulturmetoden finner man et bakterieinnhold av fra $\frac{1}{2}$ til 40 mill. pr. g jord i de fleste jordprøver. I meget næringsfattig jord kan dog tallet ligge adskillig lavere, og i meget rik jord kan man finne mer enn 100 millioner.

De tall man finner ved direkte telling, ligger langt høiere enn ved platekulturmetoden. Tall på 5 til 20 ganger så mange ser man ofte angitt, og det kan være ennu mere. Dette viser at de livskrav mikrobene i jorden stiller med hensyn til næringsstoffer eller i andre henseende, er så forskjell-

ligartede at det bare blir et mindretall som ikke kommer til å savne stoffer eller betingelser som er avgjørende for deres trivsel i det substrat man byr dem i kultur. Men selv om man slett ikke får alle til å vokse frem på skålene, vil allikevel spredningene være verdifulle, idet man lærer å kjenne en ikke liten del av de bakterier som lever i jorden, og denne metode vil også være egnet til å konstatere variasjoner i bakteriellivet i en og samme jord, foruten at man ved hjelp av den kan foreta sammenligninger med hensyn til bakterieartene og deres antall i de forskjellige jordarter man analyserer.

De kolonier av Actinomyces som kommer frem på skålene, utgjør oftest fra 5 - 40% av totalantallet. Protozoene kan man regne i lo 000 eller 100 000-ener.

Tall av denne størrelse får man også, når man teller op koloniene ved soppspredningene.

Av bakterier er det overveiende små stavbakterier man finner. Store staver og sporer finnes ikke så meget av.

Av sopp finner man adskillige Mucor-arter, Penicillium-arter, Aspergillus-arter og mange andre, ikke minst av Fungi imperfecti. Gjær optrer også, lite av ekte gjær, men av Torulaceer. Basidiomyceter er sjeldnere i akerjord, men i engjord og særlig skogjord er det ikke så lite av dem. Imellem kan soppmycel gjennomveve skogjorden på kryss og tvers. Av protozoene forekommer der en hel del arter av forskjellige slekter. De lever for en stor del av bakterier og soppmycel.

O m s e t n i n g s f o r s ø k .

Mens man ved platemetoden søker å bestemme antallet av mikrober i jorden, kan man benytte omsetningsforsøk for å bestemme mikrobenes evne til å bevirke kjemiske forandringer med stoffene i jorden. Det var Th. Remy som først planmessig benyttet sig av sådanne metoder, og senere utviklet F. Löhnis og andre dem videre.

Man kan utføre sådanne forsøk i næringsopløsninger eller i prøver av jorden selv. I første tilfelle lager man en næringsopløsning som inneholder det bestemte stoff, hvis omsetning man vil undersøke.

Gjelder det salpeterdannelse, lager man en næringsopløsning av bare uorganiske stoffer og som inneholder en bestemt mengde av et ammoniumsalt. Så blir oppløsningen tilsatt en bestemt mengde av den jordprøve man vil undersøke, og man bestemmer så ved kjemisk analyse, hvor meget nitrat det ved bakterienes virksomhet er dannet etter forskjellig tids forløp eller

ennu enklere bestemmer, hvor lang tid det tar, for all ammoniakken i oppløsningen er omsatt. Hvis man utfører sådanne forsøk med flere jordprøver av forskjellig slags samtidig, kan man for det første konstatere, om disse jordprøvene inneholder salpeterdannende bakterier eller ikke, og i første tilfelle, efter den raskhet salpeterdannelsen skjer med, slutte til liten eller rikelig forekomst av nitrifiserende bakterier i jordprøven.

Ennu bedre og nøiaktigere utfører man nitrifikasjonsforsøk i jorden selv. Man veier da av en prøve av jorden på f.eks. $\frac{1}{2}$ eller 1 kg. og anbringer den i en krukke eller et glass og lar den stå med et passende fuktighetsinnhold ved konstant temperatur en viss tid. Man bestemmer, når forsøket begynner, hvor meget salpeter jorden da inneholder, og kan senere igjen til forskjellige tidspunkter gjøre nye bestemmelser. Differensene viser, hvor meget salpeter det er fremkommet i jorden i forsøkestiden. Sådanne bestemmelser av jordens nitratinhold kan utføres meget nøiaktig. Man finner ved sådanne forsøk en jords "nitrifiserende evne". Den kan f.eks. angis i mg salpeter fremkommet i 1 kg jord i løpet av 1 måned. Utføres sådanne undersøkelser med flere jordarter, finner man gjerne stor forskjell med hensyn til deres salpeterdannende evne.

I sistnevnte tilfelle er salpeteret fremkommet ved omsetning av de kvelstoffholdige stoffer jorden selv inneholder.

Man kan også foreta nitrifikasjonsforsøk således at man innfører i jorden et eller annet kvelstoffholdig stoff og bestemmer, hvor raskt nitrifiseringen av dette stoff foregår i jorden. Er det et oppløselig stoff, tilsettes det i oppløsning, er det ikke, overfører man det i pulverform og blander det godt sammen med jorden. Fra de ved analysen funne mengder av nitrat, fremkommet i et bestemt tidsrum, trekker man de mengder nitrat som jorden uten det tilsatte stoff vilde ha produsert og kan så beregne, hvor stor del av stoffets kvelstoffinnhold er blitt nitrifisert i dette tidsrum.

Man kan på denne måte komme efter, hvorledes det stiller sig med nedbrytningen og mineraliseringen av organiske kvelstofforbindelser som blodmel, kjøttmel, hornsubstans, kalkkvelstoff og mange andre foruten ammoniumforbindelser.

Man kan på tilsvarende måte bestemme det som er blitt kalt "jordens forråtnelseskraft", dens evne til å avspalte ammoniakk av pepton eller andre kvelstofforbindelser, dens denitrifikasjonskraft" m.v.

Man kan også bestemme, hvor lang tid cellulosen trenger for å destrueres i jorden, når man blanner inn finfordelt cellulose i jordprøver og bestemmer celluloseinnholdet ved forsøkets begynnelse og slutt. Differensen vil da gi oss den mengde cellulose som forsvinner fra 1 kg jord i løpet

av nogen måneder.

Man skulde tro at det vilde egne sig best for studiet av de enkelte omsetningsprosesser å benytte sterilisert jord til sådanne undersøkelser. Men man er allikevel blitt stående ved å benytte jorden i naturlig tilstand, tross faktorer av forskjellig art da vil kunne innvirke på den bestemte prosess man studerer. Menaken er den at ved sterilisering av jord bevirkes så store forandringer i den, særlig med hensyn til dens kjemiske beskaffenhet, at sterilisert jord er meget langt fra å være det samme som usterilisert jord fri for levende mikrober.

Alle sådanne omsetningsforsøk åpner utsyn over mikroorganismenes virksomhet i forskjellige retninger i jorden, men de har ikke, hvad Remy og andre efter ham hadde håbet, vist nogen nøie sammenheng mellem en eller flere av mikrobenes stoffomsetninger og jordens produksjonsevne eller fruktbarhet. Man hadde ventet å kunne påvise at de samme årsaker som fremkaller gunstigere eller ugunstigere betingelser for kulturplantene, vilde avspeile sig i mikrobenes eller iallfall visse mikrobers antall eller virksomhet, og at man i så tilfelle måtte kunne slutte fra mikrobenes forhold til de høiere planters trivsel. Den prosess, hvor sammenhengen forsåvidt er best, er salpeterdannelsen. I almindelighet er det så at en jord med sterk nitrifiserende evne også er en fruktbar jord.

Ennvidere har vi i den intensitet, hvormed kullsyre produseres i jorden et mål for, hvor raskt nedbrytningen av de organiske substanser tilsammenlagt foregår. Kullsyren representerer som nevnt endeproduktet ved de kullstoffholdige forbindelsers spaltninger, og når det fremkommer store mengder av dette stoff, er det et bevis for at stoffomsetningene alt i alt går livlig for sig. Med fremkomsten av kullsyre følger også frigjørelse av andre plantensæringsstoffer, så det er sammenheng mellem rik mikrobevirkosmhet i jorden og gode betingelser for plantenes ernæring. En jord med høit innhold av organiske stoffer som lett utnyttes av mikrobenes, er også en fruktbar jord.

Jorden som tilholdssted for

mikrobene.

Ved analyser har man bragt på det rene at mikrobeantallet er størst i de øverste jordlag, oftest ved en dybde av 5 til 15 cm under overflaten. I det allerøverste tynne lag like ved jordoverflaten gjør sollyset og uttørkning vekstvilkårene mindre gode, så her er tallet ikke så høit. Går man så i dybden, finner man at antallet minker, så at det f.eks. i $\frac{1}{2}$ meters dyp kan være mindre enn $\frac{1}{10}$ av det høieste antall, og synkningen fortsetter videre nedover. Først og fremst er det manglende på surstoff og det avtagende innhold av organisk stoff som er årsaken til dette.

Er jorden ikke av jevn beskaffenhet, men slik at det er tydelig skille mellom muld og undergrunn, har undergrunnen langt færre bakterier enn muldlaget. I sandjord minker ikke tallet så raskt mot dybden som vanlig, hvilket skyldes den bedre gjennomluftning.

Jorden er som før nevnt et komplekst system dannet av mineralpartikler, organisk stoff, jordvæsken og jordatmosfæren. Jordpartiklene er omgitt av et gelelignende belegg av organisk og uorganisk materiale i kolloidal tilstand. Jordvæsken finnes dels i det kolloidale belegg, dels utenfor dette mellom partiklene, og det rum som ikke optas av jordvæsken, inntar jordluften.

Jordens mikrober holder vesentlig til i det kolloidale lag, men også i jordvæsken. I hvilken grad næringsstoffene i jorden blir tilgjengelige for mikrobene, bestemmes ikke bare av de faste bestanddeles fysiske og kjemiske beskaffenhet, men også av sammensetningen av jordvæsken og jordluften, av jordens reaksjon og temperaturen. Blir der forandringer i hvilken som helst av disse faktorer, gjør dette sig sterkt gjeldende på jordens mikroflora og dens virksomhet.

Det er jordens uorganiske og organiske kolloider som gir den evne til å absorbere og holde tilbake vann og baser og ssom ved sin pufferevne regulerer reaksjonsforandringer i jorden. Det organiske materiale gir jordens mørke farve. Det består av plante-og dyrerester, mikrobesubstans og stoffer som etterhvert har dannet sig ved destruksjonen av dette materiale. Disse siste er dels produkter som sent og vanskelig omsettes videre, som den resistente del av humusen, dels spalteprodukter av enklere sammensetning, som lett kan utnyttes som næring.

De faste partiklene er av betydning for mikrobene, dels ved at de betinger jordens fysiske beskaffenhet, dels ved at endel av dem som kolloider binder næringsstoffene, som de trenger.

De faste bestanddeler kan så avgi mineralnæring til mikrobenes og dess ten stoffer som inngår kjemisk forbindelse med mikrobenes stoffvekselprodukter, som f.eks. når de av dem dannede organiske og uorganiske syrer blir nøytralisert av mineralenes basiske stoffer.

De forskjellige mineralnæringsstoffer som er nødvendige for mikrobenes og som de optar fra jorden, finnes dels i mineralpartiklene, dels i de organiske og uorganiske kolloider, dels i jordvæsken og dels i utfelt uopløst tilstand. De uopløste stoffer må selvsagt bringes over i oppløsning, hvilket mest skjer ved innvirkning av syrer, kullsyre, organiske syrer og andre, før næringsstoffene kan optas.

Den fuktighetsgrad som mikrobenes i jorden trives best med, opgis ofte i prosent av jordens vekt. Men tallene varierer selvsagt sterkt med jordens spesifikke vekt og dens evne til å opta vann. Denne er langt større i lerjord enn i mager sandjord og ennå større i jord med høit humusinnhold. Det sier mere og blir langt klarere om man angir de relative tall, altså det optimale vanninnhold i forhold til de maksimale mengder vedkommende jord kan opta. Man finner da at det relative fuktighetsinnhold, ved hvilket de viktigere biologiske stoffomsetninger i jorden går for sig med størst intensitet, ligger mellom 60 - 80% av jordens vannkapasitet. Det svarer til at omtrent det halve porevolum er fylt med vann.

Eftersom jorden tørker ut, reduseres mikrobenes virksomhet, men først ved meget lavt vanninnhold innstilles deres aktivitet helt. Større fuktighetsinnhold enn det optimale er ugunstig for de aerobe mikrober, idet surstofftilgangen blir hindret, mens de anaerobe bakteriers virksomhet fremmes ved det. Når jorden er vannmettet, kan surstoffet bare optas ved å bli oppløst i vannet fra luften ovenfra.

Tilgangen på surstoff er sterkt bestemmende for stoffomsetningene i jorden. Ved middels fuktighetsinnhold foregår f.eks. nitrifikasjonen livlig, men øker vanninnholdet opimot jordens metningsgrad, stanser prosessen op, og det kan hende at ikke alene hindres fremkomsten av mere salpeter, men at det allerede dannede under disse betingelser blir spaltet og forsvinner.

Som annet eksempel kan nevnes den måte hvorpå cellulosen i jorden forbrukes. Ved middels vanninnhold spaltes den av hufesopp og aerobe bakterier, ved liten fuktighet av hufesopp og strålesopp, og i vannmettet jord av anaerobe bakterier.

Jordvæskens og jordluftens sammensetning varierer stadig, alt etter de atmosfæriske faktorers innflydelse og stoffomsetningene. Jordatmosfærens innhold av kuldioxyd f.eks. avhenger bl.a. i sterk grad av mengden og arten av organisk materiale i jorden.

Temperaturen bestemmes av klima, årstid og jordens beskaffenhet. Om vinteren er mikrobenes virksomhet stanset op eller nedsatt til et minimum. Om våren begynner deres stoffomsetninger raskere i lettere jord enn i tyngre jord, fordi de første opvarmes raskere enn de andre. Det er først over 10°C at de viktigere mikrobers virksomhet blir forholdsvis livlig, skjönt den allerede er tydelig ved $2 - 5^{\circ}$, mens optimum ligger omkring 25° . Kullstoffomsetningene som de gir sig tilkjenne ved kullsyreproduksjonen öker dog fremdeles, selv om temperaturen stiger betydelig höiere.

M i k r o b e n e , o g m i n e r a l s t o f f e n e .

Mikrobene över innvirkning på de fleste metallersforbindelser i jorden.

Det skjer f.eks. ved at de optar mineralnæring fra de i jorden opplöste salter. Dette gjelder således kaliumsalter, fosfater og sulfater, og disse blir da overført til sammensatte organiske forbindelser. Det er ikke små mengder av fosfater, sulfater og kalium, kalسيوم og magnesium, og i mindre mengder jern, som tas fra jordvæsken og fastlegges i mikrobenes celler.

Ennvidere vil, når cellene av döde planter, dyr og mikroorganismer destrueres, endel av deres mineralinnhold frigjöres i form av uorganiske forbindelser. Men herav blir endel assimilert pånytt av de mikrober som besörger stoffnedbrytningen av dette materiale. Det er først og fremst fosfater og kaliumforbindelser som blir frigjort ved destruksjonen.

Visse elementers forbindelser, f.eks. av svovel, jern og mangan, tjener enkelte bakterier som energikilde. Under surstoffmangel i jorden blir endel surstoffrike forbindelser som nitrater og sulfater brukt som surstoffkilde.

Fremdeles vil stoffer som mikrobene har laget ved sine omsetninger, således kuldioxyd, organiske og uorganiske syrer bidra til oplösning av karbonater, fosfater og silikater. Også innvirkningen av humussyrer på uoplöselige fosfater kan nevnes.

Svovelets omsetninger i naturen minner adskillig om kvelstoffets. Det optas i almindelighet av plantene som sulfat, blir forarbeidet i cellene under reduksjon og inngår i eggehvitmolekylet. Når eggehviten mineraliseres ved bakterievirksomhet, frigjøres det vesentlig som svovelvannstoff, som i jorden blir omsatt på flere måter, men det vanligste og viktigste endeprodukt er svovelsyre.

Overføring av svovelvannstoffet til elementært svovel og den videre oksydasjon til svovelsyre utføres av bestemte autotrofe svovelbakterier av flere slags. Også reduksjon av sulfater og andre svovelforbindelser finner sted i jorden i likhet med denitrifikasjonen for kvelstoffets vedkommende.

N e d b r y t n i n g e n a v d e t o r g a n i s k e m a t e r i a l e .

En av de viktigste oppgaver som tilfaller mikrobene i naturens husholdning, er å overføre de store mengder av organisk stoff som ved de grønne planters og andre levende veseners oppbyggende virksomhet er fremkommet og ved disses død hjemfaller til destruksjon, til enklest mulig form igjen, så at de elementer, hvorav dette materiale er bygget op, pånytt kan utnyttes og inngå i kredsløpet igjen.

Disse organiske forbindelser skriver sig fra døde planter og plantedeler, røtter, stengler, blader, nåler, kvister, stammer, dyrelevninger, dyriske avfallsstoffer og utallige døde celler av bakterier og andre mikrober.

Alt dette destrueres hurtig eller langsomt, blir et bytte for mikroorganismene som angriper og utnytter de stoffer som dette materiale er bygget op av, og omsetter dem på mange forskjellige måter, alt efter stoffenes natur, de mikrobers art som angriper dem, og de betingelser som hersker, trin for trin til stadig enklere sammensatte kjemiske forbindelser. Først når de er helt mineralisert, blir de tjenlige som næring for de grønne planter. En større eller mindre del av stoffene undergår en forholdsvis rask nedbrytning, mens annet materiale går over i humus, jordens mørkefarvede organiske bestanddeler, hvorav endel er meget bestandige stoffer som bare sent og vanskelig undergår videre nedbrytning.

De stoffer som oppbygger det organiske materiale som det her dreier sig om, kan henføres til flere grupper efter sin kjemiske konstitusjon. Det er sukker, stivelse og andre tildels vannopløselige stoffer, videre pentosaner, pektiner og andre hemicelluloser, cellulose, lignin, garvestoffer,

fett, voks, oljer, fettsyrer og tilslutt proteiner og deres spalteprodukter, foruten mineralforbindelser.

Man kan studere de enkelte mikrobers innvirkning på de enkelte stoffer, for sig, men også undersøke virkningen på f.eks. plantesubstansen i sin helhet.

Når organisk materiale i form av dyre - eller planterester kommer i jorden, angripes det av de forskjellige grupper av levende vesener, ikke utelukkende av bakterier, strålesopp og hyfesopp, men også av enkelte protozoer og av ormer og insekter som lever i jorden. Der skjer ved dette hydrolyse, oksydasjon, reduksjon og kondensasjon. Energi blir frigjort og den utnytter mikrobenes til de mange omforminger av stoff, hvortil energi kreves. Ved mikrobenes innvirkning skjer der hydrolyser, oksydasjoner, reduksjoner og kondensasjoner. Endel av det organiske materiale blir fullstendig spaltet, så at det fremkommer kuldioxyd, vann, ammoniak og mineralsalter under aerobe betingelser; under anaerobe fremkommer også metan og vannstoff.

En viss mengde av de stoffer som dannes ved nedbrytningen, blir brukt av mikrobenes til assimilasjon og inngår i deres celler pånytt. Dette kan under aerobe forhold utgjøre 20 - 40% av det oprinnelige materiales vekt. En annen del blir etter spaltingen igjen som mellemprodukter som er forholdsvis motstandsdyktige mot videre innvirkning av mikrobenes, eller det kan også, som når jorden er sur eller vannmettet, fremkomme stoffer som er skadelige for mikrobilivet.

Endel av stoffene i det oprinnelige materiale blir igjen i jorden i uforandret form, når de lett omsetbare er forsvunnet, således fett, voks, garvestoffer, harpiks, visse hexosaner og lignin.

Alle disse stoffer som dels er uforandret, dels delvis omsatt, blir igjen i jorden som dens organiske materiale, som nok undergår forandringer, men vanskelig og langsomt.

Er plantematerialet ungt, destrueres det raskt, men eldre plantemateriale som inneholder adskillig sent omsetbare stoffer som lignin, voks og garvestoff, tar det lang tid med.

Nedenfor angis det procentiske innhold av de viktigste kjemiske forbindelser i endel plantesubstanser.

	Halm, strå etc.	Høi
Cellulose	30 - 35	28,5
Pentosaner	21 - 31	13,5
Lignin	15 - 21	28
Råprotein	2 - 5	9
Gummi, voks	0,5 - 2	2
Aske	2 - 6	6

Jordens innhold av organisk stoff og graden av sönderdeling er i höi grad anhengig ^{av} ytre betingelser, av passende fuktighet, temperatur, surhetsgrad, gjennemluftning og at de nödvendige næringsstoffer for mikrobene som besörger nedbrytningen forefinnes.

Efter Löhnis vil nedplöiet ung plantemasse som nedmuldes i sandjord på sommertid, forsvinne så hurtig at sågodtsom alt er vekkt efter 4 - 6 uker.o.

Helt anderledes ligger forholdene an i myr og torv, hvor omsetningen går meget sent og ufullstendig for sig.

I. Det kvelstoffri materiales nedbrytning.

I det organiske materiale som efterhvert på forskjellige måter blir tilført jorden utgjör de kullstoffrike og ofte kvelstoffri stoffer den störste andel. De blir tatt under behandling av mikrobene som hurtig tilgodegjör sig de lettest spaltbare og assimilerbare forbindelser, men som efterhvert også gjör det av med de mere komplisert opbyggede og vanskelig spaltbare.

De kvelstoffri stoffer av tilstrekkelig enkel sammensetning som forelå således fra begynnelsen av eller som fremkommer ved nedbrytning av kompliserte forbindelser, utnyttes direkte og optas av mikrobenes celler. Før eller senere forbrennes de ved omsetningene i cellen eller først ved deres död til kulldioksyd og vann. Men de samme stoffer omsettes i ikke liten utstrekning også på annen måte, idet de undergår gjæringer av forskjellig slags. Det fremkommer da delvis kulldioksyd og vann, men for en stor del blir de bare ufullstendig oksidert, idet det ved gjæringen fremkommer en rekke organiske syrer, alkoholer m.m.

I planterestene forekommer, men oftest ikke i videre store mengder, stoffer som sukkerarter, stivelse, glykosider. Disse utnyttes raskt av mikrobene, idet de først blir hydrolysert og derefter videre spaltet, ofte slik at det fremkommer mellemprodukter som organiske syrer av forskjellig art, eddiksyre, myresyre, ravsyre, smörsyre, melkesyre o.fl. og tildels alkoholer. Lettest av sådanne kvelstoffri forbindelser utnyttes sukkerartene. Er det tilstrekkelig av basiske stoffer i jorden som kan binde syrene, gjör disse ingen skade, men forbrukes senere av adskillige mikrober, idet de tjener som energikilde for dem. Bl.a. kan salter av en rekke organiske syrer benyttes av Azotobacter ved dens kvelstoffbinding.

De höiere plantecellers midtlamell består som bekjent av pektin-substanser, som i kjemisk henseende står hemicellulosene nær. Disse angripes av et stort antall aerobe og anaerobe bakterier, foruten av sopparter.

Dette utnytttes ved rötning av fiberholdige plantematerialer, når man skal fremstille råmateriale til fabrikasjon av tekstilvarer.

Man antar at som primære spalteprodukter fremkommer sukkerarter, hvorav igjen opstår forskjellige organiske syrer og dessuten vannstoff og kuldioxyd.

Ligniner som i ved finnes i store mengder, utgjör i annet plantemateriale en heller ikke uvesentlig andel. Det går i almindelighet sent med nedbrytningen av dem. Men man kjenner sopparter og enkelte bakterier som spalter lignin, særlig er det hatt-sopp som har evne til det.

Hemicelluloser forekommer i alle grønne planter, i trærnes bark og ved, i mange frukter og frö, hos mos, lav og sopp. De lar sig lett spalte med svake syrer, hvorved det fremkommer både monosaccharider som hexoser og pentoser, og trisaccharider.

Hemicellulosene blir omsatt av en rekke bakterier, men i ennu höiere grad av sopparter.

Cellulosespaltningen.

Störstedelen av de organiske stoffer i planterestene utgjöres av cellulose. Det er dog sjeldnere at cellulosen foreligger i ren form, oftest er den ledsaget av prktinstoffer eller gjennomsatt med lignin. Derfor ser man også at cellulose av forskjellig oprindelse destrueres med forskjellig hastighet.

Det er intet av de stoffer, hvorav plantene er oppbygget som er blitt studert mere enn cellulosen. Cellulosen i ren tilstand er en meget stabil forbindelse. Det er et polysaccharid, og det har en karakteristisk fiberstruktur. Den er uoplöselig i de vanlige opplösningsmidler, men kan oplöses i ammoniakkalsk kobberoplösning, i zinkklorid og i sterk svovelsyre.

Men tross denne store motstandsdyktighet mot kjemikalier, ser man at ute i naturen destrueres cellulose allikevel forholdsvis lett. Den tid det tar for at den rene cellulose skal bli borte i jorden, er ofte forbausende kort. Om man legger filterpapirskiver i jord som holdes passende fuktig, varer det ikke så lenge, för hver fiber er fortæret.

Betydelig langsommere går det med for vedet veggsubstans. Men også her ser man at veden efterhvert blir morken og lös og tilslutt helt forsvinner.

Denne opplösning av cellulosen i naturen skyldes overveiende mikrober. Men evnen til å spalte cellulose tilligger ikke mikrobene som helhet.

Det er en begrenset gruppe av dem som kan gjøre det, og den utfører det ved hjelp av enzymet cellulase eller cytase. Endel av de cellulosespaltende bakterier kan også utnytte andre kullhydrater som energikilde, mens andre ikke kan bruke noget annet stoff enn cellulose som energikilde.

Man finner cellulosespaltende organismer blant hyfesoppene, strålesoppene og de aerobe og anaerobe bakterier. Inntil for ikke så lenge siden var man av den opfatning at det var de anaerobe bakterier som spilte den største rolle med hensyn til cellulosespaltningen i naturen. Men etterhvert er det bragt for dagen mange iakttagelser som tyder på at det er under aerobe betingelser og altså ved hjelp av aerobe organismer at destruksjonen av mesteparten av cellulosen finner sted.

I 1850 konstaterte Mitscherlich at, når man putter poteter i en beholder med vann, og de snart etter kommer i gjæring, blir celleveggene i dem snart ødelagt, mens stivelsen samler sig på bunnen av beholderen. Han mente at det var skruebakterier som fantes i væsken som denne oppløsning av celleveggene skyldtes, mens van Tieghem antok at årsaken til at plantevev råtnet var Bacillus Amylobacter som frembragte smørsyre, kuldioxyd og vannstoff og som regelmessig var tilstede i sådanne tilfeller.

I 1875 viste Popoff at det var en sammenheng mellom cellulose-spaltningen og metandannelsen.

Senere studerte Hoppe-Seyler de kjemiske omsetninger som finner sted ved denne prosess. Han anbragte 25,8 g filtererpapir i vann i en literkolbe. Kolben blev infisert med kloakkslam og den gass som etterhvert begynte å fremkomme, blev opsamlet over kvikksølv. I løpet av 1 år var det blitt utviklet betydelige gassmengder. Etterhvert blev gassutviklingen langsommere og etter 4 års forløp var den omtrent ophørt. Analysen viste da at 15 g av cellulosen var forsvunnet og at kuldioxyd og metan var fremkommet. Han mente at druesukker opstod som mellemprodukt og at de 2 gassarter blev dannet av sukkeret.

Omeliansky fastslog avgjørende forbindelsen mellom mikrobevirkning og cellulosens spaltning. Han studerte prosessen på noget lignende måte som Hoppe-Seyler, men brukte i kolben en næringsoppløsning av flg. sammensetning:

K_2HPO_4	1	g
$(NH_4)_2SO_4$	1	"
$MgSO_4$	0,5	"
$NaCl$	spor	
Destillert vann	1000	cm ³

Foruten filtererpapir blev også noget kalk fylt på kolben som var helt full og som så etter infeksjon blev satt bort ved en temperatur av 35°.

Efter en kortere eller lengere inkubasjonstid begynte væsken å bli blakk, og gjæringen tok fatt. Etterhvert blev papirstrimlene mykere, sank sammen, og tilslutt lå der bare et slamaktig bunnfall tilbake på bunnen av kolbene. Det meste av papiret var blitt omsatt i løpet av de måneder forsøket varte. Under hele prosessen blev der utviklet gass, som steg op som blearer. Gassutviklingen var sterkest de første ukene.

Gjæringens forløp kunde bli 2 slags. Enten fikk man metangjæringen som er den almindeligste, eller der foregikk vannstoffgjæring, som begynte når oppløsningene efter infeksjonen blev opvarmet til 80° . Ved uren gjæring, slik som spaltningen foregår under naturlige forhold, foregår begge, men metangjæringen er den dominerende. Der fremkommer altså ved disse omsetninger metan og vannstoff foruten CO_2 som utgjør den allerstørste del av de gassformige produkter. I oppløsningen fantes flere organiske syrer, i størst mengde eddiksyre og smørsyre.

Et par eksempler viser mengdeforholdet mellem de fremkomne stoffer:

<u>Metangjæringen</u>		<u>Vannstoffgjæringen.</u>	
Av vel 2 g cellulose fremkom:		Av 3,35 g cellulose fremkom:	
Metan	0,1372 g	Vannstoff	0,014 g
Kulldioxyd	0,8678 "	Kulldioxyd	0,972 "
Flyktige syrer	<u>1,0223 "</u>	Eddik-og smørsyre	<u>2,240 "</u>
	2,0273 g		3,226 g

Omeliansky kom til at det var 2 stavbakterier som var årsak til hver sin av de 2 gjæringer. Disse bakterier var meget like, begge lange, svært smale og laget små kulerunde sporer i enden av stavene. Men det lykkedes ikke å dyrke dem på fast substrat. Og dette hindret også et nærmere studium av gjæringene med bakteriene i sikker renkultur.

Kellerman kunde ikke bekrefte Omelianskys anførsler med hensyn til de nevnte bakterier som årsak til gjæringen.

Den anaerobe gjæring av cellulose foregår i naturen på vannmettede steder, således legger man lett merke til den i dynd og sumper.

Anaerobe cellulosespaltende bakterier er blitt påvist i tarmen hos mennesket, i larver m.v. Ved drøvtyggernes fordøielse av cellulose synes en Amylobacter-art å være meget aktiv. Også termofile cellulosespaltende forekommer og er rimeligvis virksomme bl.a. ved gjødselens gjæring.

Van Iterson var den første som studerte cellulosespaltningen under luftens tilgang.

Han og andre fant at endel aerobe bakterier spalter cellulose, i de fleste tilfelle ikke alene, men det er gjerne en stavformet bakterie i samvirke med en mikrokokk som bevirker den. Også skruebakterier, således Spirochaeta cytophaga er påvist å ha en kraftig evne til å ødelegge cellulose. Denne kan isoleres på celluloseholdig kiselgele med nitrat som kvelstoffernæring.

Også andre cellulosespaltende bakterier har man funnet ved å spre ut en suspensjon av jord på celluloseagar. Denne er hvitaktig og ugjennemsiktig, men når koloniene begynner å utvikle sig, fortærer bakteriene cellulosen omkring koloniene, så man snart ser klare partier på platen, hvor sådanne bakterier utvikler sig.

Når de aerobe bakterier spalter cellulosen, skjer det under sterkere oksydasjon enn ved den anaerobe. Det fremkommer ikke andre gassarter enn kulldioxyd, og organiske syrer dannes ikke eller bare i meget små mengder.

Av andre cellulosespaltende bakterier finnes, foruten de termofile som ødelegger cellulosen kraftigst ved 65°, også denitrifiserende cellulosespaltere. De spalter bare cellulose, når det er nitrater til rådighet, og disse reduseres under fremkomst av fritt kvelstoff.

Flere Actinomyces-arter kan også angripe cellulose. På filterpapir lager de sorte eller røde sirkler i papiret. Sammenlignet med bakterier og hyfesopp er deres evne til å destruere cellulosen ikke stor, og spaltningen går sent for sig.

Derimot er det et ikke lite antall av hyfesopp som har sterk evne i denne henseende. De utvikler sig lett i kultur. Hvis man anbringer filterpapir i Petriskåler, vester det med en oppløsning av litt ammoniumnitrat og kaliumfosfat i drikkevann og infiserer med nogen dråpet av en jordopslemning, vil det efter nogen ukers forløp komme frem en ganske rik flora av sopparter på papiret. Koloniene er av grå, sort, brunlig, grøn, hvit eller rødlig farve. Nogen vokser godt ut fra papiret, andre holder til nede mellom papirfibrene. Det er ikke vanskelig å konstatere at fibrene angripes av hyfene og efterhvert blir oppløst.

Det er adskillige av disse sopparter som tilhører Fungi imperfecti, men man finner også Ascomyceter blant dem.

Det er adskillig som taler for at destruksjonen av cellulose i middels fuktig jord i fullt så høi grad bevirkes av sopparter som av bakterier, kanskje spalter de mere cellulose enn bakteriene.

Man kan ikke påvise mellemprodukter ved denne cellulosespaltning.

Basidiomyceters evne til å destruere cellulose ser man ved råte av trær og avfall av forskjellig slags i skogen. Det er endel som angriper celleveggene i levende trær, andre holder sig til dødt virke. De fleste av disse sopparter angriper cellulosen alene så ligninet tilbake, den såkalte "brunråte", andre angriper begge stoffer, og det som ved denne "hvitråte" blir igjen, er vesentlig cellulose.

Det er rimeligvis så at det er de cellulosespaltende mikrober som for en stor del skaffer tilveie det energimateriale som de frittlevende kvelstoffbindende organismer må ha for å kunne binde kvelstoffet. Disse kan nemlig selv ikke angripe cellulosen. Dette gjøres av de spesifikke cellulose-spaltende, og av de mellemprodukter som fremkommer, men som er vanskelig å påvise, da de hurtig forsvinner, får de kvelstoffsamlende bakterier rimeligvis sin del.

Kulldioksydproduksjonen.

Når de kullstoffholdige forbindelser av forskjellig slags i jorden blir utnyttet av mikrobene og omsatt, fremkommer som endeprodukt kulldioksyd. Det er ikke bare ved nedbrytningen av kullhydratene, men også av en rekke andre forbindelser, således også av kullstoffholdige kvelstoffforbindelser dette skjer.

Man kan benytte denne avspaltning av kulldioksyd som et mål for omsetningene av de organiske stoffer i sin helhet. Jo livligere mikrobekraften er, desto større mengder kulldioksyd fremkommer det. Produksjonen av dette stoff er størst i jord som inneholder meget organisk stoff av sådan art at det lett blir omsatt, når samtidig gjennomluftningen er god og reaksjonen er omtrent nøytral.

Man må være opmerksom på, som tidligere omtalt, at ved en rekke spaltninger av organiske forbindelser, er det bare endel av kullstoffet som straks blir oksydert helt frem til kulldioksyd. Det fremkommer også adskillig ufullstendig oksyderte mellemprodukter ved omsetningen som foreløbig ikke blir omsatt videre. Ennvidere kan også en viss del av de fremkomne stoffer bli optatt av mikrobene og bli brukt til byggemateriale for dem, tjene til oppbygning av celledsubstans og tilvekst eller kan bli bunnet på annen måte. Allikevel er det av ganske stor interesse å vite, hvorledes det stiller sig med de forskjellige jordarter under forskjellige betingelser med hensyn til deres kullsyreproduserende evne.

Det er foretatt en hel del bestemmelser både av jordluftens

innhold av kulldioksyd, av den mengde kulldioksyd som fremkommer ved de organiske stoffers spaltninger i jorden og av de mengder kullsyre som diffunderer ut i atmosfæren fra jordoverflaten.

Stoklasa og flere har bestemt den mengde kulldioksyd som jorden utskiller. Man kan anbringe en bestemt mengde jord i et apparat, hvorigjennem det langsomt passerer kulldioksydfri luft. Luften tar med sig den kulldioksyd som jorden produserer, og så kan den opfanges og bestemmes.

Stoklasa fant at mengdene varierte meget sterkt etter jordarten og ytre betingelser. I 1 kg jord kunde der i løpet av 1 døgn dannes fra nogen få mg op til 90 mg kulldioksyd.

Om man regner med en jord som pr. kilo produserer 20 mg i døgnet, er det lett å komme efter, hvor meget det fremkommer i jorden f.eks. til 20 cm's dybde på en flate av 1 dekar. Regnes med en spesifikk vekt av jorden på 1,25, blir det på de karen produsert 5 kg kulldioksyd i døgnet. I sommerhalvåret, regnet efter 200 døgn, blir dette 1000 kg eller 550 m³.

Efter Stoklasa kan de ved forsøk for akerjord funne tall ofte utgjøre mere, være oppe i det dobbelte eller endog mere, men man må gå ut fra at i forsøk i laboratoriet, vil forsøksbetingelsene begunstige kullsyredannelsen ved at jorden smuldres op, så det blir bedre gjennomluftning enn i urørt jord, og ved at forsøket hele tiden utføres under gunstige temperatur- og fuktighetsforhold.

Men sikkert er det iallfall at de mengder kulldioksyd som mikroorganismene lager i jorden er store. Nu stammer jo kulldioksyden i jorden til dels også fra andre kilder, således frembringer planterøttene ved sin ånding kulldioksyd, videre fremkommer noget ved rene kjemiske omsetninger, således ved syrers innvirkning på karbonater, m.m. Men man antar at størstedelen skriver sig fra mikrobenes virksomhet.

Til enhver tid vil endel av jordens kulldioksyd trenge ut i atmosfæren og blande sig med den. Og luftens surstoff og kvelstoff vil trenge ned i jorden. Men analyser av jordluften viser at kulldioksydinnholdet allikevel er forholdsvis høit. Tallene man finner, viser stor forskjell mellem de forskjellige slags jord og likeså at kulldioksydinnholdet i en og samme jord kan variere sterkt fra tid til annen og raskt undergå forandringer.

Under tørkeperioder, da oksydasjonen av jordens organiske stoffer er liten, er jordluften fattig på kulldioksyd og rik på surstoff. Efter regn minker surstoffinnholdet hurtig, og kulldioksydinnholdet tiltar på grunn av den sterkt forøkte virksomhet.

Oftest ligger de tall man finner mellem 0,1 % og 1 %. Men i jord, hvor stoffomsetningene går meget livlig for sig, er det intet iveien for å finne betydelig mer. I atmosfæren er innholdet av kulldioksyd temmelig ufor-

anderlig og ligger ved 0,03 %, d.v.s. 10 000 deler luft inneholder bare 3 deler kulldioksyd. I jordluften finnes altså i almindelighet det mangedobbelte av dette.

Den hastighet, hvormed kulldioksyden diffunderer ut av jorden, har man også adskillige bestemmelser av. Etter Lundegårdh finner man meget ofte at det strømmer ut mellom 0,1 g og 0,6 g kulldioksyd i timen fra kvadratmeteren. Men tallet kan ligge betydelig høiere, således i skogsjord.

Hvis man regner med en jord i 20 cm's dybde, hvis spesifikke vekt er 1,25, blir jordens vekt 250 kg pr m². Strømmer det ut fra denne flate 0,25 g eller 250 mg i timen, svarer dette til en produksjon av 1 mg pr kg pr. time eller 24 mg pr kg i døgnet, et tall som ligger nær de mengder Stoklasa kom til for jordens evne til å produsere kulldioksyd.

For De forente stater (O.Schreiner) og Tysklands (Remy, Löhnis) vedkommende er det midlere innhold av organisk substans i akerjorden begge - steds blitt beregnet til ca. 2%. Kullstoffinnholdet av det kan settes til 50 % av vekten. Regnes det med en årlig fullstendig spaltning av 5% av dette, materiale som vil utgjøre 150 - 300 kg kullstoff på målet, utgjør de fremkomne mengder kulldioksyd 500 - 1000 kg årlig på målet ($CO_2 : C = 3 \frac{2}{3}$)

Det er god sammenheng mellom disse tall og de tall man kommer til, ved å benytte Stoklasas tall for de i forsøk bestemte mengder.

Denne stadige og sterke kulldioksydproduksjon i jorden er av betydning for planteveksten i 2 henseender. For det første virker denne kullsyre absorbert i jordvæsken oppløsende på mineralelementene i jorden så de blir tilgjengelige for kulturplantene. For det annet blir den kulldioksyd som strømmer ut av jorden utnyttet av plantedekket på jorden, ved deres kulldioksydassimilasjon. Er det større innhold av CO_2 i luften omkring plantene enn det vanlige 0,03 %, finner man at plantene trives bedre, vokser raskere og gir større utbytte. Dette er bl.a. konstatert ved plantefysiologiske forsøk i laboratoriet og i veksthus, hvor man ved kunstig tilførsel av kulldioksyd for endel planters vedkommende har oppnådd til dels betydelig større utbytte enn uten dette tilskudd av kulldioksyd.

På friland har, naturlig nok, ikke minst ved sterkere luftbevegelser, den kulldioksyd som strømmer ut fra jorden, lett for å bli blandet med luften over, men det er ved analyse i stille vær påvist slett ikke ubetydelig høiere kulldioksydinnhold umiddelbart ved jordoverflaten enn litt høiere oppe (Lundegårdh). I og for sig vil uten tvil den stadige strøm av kulldioksyd fra jorden forbi plantene være av betydning for plantenes forsyning med kulldioksyd og vil spille størst rolle, hvor plantene danner et høit og tett dekke over jordoverflaten.

Enhver jord, selv sådan som ikke nylig er blitt tilført organisk materiale, gir under gode ytre betingelser fra sig en jevn og stadig strøm av CO_2 , hvilket viser at det organiske materiale i den blir destruert. Mengden av CO_2 kan variere sterkt fra den ene jord til den annen, men selv om den kan være liten, er den dog påvisbar.

Steril jord produserer også litt kulldioksyd, men mengdene er ubetydelige. Podes en sterilisert jord med bakterier eller sopparter, utvikles den mangedobbelte mengde. Kullsyredannelsen öker med stigende temperatur op til 65° for derefter å avta, men ved höiere temperatur tiltar den pånytt. Ved denne höie temperatur må det selvsagt være rene kjemiske omsetninger som skjer. God gjennemluftning öker kulldioksydproduksjonen, likeså vanntilsetning til törr jord inntil en viss grense, omtrent til 60 - 80 % av vannkapasiteten, hvorefter den avtar. Med hensyn til surstoffet har man funnet at kulldioksydproduksjonen stort sett löper parallellt med de tilgjengelige mengder surstoff, skjönt litt CO_2 dannes også, når surstoffet helt mangler.

Under anaerobe betingelser spaltes de organiske stoffene i jorden ufullstendig, så det fremkommer en hel del mellemprodukter ved siden av litt kulldioksyd. Men under luftens fravær er ikke kulldioksydproduksjonen noget så godt mål for omsetningenes styrke som ved lufttilgang.

Med nesten samme resultat som når man bestemmer kulldioksydproduksjonen, kunde man benytte surstoffabsorpsjonen som et mål for omsetningene, d.v.s. for oksydasjonen av de organiske stoffene i jorden.

Tilsetter man en kalktrengende jord kalk, finner man at de produserte kulldioksydmengder öker.

Tilsettes jorden plantemateriale eller kullhydrater, tiltar kulldioksydproduksjonen, men varierende efter vedkommende materiales art. Er det lite kvelstoffnæring til rådighet for mikrobene, kan dette være en begrensende faktor.

I et forsök, hvor forskjellig materiale blev blannet inn i jorden i mengder av 10 g til 100 g jord, blev fölgende mengder av stoffene destruert efter 21 dögn, målt efter den produserte mengde kulldioksyd.

Klöver	59.7 % destruert.
Druesukker	42.1 "
Rishalm	29.1 "
Ekeblader	17.7 "
Hvetealm	14.5 "
Cellulose	11.8 "

Tilsetter man salpeter til et kvelstoff-fattig materiale, frem-

mer dette spaltningen av stoffet.

Gjødseltilsetning öker fremkomsten av kullsyre i jorden ganske betydelig.

II. De kvelstoffholdige organiske stoffers nedbrytning.

I enhver levende celle forekommer eggehvitestoffer, likegyldig om det dreier sig om plante-eller dyreceller, så at med alleslags rester og levninger av levende organismer, hvortil for den dyrkede jords vedkommen- de må legges kvelstoffholdig gjødsel, kommer der i jorden kvelstoffholdige substanser av forskjellig art som, da de ikke foreligger i en sådan form at de kan utnyttes som de er av de höiere planter, må overføres i enkel form for å bli tjenlige som næring for dem.

Plantefysiologiske forsök har vist at endel forskjellige orga- niske kvelstoff-forbindelser kan optas som de er av de grønne planter. Men det normale er at först ved fullstendig nedbrytning av kvelstoff-forbindelsene foreligger kvelstoffet i sådan form at det bekvemt og i tilstrekkelig mengde blir optatt. Endeproduktet ved disse spaltninger er overveiende ammoniak, og dettes kvelstoff blir så i form av ammoniumsalter, eller efterat disse i jorden ved nitrifikasjonen er blitt overført i salpeter, lett utnyttet av plantene.

Den intensitet, hvormed disse 2 omsetninger går for sig, gir mål for hvor hurtig det kvelstoffholdige materiale i jorden blir overført til plantenæring.

Kvelstoffinnholdet i de forskjellige substanser som blir tilført jorden, er meget forskjellig. Beregnet av materialets tørrsubstans er N - innholdet i :

	N
Halm, blader	0,4 - 0,8 %
Höi (s. klöver 0.1)	1.5 - 3.0 "
Hestegjødsel	ca. <u>1.5</u> "
Kugjødsel	<u>3 - 3.5</u> "

Foruten kvelstoff innholder proteinene også H, O, S, og i endel tilfelle også P og Fe. Kullstoffinnholdet utgjör vel 50 %, kvelstoffinnholdet er 15 - 19 %. Men kjennskapet til eggehvitestoffenes opbygning er ennu meget mangelfullt.

Den måte eggehvitestoffene blir spaltet på av mikrobene, er meget forskjellig. En hel del bakterier og andre mikrober spalter dem ved hjelp av

proteolytiske enzymer på lignende måte som de høiere planter gjør det, først i albumoser og peptoner, og disse spaltes så videre til aminosyrer og andre organiske og uorganiske forbindelser. Disse spaltninger skjer temmelig sikkert ved hydrolyse.

Men det kan også foregå spaltning på annen måte, hvorved det fremkommer fenol, indol, skatol, fettsyrer og aromatiske syrer, aminer, ammoniakk, svovelvannstoff, kullsyre og metan, m.m.

De mange undersøkelser som er utført angående eggehvitestoffenes spaltninger, viser at de er meget komplisert opbygget og at de spaltninger de undergår, kan være meget forskjellige alt efter vedkommende eggehvitestoffs opbygning, efter de mikrober som utfører spaltningen og efter de ytre betingelser som foreligger. Nogen eggehvitestoffer hydrolyseres lett, andre spaltes med stor vanskelighet.

Mange mikrober spalter eggehviten helt ned til ammoniakk, mens andre bare klarer å nedbryte den til albumoser eller aminosyrer, og disse blir så av andre mikrober spaltet videre.

Endel bakterier lager urinstoff eller urinsyre, når de spalter eggehvite.

Nukleo - proteinene gir ved spaltningen bl.a. fosforsyre. Det finnes også mange andre kvelstoffholdige substanser foruten eggehvitestoffer i dyre - og planterester, således lecitin, metylaminer, purinbaser o.fl. som også spaltes av mikrobene under fremkomst bl.a. av ammoniakk.

Müntz var den første som påviste at organisk stoff blev destruert i jorden under fremkomst av ammoniakk, som etterpå blev nitrifisert. Han viste også at i en steril jord blev det ikke dannet noget ammoniakk i løpet av $2 \frac{1}{2}$ år. I usterilisert jord fremkom der i hans forsøk efter 67 døgn fra 41 til 100 mg ammoniakk pr 100 g jord. Det er i første rekke tilstedeværelsen av lett utnyttbare kullhydrater og tilgangen på surstoff som er avgjørende for, hvor store mengder ammoniakk som fremkommer og ophopes i jorden.

Når eggehvitestoff foreligger som eneste energimateriale, kan det på kort tid fremkomme store mengder. Like til 75 % eller mere av protein-kvelstoffet kan foreligge som ammoniakk efter få døgn forløp.

Når det derimot er kullhydrater tilstede som kan utnyttes som energimateriale, er avspaltningen av ammoniakk meget mindre, og under sådanne forhold kan en stor del av den fremkomne ammoniakk bli benyttet og assimilert av mikrobene, så det pånytt går over i eggehvite og unddras nitrifikasjon. Mikrobene konkurrerer da med de grønne planter om kvelstoffnæringen, så disse kan bli nødlidende.

Av andre stoffer enn eggehvite som i jorden avspalter ammoniakk, kan nevnes urinstoff, urinsyre og hippursyre. Urinstoffet blir omsatt av et

stort antall bakterier, kraftigst av bevegelige sporedannende staver, men også av mikrokokker og flere, under fremkomst av kullsur ammoniakk. Ved omsetningen av kalkkvelstoff fremkommer først cyanamid, av dette urinstoff og tilslutt kullsur ammoniakk. Man mener at spaltningen frem til urinstoff er en katalytisk kjemisk prosess. Det kan også i jorden skje en delvis omdannelse av cyanamid til dicyandiamid, som er skadelig for de grønne planter.

Et stoff som finnes hos plantene og som fremkommer ved mange bakteriers spaltning av proteiner under anaerobe betingelser, er indol. Dette blir også destruert av forskjellige bakterier.

Blant de stoffer som lages i mikrobenes, særlig soppenes, celler er chitin. Dette bidrar til å danne jordens organiske substans etterhvert som mikrobenes dør. Men visse bakterier og Actinomyces-arter er utstyrt med evne til å spalte chitin, og det er påvist at det slett ikke blir så vanskelig omsatt som man tidligere mente.

Når man ønsker å bestemme de mengder av ammoniakk som mikrobenes lager av forskjellige stoffer og under forskjellige betingelser, kan slike forsøk utføres på flere måter. Man kan oppløse stoffet i vann, i tilfelle det er oppløselig, og tilsette jorden eller blande inn stoffet i finfordelt form i bestemt mengde til en bestemt mengde jord og kjemisk bestemme (f.eks. ved destillasjon med magnesia), hvor meget ammoniakk det er fremkommet etter et bestemt antall dagers forløp, når jorden har stått ved en bestemt temperatur og den har hatt optimal fuktighetsgrad. Det er da resultatvirkningen av alle de innflytelser som har gjort sig gjeldende i jorden på grunn av de i jorden tilstedeværende mikrober og under de betingelser som hersker, man bestemmer. Men forholdene er så kompliserte at man av de fremkomne ammoniakkmengder ikke kan slutte noget med hensyn til den vei spaltningen har fulgt eller hvilke andre spalteprodukter er fremkommet. Men i og for sig er det av interesse å få vite, hvor meget ammoniakk som frigjøres.

Foretar man forsøket i kolber med stoffet oppløst eller opslemmet i næringsopløsning får man, når man benytter de forskjellige bakterier i renkultur, bedre rede på, hvad resultatet blir av omsetningene under de betingelser forsøket utføres på.

Man kan da bestemme, hvor meget av eggehvitestoffet er blitt omsatt, og hvor meget aminosyrer og ammoniakk på bestemte tidspunkter er tilstede i kulturen.

Efter et forsøk av Marshal omsattes følgende procentiske mengder av eggehvitestoffets kvelstoff til ammoniakk, hvor eggealbumin blev undersøkt (20 døgn ved 30°)

Bakterier		Sopp	
Bac. mycoides	46 %	Cephalothecium roseum	37 %
Bact. vulgare	36 "	Aspergillus terricola	32 "
Bac. mesentericus	36 "	Botryotrichum sp.	24 "
Sarcina lutea	27 "	Stemphylium sp.	5 "
Bac. subtilis	23 "	Actinomyces sp.	21 "
Bact. fluorescens	16 "		

Bacillus mycoides o. Bac. tumescens er svært utbredte jordbakterier, og deres evne til å spalte eggehvitestoffer er meget stor.

Flertallet av de mikrober som vokser frem på skålene etter spredning fra jord, er istand til å lage ammoniakk av proteiner. Og de av dem som smelter gelatin, har denne evne i sterkere grad enn de øvrige.

Efter Conn er de ikke sporedannende bakterier mere effektive ammoniakkprodusenter enn de sporedannende. Det er rimeligvis så at de forskjellige organismer tar en aktiv del i kløvningen av eggehvitestoffene bare under bestemte trin av spaltningen. Bac. cereus f.eks. virker sterkt i de første stadier, under spaltningen til aminosyrer, mens f.eks. Bact. fluorescens vesentlig angriper senere og fører spaltningen av aminosyrene frem til ammoniakk. X

Actinomyces-artene vokser meget sent i kultur, og man har derfor hatt lett for å overse deres sterke evner til å spalte proteiner, hvilket først kommer tilsyne i kulturen, når en tid er gått. De fører spaltningen frem til ammoniakk, og det har vist sig at de frigjør store mengder av dette stoff, selv om det er kullhydrater tilstede. De foretrekker altså proteinene for kullhydratene som energikilde.

Hyfesoppene spalter i almindelighet eggehvitestoffene med letthet, selv om det er betydelig forskjell i denne henseende mellem de forskjellige arter. Ikke sjelden blir det igjen større eller mindre mengder av mellomprodukter ved spaltningen. Når proteinet er den eneste kullstoffkilde for soppene, går veksten og fremkomsten av ammoniakk parallellt. Hvor meget det fremkommer, avhenger i høi grad av proteinets art og soppartens egenskaper.

Som før nevnt har tilstedeværelsen av stoffer som sukker, dekstrin, stivelse, endel syrer m.fl. stor innflytelse på mikrobenes spaltning av eggehvitestoffene. Årsaken er at de fleste av mikrobenes allerhelst tar den energi de trenger fra kullhydratene og bare innvirker så meget på de kvelstoffholdige forbindelser at de dekker sitt behov for kvelstoffnæring av dem. Den ammoniakk som avspaltes, kan da bli assimilert pånytt av mikrobenes. Er anvendelige kullhydrater ikke tilstede, benyttes kvelstoff-forbin-

delsene foruten som næring også som energikilde, og store mengder ammoniakk avspaltes da som avfallsprodukt.

Som regel fremkaller kullhydrater en livligere formering av bakteriene, så deres antall er høiere, når sådanne er tilstede.

Betydningen av druesukker for ansamling av ammoniakk i et forsøk med kasein.

		NH ₃ i mg
B. subtilis	Kasein	43.0
	Kasein + glukose	11.9
Bact. vulgare	Kasein	13.6
	Kasein + glukose	2.6
Bac. mycoides	Kasein	64.9
	Kasein + glukose	14.3
Bac. mesentericus vulgatus	Kasein	32.0
	Kasein + glukose	16.7

Det sees at når sukker blev tilsatt, var de mengder NH₃ som avspaltes betydelig mindre, enn når kaseinet var alene tilstede.

Druesukkeret bevirket en økning i bakterieantallet, men de mengder kasein som blev spaltet var mindre, hvor sukker var tilstede.

Ammoniakkdannelsen i jorden er grunnlaget for salpeterdannelsen, og man kan efterdet foregående vente at overskudd av tilgjengelig energimateriale vil hemme fremkomsten av salpeter. Det har også vist sig å slå til, idet man har funnet at nitrifikasjonen blev hemmet når forholdet C/N i jorden var 13 a 15 : 1 men ikke når det var 11 a 11.6 : 1, eller mindre. Men for at nitrifikasjonen skal bli nedsatt eller stanset, må de kullhydrater det gjelder være lett utnyttbare. Tilsetning av cellulose vil således ikke skade salpeterbakterienes virksomhet, men nok vil de cellulosespaltende organismer bruke op det salpeter som er dannet eller som senere fremkommer.

Et tilsatt lett omsettbart kullhydrat vil hemme ammoniakkdannelsen, så lenge det er noget tilbake av stoffet. Men når alt er forsvunnet, setter den sterkere ammoniakkdannelse igjen påny.

Humus og humusnedbrytningen.

Av det organiske stoff i jorden utgjør humusen en viktig del. Humusen utgjøres av stoffer som fremkommer som resultat av nedbrytningen av plante - og dyrelevninger og mikrobesubstans, av både kvelstoffholdige og kvelstoff-fri stoffer, som mørkfarvede kullstoffrike, kvelstoffholdige substanser. Disse substanser danner en i kjemisk henseende ennu lite kjent gruppe av sikkert for en stor del meget komplisert opbyggede stoffer. Fra jordbrukssynspunkt er jo denne humus av overmåte stor betydning både på grunn av de gode fysiske egenskaper den meddeler jorden og som utgangsmateriale for plantenes ernæring både direkte og indirekte, idet den ved absorb- sjon og adsorb- sjon kan opta flere av plantenes beste næringsstoffer, og videre ved at den selv ved omsetning skaper plantensæring. For en meget stor del av jordens mikrober utgjør også humusstoffene betydningsfulle emner som næringskilde og energikilde. Og humusstoffene virker befordrende på flere av de betydningsfulleste mikrobiologiske prosesser i jorden, som f.eks. kvelstoff- bindingen og salpeterdannelsen.

Det er for en vesentlig del på bekostning av humusens kvelstoffinnhold at nitrifikasjonen og dermed de grønne planters forsyning med salpeter i udyrket jord foregår. I gjødslet jord skriver en hel del av salpeteret sig fra andre kilder.

Der er stor forskjell på humusdannelsen, både med hensyn til hvor meget der dannes, og hvilken beskaffenhet den får efter de forhold, hvorunder den foregår. Det er de klimatiske forhold som avgjør om det blir balanse, overskudd eller underskudd av humus av plantelevningene som blir igjen i jorden. Der kan dannes torvlignende substanser eller råhumus, som er meget resistente, eller det organiske materiale kan bli temmelig hurtig forbrukt, så jorden blir humusfattig. Ikke minst surstofftilgangen har betydning for de fremkomne humusstoffers natur. Humusdannelsen er ikke bare en mikrobiologisk prosess, det spiller også rene kjemiske omsetninger inn, og metemarker, in- sekter, protozoer o.a. har sin ikke uvesentlige betydning under humusens fremkomst. Det er som følge av både hydrolyser, reduksjons - og oksydasjons- prosesser, at de mørkfarvede humøse stoffer langsomt fremkommer.

Det kjemiske innhold av humus :

C	<u>40 - 60</u> (80) %	
N	<u>0.1 - 6</u>	"
H	<u>3 - 6</u>	"
O	<u>20 - 45</u>	"

Man kjenner ennu ikke humusstoffene så godt i kjemisk henseende

at der for tiden kan gis nogen tilfredsstillende karakteristikk av dem. Det er meget langt fra at humusen er et ensartet stoff. Ved liten surstofftilgang fremkommer det råhumus, når formuldningen skjer under god surstofftilgang fremkommer det mild humus. Etter de kjemiske egenskaper har man skjernet mellom det sorte humin, det brune ulmin og deres syrer, foruten krensyre (ⁱⁱQuellsauren) etter bestanddelenes oppløselighet eller uopløselighet i vann, alkalier, syrer og alkohol. Men disse betegnelser tilsvarer ikke kjemiske stoffer av konstant sammensetning.

De organiske substanser som går over i humus, blir etterhvert kullstoffrikere, mens surstoff - og vannstoffinnholdet avtar. Farven blir mørkere etterhvert. Man kan skjelle mellom en lettere omsettelig og en tungt omsettelig del av humusen. Mengdeforholdet mellom disse varierer sterkt innen de forskjellige jordtyper.

Forutsatt gunstige ytre betingelser går det i begynnelsen forholdsvis raskt med omsetningen av de stoffer, hvis materiale skal danne humusen, men etterhvert som de tyngre spaltbare bestanddeler blir tilbake, avtar intensiteten. Men fremdeles fremkommer mindre mengder kulldioksyd og ammoniakk som endeprodukter ved omsetningen.

En hel del forskjellige kjemiske stoffer er blitt isolert fra humusen, som menes å være fremkommet ved omsetningene av de organiske substanser i jorden. Schreiner og Shorey har således funnet kullvannstoffer, aldehyder, organiske syrer, alkoholer, estere, fettaktige, voksaktige, harpiksaktige stoffer, aminoforbindelser og imider. Disse stoffer virket, prøvet i vannkultur, dels nøytralt, dels gunstig, dels skadelig på grønne planter. Men de optrer i ytterst små mengder og forsvinner i almindelighet hurtig ved vanlig kultur av jorden.

For humusens bestanddeler er det et bestemt forhold mellom kullstoff - og kvelstoffinnholdet. I mineraljord ligger forholdstallet mellom 8.1 og 12.1 som oftest. Jo større tallet er, desto lettere blir humusen destruert, hvilket kan konstateres ved at både kulldioksydproduksjonen og den nitrifiserende evne er større, jo større forholdstallet er.

Humusens art og mengde i jorden avhenger i meget høi grad av nedbør og temperatur på stedet. I humide strøk blir det ikke destruert så meget organisk stoff som det blir dannet, således at det da blir ophøpet organisk substans, mens i varmere og nedbørfattigere strøk kan det være vanskelig å vedlikeholde et tilstrekkelig humusinnhold i jorden. Dessuten er lufttilgang og jordens reaksjon også bestemmende for hvad slags humus det fremkommer.

Mange forskere har prøvet å bestemme den hastighet, hvormed hu-

humusstoffenes nedbrytning skjer.

Beijerinck fant således ved et forsök med en jord, hvis humusinnhold var 2 %, at omtrent 5 % av jordens forråd av humusstoffer blev omsatt i løpet av 1 år. Tuxen (Kjöbenhavn) bestemte i et 17 årig forsök på et ensartet jordstykke humusinnholdet i 3 parseller som hadde fått forskjellig behandling. I. Var regelmessig blitt gjødslet med husdyrgjødsel og hadde et humusinnhold av 4.4 %, omtrent samme innhold som da forsöket begynte. II. Var bare tilført mineralgjødsel. Dets humusinnhold var 2.0 %. III. Hadde ingen gjødsel fått. Dets humusinnhold var 1.5 %. Tapene for 2 og 3 var henholdsvis 55 % og 66 %, de årlige tap 3.24 % og 3.9 %.

Et fransk forsök viste, at humusinnholdet i et ugjødslet jordstykke etter 10 års forløp var sunket til halvparten av den oprinnelige mengde.

Under de i praksis rådende forhold regner man at omsetningen gjennemsnittlig ikke går så hurtig for sig som i de nevnte forsök. Efter amerikanske forsök og beregninger blev de mengder som blev dekomponert årlig ansatt til omkring 2 %, efter tyske 1.5 %.

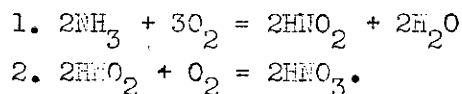
De kullstoffholdige bestanddeler av humusen blir omsatt adskillig raskere enn de kvelstoffholdige.

Salpeterdannelsen.

Den ammoniakk som ved mange forskjellige spaltninger av kvelstoffholdige substanser fremkommer i jorden, danner grunnlaget for salpeterdannelsen eller nitrifikasjonen. Selve fremkomsten av salpeter og de betingelser som måtte til for å opnå mest mulig utbytte, når man skulde fremstille salpeter, har man kjent til temmelig lenge. Salpeterfremstillingen spilte nemlig i tidligere tider en ikke liten rolle, idet de stadige kriger førte med sig et stort behov for dette stoff til kruttfabrikasjonen. Flere land var da nødt til ved hjemmefabrikasjon å skaffe sig, hvad de trengte. Og det blev lagt meget studium i å finne de beste betingelser for fremstillingen. Man laget salpeter i de såkalte salpeterplantasjer ved å tilsette forskjellige kvelstoffholdige stoffer til jord eller kompost under gunstige fuktighets- og temperaturforhold og utlutet derpå det fremkomne salpeter. Man antok at det gikk for sig på rent kjemisk vis.

Den første som antydet at salpeterdannelsen kunde skyldes biologisk virksomhet, var Pasteur. I 1878 klargjorde Schlösing og Müntz prosessens natur. De fant at salpeterdannelsen ophørte, når de lot kloroformdamp innvirke på omsetningen. Blev dette stoff igjen fjernet, tok salpeterdannelsen etterhvert fatt påny, når jorden blev podet med litt vandig jorduttrekk. På samme måte gikk det, hvis jorden blev oppvarmet til 100° .

Disse og andre iakttagelser, således med hensyn til betydningen av surstoff og kalk for salpeterdannelsen, blev bekreftet av Warrington og andre. Dermed var prosessens biologiske natur fastslått. Men det lykkedes ikke noen tross en mengde forsøk å få i kultur noen organisme som kunde overføre ammoniumsalter til salpeter. Først omkring 1890 lykkedes det Winogradsky ved elektiv kultur å få oppformert de rette organismer og derefter å få dem i renkultur ved å foreta spredning fra denne kultur på en kiselgele fri for organiske stoffer. Winogradskis videre undersøkelser førte til den slutning at ammoniakkens oksydasjon skjer i 2 trin:



Det er nitrittbakteriene, hvorav det blev beskrevet 2 slekter, Nitrosomonas i den gamle verden og Nitrosococcus i Amerika og Australia, som bevirker omsetningen til nitritt. Winogradsky mener nu at det er flere og har gruppert dem i 3 slekter, Nitrosomonas, Nitrocystis og Nitrospira. Nitrobacter foretar den videre oksydasjon til nitrat. Disse bakterier er aerobe; derfor foregår omsetningen best under god surstofftilgang. I oppløsninger er spesielt nitratbakteriene meget ømfintlige for fri NH_3 , og nitrittbakteriene for tilstedeværelsen av oppløste organiske stoffer. (pepton, sukker etc.) I passende

opløsninger kan man få dem til å vokse og foreta sine omsetninger.

Sammensetningen av dem er:

For nitrittbakterier.

- I. 100 cm³ vann
 0,1 g (NH₄)₂SO₄
 0,05" K₂HPO₄
 0,03" MgSO₄
 10 dråper 1% FeCl₃ oppløsn.
 0,5 g CaCO₃.

For nitratbakterier.

- II. 100 cm³ vann
 0,1 g NaNO₂
 0,05" K₂HPO₄
 0,03" MgSO₄
 10 dråper 1% FeCl₃ oppløsn.
 0,02 g Na₂CO₃.

Fyller man litt av disse oppløsninger i tynt lag i kolber og infiserer med jord, vil man ikke lenge efter kunne påvise nitritt i oppløsning I og nitrat i oppløsning II. Å finne bakteriene i væskene er ikke lett. De forekommer ikke i store mengder, men kan finnes i belegg på bunnen, for nitrittbakterienes vedkommende ofte som små slimklumper. Nitrosomonas europæa er kugleformet eller oval, 1 x 1,2-1,8 μ med kort cilie. Nitrobacter er en liten ubevegelig stavbakterie 0,3-0,4 x 1 μ . Rimeligvis forekommer også ikke autotrofe bakterier med evne til å lage salpeter. I oppløsninger kan omsetningens avhengighet av lufttilgangen sees av følgende eksempel. Kolbenes størrelse var forskjellig, men væskemengden overalt den samme, så bare overflatens størrelse og væskelagets tykkelse var forskjellige.

$$\frac{\text{Overflaten}}{\text{Væskedjødiden}} = \frac{5}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{5}$$

Mg omsatt = 3,9-4,3 1,4-1,7 0,7-0,8

I jord er salpeterdannelsen slett ikke så følsom for tilstedeværelse av oppløste organiske stoffer som i væsker. Således begunstiges prosessen der av små mengder sukker. Uorganiske næringssalter fremmer nitrifikasjonen. Gunstig virkning har også kalk. Gjennemluftningen spiller ikke så stor rolle, som man skulde tro. Man kan gå helt ned i 1/3 av luftens vanlige surstoffinnhold, før surstoffmangel begynner å gjøre sig gjeldende.

Ekst. Surstoffinnhold:	21%	16%	11%	6%	0%
Mg salpetersyre dannet pr. kg. jord	225	203	222	199	-64

Ved meget liten tilgang på surstoff forsvinner salpeteret. Den temperatur ved hvilken salpeterdannelsen foregår best, ligger mellom 25° og 30°.

Det gunstigste vanninnhold i jorden for salpeterdannelsen er 60 - 80% av mettet innhold. Optimum med hensyn til surhetsgraden ligger ved pH 6.8 - 7.3.

I meget tørr jord og i vannmettet jord foregår det ikke nitrifikasjon.

Salpeterbakteriene tåler ganske godt uttørring i jord, mens de i kulturer lett tørker ut. De kan derfor lett spredes med støv fra sted til sted.

De nitrifiserende bakterier er tilstede i all dyrket jord og ofte i udyrket. I nåletreskog mangler de oftest, men forekommer i løvskogjord og de steder i nåleskogen, hvor der er vegetasjon av bredbladede vekster. Den beste nitrifikasjon foregår i omkring 10 cm's dybde.

De salpetermengder man finner i jord, varierer sterkt. Det avhenger i høi grad av forholdene. I den tid, da de grønne planter står i sin kraftigste utvikling, vil man finne et lavt innhold, selv i meget god jord. Plantene bruker da op salpeteret næsten så hurtig som det dannes. Efter sterke regnskyll blir salpeteret vasket ut, og de mengder som finnes ved analyse er små. Forøvrig ligger de salpetermengder, man bestemmer i jord mellom 0 og flere hundrede mg pr. 100 g jord. I brakkjord finnes gjerne forholdsvis store mengder. Jordartene viser stor forskjell med hensyn til den intensitet, hvormed salpeterdannelsen i dem foregår. Sterkest foregår den i muldjord, og noget mindre godt i tung lerjord og dårligst i mager muldfattig jord.

I jord med alkalisk eller nøytral reaksjon foregår salpeterdannelsen bedre enn i sur jord, men selv her kan den i mange tilfelle foregå livlig, når ikke pH verdien ligger under 4.0.

Som regel går overføringen av NH_3 til salpeter så hurtig for sig at man sjeldnere finner mere enn små mengder av NH_3 i jorden. Anderledes kan det stille sig like efter at man har tilført jorden større mengder av kvelstoffholdige substanser. Ennu mindre er det av salpetersyrling; den kan som regel vanskelig påvises i jord. I begge tilfelle foregår overføringen til næste stoff raskt. Derfor blir ammoniakkavspaltningen den begrensende faktor under omsetningen.

Hurtigheten av nitrifikasjonen bestemmer man således at man tar en prøve av jorden og lar den stå en bestemt tid (6 - 8 uker) under passende fuktighets- og temperaturforhold og så bestemmer, hvor meget salpeter der er blitt dannet i prøven i løpet av denne tid. Vil man undersøke, hvor hurtig bestemte stoffer undergår salpeterdannelsen, innblander man i fint fordelt form vedkommende stoff i jorden og foretar analyser ved forsökets begyndelse og slutt.

Ammoniumsalter nitrifiseres temmelig hurtig og meget fullstendig, likeså ammoniakk som er blitt absorbert av humusen. Det gis dog enkelte mineralske jordbestanddeler som meget vanskelig avgir den NH_3 de har absorbert til beste for nitrifikasjonen. Kvelstoffet i eggevitestoffer går med større eller mindre letthet over til salpeter. Temmelig sent går det derimot med endel av mikrobenes kvelstoffholdige substanser, især visse av deres veggsubstanser.

I forsök utført under gunstige ytre forhold finner man, at 2 - 5 % av humuskvelstoffet blir nitrifisert i årets løp. Således fant Boussingault

i et 11 årig forsök at $\frac{1}{3}$ av totalkvælstoffet var gått over til salpeter, altså ca. 3 % pr. år.

Nitratreduksjon. Assimilasjon av kvælstofforbindelser.

Som tidligere omtalt er det et stort antall mikroorganismer som kan lage ammoniakk av organiske forbindelser, mens salpeterdannelsen, oksydasjonen av ammoniakken, utføres av helt andre og spesifikke bakterier. Den omvendte prosess, reduksjonen av nitrater gjennom nitritt til ammoniakk, kan utføres av et stort antall bakterier og sopparter. En og samme organisme kan redusere nitrater helt frem til ammoniakk, mens andre bare reduserer nitraten til nitritt. I det hele er evnen til reduksjon av kjemiske stoffer å betrakte som en normal foreteelse i mikrobenes celler. For at en reduksjon skal finne sted, kreves energi. Denne energi skaffer mikrobene sig oftest fra organiske forbindelser. Og en nødvendig betingelse for reduksjonen av salpeteret i jorden er tilstedeværelsen av brukbare organiske stoffer.

De mengder av nitritt eller ammoniakk som fremkommer, vil i almindelighet ikke ophopes, men kvælstoffet i dem blir raskt optatt, når organiske stoffer står til rådighet, og blir fastlagt som eggehvite i mikrobenes celler.

Dette kan selvsagt skje også med den ammoniakk som fremkommer ved avspaltning av organiske forbindelser og likeså med aminosyrer eller andre brukbare organiske stoffer som dannes intermedisært. Således vil altså både nitrater, nitritter, ammoniakk og organiske kvælstofforbindelser kunne utnyttes som næring av mikrobene, og kvælstoffet i dem blir derved unddratt de grønne planter som kvælstoffnæring.

Under normale betingelser spiller sikkert ikke en sådan assimilasjon av kvælstoffet fra mikrobenes side nogen særlig stor rolle i jorden. Det er fordi jorden pleier å være fattig på organiske forbindelser som kan tjene mikrobene som energikilde at nitrifikasjonen kan foregå og at det salpeter som fremkommer, kan holde sig uten å bli omsatt av mikrobene, så at det kan tjene de grønne planter som næring. Men forholdet blir et annet, hvis det kommer tilstrekkelig av lett utnyttbare kulhydrater i jorden. Da vil bakterier og sopp nyttiggjøre sig de kvælstofforbindelser som finnes, og hemme eller hindre de grønne planter i å få sin kvælstoffnæring.

Dette blir tilfelle, hvis man gjødsler sterkt med dårlig gjøret husdyrgjødsel, eller det kommer meget halm i jorden, eller det blir pløiet ned en stor avling av grønne planter som grøngjødsling. Og det er det samme som går igjen, hvis man tilfører salpeter samtidig med fersk gjødsel.

Nyttevirkningen av salpeteret kan da være meget liten.

Men kvelstoffet går ikke tapt ved dette. Det blir i jorden og kommer ved mikrobenes død igjen inn i omsetningen. En gjødsling som en av de nevnte kan vise dårlig resultat straks, men senere kommer virkningen av kvelstoffet i fullt mål tilsyne.

Denitrifikasjon.

Jorden lider stadig tap av kvelstoff. En av de måter dette skjer på, er at regnvannet tar salpeteret med, når det synker ned i jorden, og så blir det borte med drenevannet. I dyrket jord føres det dessuten bort ikke lite kvelstoff med avlingen som høstes og kjøres i hus.

Ennu en kilde til tap kan være overgang av kvelstoff fra bunden form til fritt gassformet kvelstoff.

Tap ved fordunstning av ammoniakk fra jorden i sådan mengde at det har nogen videre praktisk betydning, kan man vel se bort fra. Jorden holder nokså godt på ammoniakken, i motsetning til salpeteret som lett vaskes ut, og i almindelighet er det heller ikke meget ammoniakk i jorden, iallfall ikke i jord, hvor betingelsene for nitrifikasjon er tilstede, undtagen straks efter gjødsling. Fremkomst av atmosfærisk kvelstoff kjenner man som en kjemisk prosess, når nemlig amider reagerer med fri salpetersyrling. Man har også lenge kjent til at det blir utviklet gassformet kvelstoff i kloakkvann ved spaltning av salpeter. Denne omsetning er lett å få til i et enkelt forsøk. Man lager en oppløsning som ved siden av litt nitrat inneholder de nødvendige uorganiske næringssalter forøvrig og en egnet kullstoffforbindelse (Et sitronsurt salt eller sukker). Tilsettes så litt kloakkvann, gjødsel eller jord til denne oppløsning, begynner det snart å stige små blærer op, litt efter blir det skum på overflaten, og undersøkes oppløsningen efter få dages forløp, vil man finne at nitrattet er forsvunnet. Den gass som er fremkommet, består vesentlig av CO_2 og N_2 , dessuten litt kvelstoffoksyder. Denne omsetning foregår under anaerobe forhold, og et stort antall almindelig forekommende bakterier kan utføre en sådan reduksjon av salpeteret som foregår gjennom nitritt til fritt kvelstoff. Når bakteriene ikke får surstoff i fri tilstand, utnytter de surstoffet i nitrattene. De fleste denitrifiserende bakterier lager ved siden av gassformet kvelstoff også varierende mengder av N_2O .

(Bact. nitroxus, Bact. pyocyaneum, Bact. Stutzeri.)

Man kan forøvrig ikke se bort fra muligheten av at fritt kvelstoff også kan dannes ved oksydasjon av ammoniakk, når dette fremkommer ved av-

spaltning fra organiske stoffer. Men noget sikkert vet man endnu ikke om dette.

Betingelsene for at det i jorden skal kunne finne sted nogen denitrifikasjon, er for det første tilstedeværelse av salpeter, dessuten av organiske stoffer som kan tjene bakteriene som energikilde, og tilslutt vanskeliggjort lufttilgang. De 2 siste betingelser er i kulturjord under normale forhold bare undtagelsesvis tilstede, så i nogen nevneverdig utstrekning skulde ikke frigjørelse av gassformet kvelstoff finne sted. Mere forbigående kan det nok tenkes at betingelsene kunde ligge tilrette for en sådan omsetning. Sikker er det iallfall at den frykt som kom tilsyne som følge av de slutninger P. Wagner og M. Maercker i 1890 årene trakk av sine forsøk, nemlig at der i jorden måtte finne sted store tap av kvelstoff på grunn av denitrifikasjon, ikke er berettiget. Bare når betydelige mengder av organisk materiale blir tilsatt jorden sammen med salpeter, kan det skje nevneverdige tap ved denitrifikasjon. Som før nevnt kan man av og til iaktta en mangelfull gjødselvirkning i jorden efter gjødsling med husdyrgjødsel, men det vet man skyldes salpeterassimilasjon fra bakterienes side og ikke denitrifikasjon.

Denitrifikasjonen setter inn, når jorden blir vannmettet, og det er store mengder av organisk gjødsel i jorden. Alkalisk reaksjon fremmer denitrifikasjonen. pH optimum ligger ved 7 til 8.2, ved pH av mellom 5 og 6 er prosessen betydelig svakere. Tilsetter man sukker eller salter av flere organiske syrer til jorden, utnyttes disse raskt av de denitrifiserende bakterier. Frisk halm utnyttes, men i mindre grad og endnu dårligere halmen i gjæret tilstand (fra gjødsel eller kompost). Cellulose kan bare brukes som energikilde av disse bakterier i liten utstrekning. Men tilføres det jorden større mengder av halm blandet gjødsel eller pløier man ned større plantemasser, har dette sterk virkning på nitratene i jorden. De forsvinner og deres kvelstoff blir enten assimilert eller går over i gassform, i siste tilfelle når surstoffet mangler.

Man kan sammenfatte saken ved å si at denitrifikasjonen ikke er av nogen økonomisk betydning i jord som er bra drenert, når bare ikke jorden inneholder særlig store mengder av organisk materiale. I leilighetsvis oversvømmet jord kan den derimot få betydning (rismarker f.eks.).

K v e l s t o f f s a m l i n g .

Vi har hørt at jorden på flere måter lider tap av kvelstoff. Men på den annen side er det også faktorer som arbeider i motsatt retning,

Ud regner man at kvelstoffsamlingen er et sammenhengende led i den
som bidrar til å erstatte tapet, så utarming av jorden med hensyn til
kvelstoffet ikke så lett finner sted. *ca. 1-2 % kvelstoff*

Allerede forholdsvis tidlig blev man opmerksom på at jorden undertiden kunde berikes med kvelstoff uten at man tilførte den kvelstoffforbindelser. Særlig kjent er den franske agrikulturkjemiker Berthelots forsök i 1880 årene. Han lot kasser med jord stå ute på åpen mark i 7 måneder og kunde konstatere at kvelstoffinnholdet var gått op med fra 10 til 20, i enkelte tilfelle med op til 46 g pr. 100 kg. jord. Efter dette anslog han de pr. da. samlede kvelstoffmengder til 1.5 til 3.2 kg. Han viste også at jorden mistet evnen til å berike sig med kvelstoff, når den blev opvarmet til 100°. Dermed var det godtgjort at jordens kvelstoffbindende evne måtte skyldes mikroorganismer. Riktigheten av Berthelots resultater blev snart efter bekreftet av andres undersøkelser.

Vi vet nu at den overveiende andel av de kvelstoffmengder som jorden blir beriket med, skyldes mikrober som er istand til å assimilere luftens fri kvelstoff og at dette kvelstoffet så direkte eller indirekte kan komme de grønne planter tilgode. Man kjenner 2 hovedgrupper av sådanne bakterier: I. Frittlevende kvelstoffbindende bakterier. II. Bakterier som samler kvelstoff i symbiose med høiere planter.
De frittlevende kvelstoffsamlende bakterier.

Winogradsky skylder man det første kjennskap til kvelstoffbindende bakterier. I 1890 årene lykkedes det ham å isolere en bakterie som var istand til å leve uten surstoff i en kvelstoffatmosfære på kvelstoffritt næringssubstrat og som kunde assimilere det fri kvelstoff.

Det var en bakterie tilhørende smørsyrebakterienes gruppe som fikk navnet Clostridium Pasteurianum. Ikke mange år efter, i 1901, fant Beijerinck en stor kuleformet eller oval, strengt aerob kvelstoffsamlende bakterie i jord, Azotobacter chroococcum.

Disse bakterier kan man få i kultur ved å tilsette litt jord til en oppløsning, som inneholder 0.05 % K_2HPO_4 , noget kalk og 1 - 2 % sukker eller mannitt i drikkevann. Er Azotobacter tilstede, vil den lage en hinne på væskeoverflaten, som i begynnelsen er halvklar, hvitlig, men som senere blir grå og tilslutt mørk brun. Nede i væsken vil næsten alltid Clostridium utvikle sig, idet den blir beskyttet for surstoffet av surstoffkrevende bakterier, som skaper surstoffri forhold for den. Clostridium forgjærer mannitten eller sukkeret under fremkomst av smørsyre, eddikesyre CO_2 og H_2 . Azotobacter forbruker de samme stoffer under dannelse av praktisk talt bare CO_2 og vann. Disse bakterier forgjærer en rekke sukkerarter, mannitt, og salter av organiske syrer, derimot ikke stivelse og cellulose. Det er et

nogenlunde bestemt forhold mellem de mængder av sukker som blir forbrukt og den mengde kvelstoff som blir bundet. Clostridium samler 2 a 3 mg, Azotobacter 7 - 15 mg kvelstoff for hvert gram sukker, som omsettes. Betydelig høiere tall er dog funnet i enkelte tilfelle. Under naturlige forhold er det cellulosen, som rimligvis for en stor del utgjør det materiale, ved hvis hjelp kvelstoffsamlingen foregår. Men cellulosen må først omsettes av cellulosespaltende mikrober, før den kan tjene de kvelstoffsamlende bakterier som energimateriale.

Clostridium Pasteurianum er utbredt hele verden over og i de fleste slags jord, både sure (ned til pH av 5.0 - 5.5) og alkalisk reagerende. Også andre kvelstoffbindende bakterier tilhørende smørsyrebakteriene er blitt beskrevet, bl.a. et par som også kan utnytte stivelse. Azotobacter er som Clostr. Past. også en kosmopolitt, men er sterkere bundet til alkalisk eller nøytral jord (kan tåle ned til pH 6.0). Den er sjelden her i landet, hvor størsteparten av jorden er forholdsvis sur. Den forekommer dog ofte i havejord og hist og her ellers, men meget sjelden i akkerjord og ikke i udyrket jord. Denne Azotobacters avhengighet av tilstedeværelse av kalk i jorden er blit brukt som en biologisk reaksjon på jordens kalktrang. Efter dansken Harald Christensen foretas denne prøve slik, at man tilsetter jord til den tidligere nevnte mannittopløsning uten kalk og infiserer med Azotobacter. Alt efter jordens innhold av kalk vil det komme frem en kraftig, middels tykk, eller tynn hinne av Azotobacter. Reagerer jorden mere surt, vil det ikke fremkomme nogen hinne. Fra utviklingen av Azotobacterhinnen kan altså sluttet tilbake til jordens reaksjon eller kalkinnhold, og anvisninger bli gitt om, hvor sterkt jorden bør kalkes. Den almindeligst forekommende art av Azotobacter er A. chroococcum. Foruten de nevnte er det også beskrevet andre kvelstoffbindende bakterier, således Bac. asterosporus, som er sporedannende, fakultativ anaerob, Bact. radiobacter, Bact. pneumoniae og enkelte til. Men deres evne til å binde kvelstoff er mindre enn de før omtaltes. Clostridium og Azotobacter kan utnytte kvelstoff i bunden form også. Men for Clostridium er det konstatert at, hvis næringsopløsningen inneholder mere enn en viss mengde, stanser dens kvelstoffbinding. Fosfater fremmer Azotobacters kvelstoffbinding betydelig. I blandingskultur med andre bakterier foretar Azotobacter en kraftigere kvelstoffbinding enn i ren kultur, således f. eks. sammen med Bact. radiobacter. Samarbeide med Clostridium fører også til sterk kvelstoffsamling. Azotobacter kan også leve symbiotisk med alger.

For en rekke sopparters vedkommende har man også ment å kunne konstatere kvelstoffbindende evne. Men hvis det er tilfelle, er iallfall de

bundne mengder av kvelstoff ikke store.

Belgplantenes knollbakterier og deres kvelstoffsamling.

Mange århundreder før man opdaget knollbakteriene hos belgplantene og lærte å kjenne deres evne til å binde luftens kvelstoff i symbiose med belgplantene, hadde den praktiske jordbruker vennet sig til å anse dyrkning av disse planter som et jordforbedrende middel. Blev en avling av sådanne hakket ned eller pløiet ned i jorden, virket det som gjødsling.

At denne jordforbedring skyldtes binding av luftkvelstoffet blev hevdet i 1838 av Boussingault på grunnlag av forsök. Både i videnskapelige kretser og blandt praktikere vant denne opfatning hurtig terreng. Men hvorledes dette foregikk, eller hvor i planten bindingen fant sted, kom man først etter lang tid senere. Når Boussingault eller andre utførte forsökene slik at de lot plantene vokse i glødet sand tilsatt næringsstoffer, og befridde den luft som kom i beröring med plantene for kvelstofforbindelser, uteblev kvelstoffbindingen.

Man begynte etterhvert å feste oppmerksomheten ved knollene på röttene, og at de muligens hadde noget med kvelstoffsamlingen å gjøre, skjönt almindeligst, blev det antatt at de var av patologisk natur. Frank viste i 1879 at knollene normalt er tilstede på röttene, men at de ikke utvikles i sterilisert jord. I 1886 - 1888 blev det riktige forhold utvetydig fastslått av Hellriegel og Wilfarth. De dyrket sine forsöksplanter, belgplanter, havre og bygg, i meget ren kvartssand, som uten tilsetning av mineralsalter var helt ufuktbar. Når sanden var blitt sterilisert etter tilsetning av næringsalter, forholdt belgplantene sig fullstendig som kornplantene. De döde av kvelstoffhunger, hvis de ikke fikk salpeter eller en annen passende kvelstoffnæring. Hvis på den annen side kulturen efter sterilisering blev tilsatt noen få dråper jorduttrekk fra en jord, hvor der hadde vært dyrket belgplanter, vokste forsöksbelgplantene utmerket, fikk knoller på röttene, og viste i det hele normal utvikling. For kornplantene gjorde samme behandling ingen forskjell fra för. Blev belgplantekulturene analysert, viste det sig at det var blitt en ganske betydelig kvelstoffökning i dem.

X

Eks.

	Uten jorduttrekk		Tilsatt jorduttrekk	
	Törrstoff	N-gevinst	Törrstoff	N-gevinst
Lupin	0.919 g	- 0.049 g	44.718 g	+ 1.077 g
Ert	0.779 "	- 0.025 "	17.616 "	+ 0.449 "
Seradella	0.092 "	- 0.022 "	16.864 "	+ 0.326 "

Hellriegel og Wilfarth mente å kunne slutte at det var bakterier i jorduttrekket som fikk istand knolldannelsen på røttene og kvelstoffsamlingen, for hvis jorduttrekket blev opvarmet til 70°, var det uvirksomt. De ytterlig små mengder av næringsstoffer som blev tilført med jorduttrekket, kunde ikke spille nogen rolle. Disse bakterier måtte stå i et eget forhold til belgplantene, for bare på dem fremkalte de knolldannelse, og bare når det var skjedd dannelsen av knoller, kunde der konstateres kvelstoffbinding. Det kvelstoff som blev bundet, kunde ikke stamme annetstedsfra enn fra luften. Disse resultater blev bekreftet av Lawes og Gilbert i England. Senere bragte Schlösing og Laurent også direkte bevis for at det blev optatt elementært kvelstoff ved belgplantenes kvelstoffbinding. De bestemte i et forsøk som strakte sig over flere måneder, hvor meget kvelstoff det blev optatt av erteplantene av den luft som de blev bragt i berøring med. Resultatet blev kontrollert med de verdier de ved kjemisk analyse fant for N-forøkelsen i plantene.

Kvelstoff ledet inn i kulturkarret	2681.2 cm ³
" " " ut av " "	<u>2652.1 "</u>
Følgelig optatt av ertene	29.1 cm ³ = 36.5 mg
Kvelstoffmengde funnet i plantene	73.2 mg
" " " " jorden og de sådde erters oprindelig	<u>32.6 mg</u>
	40.6 mg

Det var altså en ganske bra overensstemmelse.

Samme år som Hellriegel og Wilfarth utførte sine forsøk, lykkedes det Beijerinck å isolere og rendyrke Bact. radicicola fra knoller på belgplanterøtter. Prazmowski konstaterte derefter, hvorledes denne bakterie kommer inn i roten hos ert. Den trenger inn i et rothår på en ung rot, og masser av bakterier vokser som en slimstreng innover i rothåret, rekker frem til rotens celler som de trenger inn i, idet de vokser gjennom celleveggene og brer sig fra celle til celle. Derved tvinges planten til nye celledelinger, dette parti av roten buer sig ut, og efterhvert vokser knollen frem.

Cellene i knollene er fulle av bakterier som inne i vevet ofte antar eiddommelige former og er blitt kalt bakteroider. Mens Bac. radiceicola i jorden er en liten bevegelig stavformet bakterie, er bakteroidene betydelig større, stavformet, knokkelformet eller Y formet, og ubevegelige. Knollbakteriene er aerobe og bevegelige, idet de fleste er peritriche, enkelte dog monotriche. De danner ikke sporer og drepes ved opvarming til 60 - 70°. I kultur på et avkok av belgplantebelader tilsatt gelatin utvikler de sig som små slimede kolonier som ikke smelter gelatinen. De lar sig også lett dyrke på kvelstoffritt næringssubstrat.

Hos de fleste belgplanter sitter knollene på siden av rotgrenene eller hovedroten. De er kuleformet hos Phaseolus, Lotus, Anthyllis, ovale hos Trifolium, kjegleformet hos Caragana, fingerformet hos Vicia cracca. Hos lusern, Medicago sativa, ligger knollene koraller, de er flate, håndformig forgrenet. Også hos kløver kan de ha en lignende form. En annen type finner man hos lupin. Der sitter knollene på den tykke centrale rot som uregelmessige større eller mindre svulster, ofte som et belte rundt roten.

Man oppfatter forholdet mellom bakterie og belgplante som symbiose, et samliv til felles beste. Bakteriene blir ved hjelp av de kullhydrater og organiske syrer som de får i cellene, hvor de holder til, istand til å assimilere fritt kvelstoff, og belgplanten nyttiggjør sig de kvelstofforbindelser som passerer ut av bakterienes celler.

Når man har isolert Bac. radiceicola fra en knoll hos en bestemt belgvekst, lykkes det lett ved smitning å fremkalle knoller hos andre planter av samme art med en renkultur av den. Men det er ikke sagt at den er istand til å fremkalle knoller hos andre slags belgvekster. Som regel er det så, at enten fremkommer det ikke knoller hos andre i det hele tatt, eller det blir dårligere knollsetning enn hos den belgvekst, hvorfra bakterien blev isolert. Det gjør sig gjeldende større og mindre ulikheter mellom de bakterier man kan isolere fra de forskjellige belgvekster, morfologisk med hensyn til ciliene, fysiologisk med hensyn til deres forhold i kultur, og dessuten i serologisk henseende.

Man har stillet knollbakteriene fra de forskjellige belgvekster op i grupper efter de belgvekster, hvis knollbakterier gjensidig kan smitte hverandre.

En gruppe er knollbakterier fra bønner, en annen bakteriene fra vikker og erter, en tredje fra Medicago og Melilotus, en fjerde fra kløverartene, en femte fra lupiner o.s.v. I alt er det blitt opstilt 14 sådanne grupper. Bakteriene fra vikker og erter kan næsten helt tre istedenfor

hverandre, innenfor Trifoliumgruppen er det større forskjell innbyrdes, og det samme er tilfelle mellem bakteriene fra de forskjellige arter av lupin..

Dette forhold gjør sig ikke sjelden gjeldende i praksis. Det hender at når man sår belgplanter på et stykke, hvor det ikke tidligere har vært dyrket sådanne, så vil de ikke riktig til, og grunnen er at den riktige knollbakterie ikke forekommer i jorden. Dette har mange ganger hendt med lusern og lupiner. Man la da merke til, at hvis man overførte jord fra et stykke, hvor vedkommende belgplante tidligere hadde vokset, og spredte den utover det nye felt, så var vanskelighetene over. Plantene vokset utmerket og frembragte rikelig med knoller. Å smitte med jord kan være praktisk, hvor man ikke behøver å transportere jorden lang vei. Er avstanden stor, lar det sig ikke lett gjøre, og dertil kommer at man ved jordsmitning kan komme til å overføre sykdommer med jorden. Dette førte til at man begynte å fremstille renkulturer av knollbakteriene og brukte dem til å smitte med. I 1896 blev de første kulturer brakt i handelen, fremstillet efter Nobbe og Hiltners fremgangsmåte å dyrke bakteriene på næringsgelatin. Disse kulturer kaltes nitragin. I De forente stater blev bakteriene sendt ut inntørket på bomull under navnet nitroculture, i England lignende kulturer under navn av nitrobacterine. Men resultatene svarte slett ikke til, hvad man hadde ventet. Kulturene var for en meget stor del ubrukbare, bakteriene var gått tilgrunne i dem. Men efterhvert lærte man å fremstille holdbare kulturer som gav gode resultater. Således er det nitragin som nu fremstilles i Tyskland meget godt, likeså azotogen. Meget gode er også de kulturer som fremstilles ved en rekke europeiske og amerikanske forsøksstasjoner og andre videnskapelige institusjoner. Det er kulturer å få for de fleste av de almindelig dyrkede belgplanter. Nogen kulturer inneholder bakteriene i oppløsning, andre på næringsagar, andre igjen i steril jord. Bakteriekulturene i de 2 første blandes op i vann (eller myse) og frøene vætes med væsken før såning. Jordkulturene fordeles i litt større mengder jord og blandes med frøene eller spres utover akeren. Ved landbohøiskolen i Kjöbenhavn og ved Centralanstalten for jordbruksforsök i Stockholm fremstilles sådanne kulturer. Det er særlig for lusern, tildels lupiner og enkelte andre belgvekster som i almindelighet ikke dyrkes i så stor utstrekning, og fremforalt på steder, hvor jorden er ny eller meget næringsfattig, og hvor belgvekster skal dyrkes for å berike jorden, at smitning er formålstjenlig. Å smitte jord med klöverbakterier eller ertebakterier er vistnok overflödig, når man bare tenker på fremkomst av knoller. For som regel er de rette bakterier tilstede i jorden på forhånd. Men allikevel

har det i mange tilfelle vist sig at knollsetningen og kvelstoffsamlingen kan være adskillig bedre efter smitning. En av årsakene til dette er at knollbakteriene nok er tilstede, men at de ikke sjelden forekommer sparsomt, slik at antallet av knoller på røttene blir lite og kvelstoffsamlingen dårlig. Settes der til jorden flere bakterier, blir knollansetningen betydelig bedre og dermed også kvelstoffsamlingen større.

En annen årsak er et forhold som allerede Hiltner for over 30 år siden var opmerksom på, nemlig at bakteriene som han kalte det var av ulike sterk virulens. De lite virulente var enten ikke istand til å trenge inn i planten, eller om de trengte inn, var de ikke istand til å binde kvelstoff eller samlet bare små mengder. De virulente derimot samlet store mengder kvelstoff, når de trengte inn i roten. I de senere år har amerikanerne arbeidet med dette spørsmål. I.L. Baldwin og E.B. Fred undersøkte således flere stammer av klöverbakterier og konstaterte at det var betydelig forskjell på den nytte klöverplantene hadde av dem. Ved smitning viste nogen sig som rene parasitter og bevirket ingen kvelstoffbinding, andre samlet kvelstoff, men i meget forskjellig grad. De fant også at dårlige stammer laget mange og små knoller over hele rotsystemet, mens de gode dannet få og store knoller på den øvre del av roten. Var lysforholdene dårlige for plantene var forskjellen mellom de gode og dårlige mindre. Tilgangen på assimilater var åpenbart da tilstrekkelig for de dårlige stammers kvelstoffsamling, men ikke til de godes.

Dunham og Baldwin isolerte fra belgvekster, bl.a. klöver og ert, både dårlige og gode stammer og podet disse dels alene, dels i blanding på vedk. belgvekst. Det viste sig at når en plante allerede er infisert, motstår den betydelig bedre infeksjon av en annen stamme. Særlig har en dårlig stamme vanskelig for å trenge inn og lage knoller hos en plante som er blitt podet med en god. Hvis en god og en dårlig er benyttet samtidig til podning, får man en kvelstoffsamling som ligger mellom de mengder de 2 hver for sig vilde ha bundet.

Jo tidligere den gode bakteriestamme får adgang, desto bedre trivsel og større kvelstoffgevinst opnår man.

Det er knapt meningsforskjell om at meget rikelig tilførsellav nitrat til en belgvekst hemmer eller undertrykker knolldannelsen helt. Men plantene gir under sådanne forhold også en meget pen avling. I forsøk er nitraters innflydelse på kvelstoffbindingens forløp blitt studert. Allerede Hiltner hadde iaktatt at belgvekster i kvelstoffri kultur viste hungersymptomer, før kvelstoffbindingen riktig kom igang. I forsøk som Weber anstilte med ertes, blev utviklingen av planter som i kulturen dels hadde

fått et lite tilskudd av salpeter, dels sådanne som vokste uten noe kvelstoff, sammenlignet med sådanne som hadde rikelig forsyning av salpeter. Resultatet var at de kulturer som ikke hadde fått salpeter, i begynnelsen stod avgjort tilbake for de andre, inntil hungerstadiet er overstått, men i løpet av veksttiden tar de forspranget igjen og er helt overlegne tilslutt. Planteutbyttet lå $1/2$ til $1/3$ høiere hos dem som ikke hadde fått tilskudd av salpeter. De kvelstoffmengder som blev assimilert fra luften av plantene med salpetertilskudd, utgjorde bare halvparten til tredjeparten av de mengder som plantene i kvelstoffri kultur hadde samlet. Man mener at C/N forholdet i planten er bestemmende med hensyn til kvelstoffsamlingen. Er dette tall lavt, hvilket det er hos de planter som har lett anledning til å opta kvelstoffet i bunden form, blir kvelstoffbindingen svak, men er dette forholdstall høit, insiteres bakteriene til kraftig kvelstoffbinding.

I praksis vilde muligens det fordelaktigste være at plantene hadde så meget kvelstoffnæring til rådighet at de kom lett over hungerstadiet, men heller ikke mer.

Jordens reaksjon og kalkinnhold har vist sig å være av stor betydning med hensyn til smitningsgraden og med hensyn til avlingsutbyttet. Bakteriene av flere raser har lett for å gå ut i jord, hvor surhetsgraden er lav, mens de kan holde sig i en årrekke, når jorden blir kalket.

Med hensyn til utbyttet varierer dette sterkt med surhetsgraden og er dessuten meget avhengig av jordens art. I forsök av Graul og Fred, Wisconsin, med kløver og lusern var for en jords vedkommende økningen efter smitning 15.6 %, efter smitning og kalkning 49.7 %, for en annen jord resp. 171.2 % og 310.7 %.

I Sverige er det også blitt foretatt sammenligninger mellem veksten på podede og ikke podede engstykker med belgvekster. Avlingstall foreligger bare for få forsöks vedkommende. Men alt i alt viser de omtrent 150 forsök at man opnådde positiv virkning efter smitning i majoriteten av forsökene, og i ikke få tilfeller berettes om store meravlinger på de podede felter, på opimot og over 100 %. Og det var ikke tilfellet bare med belgvekster som lusern som ikke tidligere hadde vært dyrket på vedkommende jord, men også for kløver, ertter, vikker og bønner.

Hvor meget kvelstoff samler de kvelstoffbindende bakterier ?

De kvelstoffmengder som en avling av belgvekster samler, er meget store. Man har ved en hel del analyser funnet tall som ligger mellem 5 og 22 kg N årlig på målet, alt efter belgvekstens art og jordens beskaffenhet.

Nu er det ikke mulig uten nøiaktig analyse i hvert enkelt tilfelle å si, hvor meget av det kvelstoff man finner i en belgplanteavling, er samlet av bakteriene, og hvor meget som skriver sig fra kvelstofforbindelser i jorden. Det avhenger i høi grad av jordens beskaffenhet. Er det lite kvelstoffnæring i den, vil den allervesentlige del av avlingens kvelstoff skyldes bakterienes kvelstoffbinding, mens i andre tilfelle, hvor plantene finner meget kvelstoffnæring i jorden, blir kvelstoffsamlingen mindre, og en stor del av avlingens kvelstoffinnhold skriver sig da fra jordens innhold av nitrater m.m. Gjennemsnitlig har man regnet med at omkring $1/3$ skriver sig fra kvelstoffnæringen i jorden og at omkring $2/3$ er samlet av bakteriene. Uten å begå en altfor stor feil kan man også si at avlingen, d.v.s. den del av plantene som er over jorden, inneholder $2/3$ og røtter og stubber inneholder $1/3$ av en belgveksts kvelstoffinnhold, således at de kvelstoffmengder man høster med avlingen ekvivalerer det som er samlet fra luften.

De kvelstoffmengder som blir samlet på målet av de frittlevende kvelstoffsamlere, er betydelig mindre enn de som samles av belgvekstbakteriene

Tidligere er nevnt Berthelots konstatering av økning av kvelstoffinnholdet i jord. De bekjente forsøk av J. Kühn i Halle viste også tydelig at det ved dyrkning av korn kan finne sted en forøkelse av jordens kvelstoffkapital. Han dyrket vinterrug 21 år på rad på samme jordstykket og fikk stigende avling. I forsøk gjennom en lengere årrekke som også blev anstillet andre steder, kom man til lignende resultater. Den kvelstofføkning som blev konstateret, utgjorde ved forsøkene i Rothamsted 2.24, i Halle 2.92 og i Ellenbach 2.75 kg N på målet årlig. I Rothamsted gikk utbyttet på de ikke gjødslede parseller ned de første 35 år, men i de næste 25 år avtok det ikke mer.

Erfaringer fra praksis i adskillige tilfelle taler også for at, særlig i jord rik på mild humus, kan man ta bra avlinger ved utilstrekkelig erstatning av de kvelstoffmengder som bortføres med avlingen.

Den ikke symbiotiske kvelstoffbinding stimuleres av voksende planterøtter. Disse bruker antagelig op det tilgjengelige kvelstoff og bringer derved de kvelstoffsamlende bakterier til kvelstoffbinding. Fra røtter, rothår og annet som destrueres, får de sitt energimateriale. I dyrket jord finner man større kvelstoffbindingsevne enn i udyrket. I brakkjord er kvelstoffsamlingen sterkere enn i annen jord.

Når man utfører totalkvelstofforsøk i det fri, er det en ting man må ta i betraktning, nemlig at en viss mengde kvelstoff blir tilført jorden fra luften med nedbøren. På forskjellige måter frigjøres det nemlig ammoniakk som fordamper og kommer op i luften, videre fremkommer det ved elektriske ut-

ladninger i atmosfæren litt salpetersyrling og salpetersyre, og med nedbøren kommer så disse stoffene jorden tilgode. Men mengdene er ikke store. Oftest ligger de mellom 0.1 og 0.6 kg N årlig pr. mål. De strekker vel sjelden til for å dekke kvelstofftapet ved utvaskning av jorden. Dette er sikkert mangesteds større.

I jord i sin almindelighet er kvelstoffsamlingen som skyldes frittlevende kvelstoffsamlere relativt liten. Man regner med, efter resultatene av talrike forsök, at de frittlevende kvelstoffsamlende bakterier binder fra 1 til 5 kg N pr. år pr. mål. Det er adskillig mindre, enn hvad belgvekstbakteriene samler. Men den mindre effektive kvelstoffbinding opveies av deres langt større utbredelse.

Således har Löhns for Tysklands vedkommende beregnet at på 40 mill. da. med belgvekster bindes årlig 500000 ton kvelstoff, mens der på 240 mill. da. av de frittlevende kvelstoffsamlere bindes 600 a 700000 ton.

Tilsettes kulhydrater til jorden, finner man i almindelighet sterkere ikke symbiotisk kvelstoffsamling enn før. Men ikke alltid. Hvis det er en god del kvelstoffnæring i jorden, utnyttes denne av mikrobenes som bruker de tilsatte kulhydrater som energikilde, og kvelstoffet blir da overført i mikrobeeeghvide. De kvelstoffbindende bakterier tar også del i dette og binder da ikke kvelstoff fra luften. Først ved mangel på lett tilgjengelige kvelstoffnæringsstoffer kommer kvelstoffsamling igang med kulhydratene som energikilde.

A. Koch har undersøkt, hvorledes det stiller sig med kvelstoffsamling og plantenes trivsel, når energikilde i form av sukker blev tilsatt jorden.

I laboratorieforsök blev sukkeret tilsatt i porsjoner litt efter litt, i alt i forskjellige forsök mengder av 7 til 25 g til 100 g jord. I løpet av 5 a 10 uker blev det konstatert en kvelstoffökning på 40 til 80 mg, hvilket omregnet pr. mål vilde svare til omtrent 100 a 200 kg N. (beregnet efter 250000 kg. jord pr. mål), altså svære mengder.

I karforsök viste han at kvelstoff som på denne måten blir tilført jorden, også blir nyttiggjort som plantenæring, men at dette først finner sted, når en tid er gått. Nedenfor er et sådant forsök anført. (Kontrollene er overalt satt = 100)

	Havre 1905		Sukkerbete 1906		Kvelstoff	
	Törr-substans	Kvelstoff	Törr-substans	Kvelstoff	bortført med avlingen	i jorden efter forsøket
Uten sukker	100	100	100	100	0.591 g	0.093 %
2 % druesukker	32.8	62.5	186	190	0.681 "	0.105 "
2 " rörsukker	33.3	58.7	179	195	0.680 "	0.105 "
4 " rörsukker	37.7	78.1	283	339	1.009 "	0.119 "

Det fremgår av forsøket at tilsetning av sukker nedsetter avlingen betydelig første år, men året efter er utbyttet 2 til 3 ganger så stort som i kontrollkarrene, desto større jo mere sukker der var blitt tilsatt året forut. Tilsammen i de 2 år har de kulturer som fikk sukkertilsetning, gitt adskillig større utbytte, enn hvor sukker ikke blev gitt. Samtidig med at jorden blev berøvet betydelig mere kvelstoff med avlingen i karrene med sukkertilsetning, viste det sig at jordens innhold av kvelstoff i disse var steget under forsökstiden.

Enkelte steder, hvor man har melasse i store mengder efter sukker-fabrikasjonen, er i markforsök melassen blitt tilsatt jorden med lignende resultat som ovenfor nevnt i Kochs karforsök. Tilsetning av sukker som gjödsel til jorden blir jo i almindelighet for kostbart. Men billigere energimateriale for de kvelstoffsamlende bakterier kan brukes i stedet. Og man mener at cellulose, halm, restene efter en avling, grönn-gjödsling, avgir energimateriale for de kvelstoffbindende bakterier, selv om det ikke er lett å konstatere det ved kjemisk analyse.

Oversikt over kvelstoffomsetningene i jorden.

For å få et oversiktlig bilde av kvelstoffets omsetninger i jord skal anføres endel analyser fra forsök, utfört under forskjellige betingelser. Man har i disse bestemt nitrifikasjonens forlop og hvorledes totalkvelstoffets mengde undergår forandringer, og man får ved disse 2 omsetninger et ganske interessant innblikk i, hvad det skjer med kvelstoffet i de forskjellige tilfelle.

1. Jorden blir holdt under passende fuktighets- og varmekforhold, fri for plantevekst og beskyttet mot utvaskning. Det foregår da salpeterdannelse i jorden, og man finner at nitratmengdene stadig öker. Det er oftest så at 1 a 3 % av jordens kvelstoffinnhold i löpet av 1 år er blitt

overført til nitrat. Hvor lenge en sådan salpeterdannelse vil finne sted, har man ikke undersøkt. Forsøket måtte i så fall løpe meget lenge. Boussingault fastslo i et 11 årig forsøk med en rik jord, at ca. $1/3$ av kvelstoffet i løpet av denne tid blev nitrifisert (og at omtrent halvparten av jordens kullstoffinnhold blev overført til CO_2). Det samlede kvelstoffinnhold holder sig omtrent uforandret, man kan finne små tap eller svak økning.

2. Jorden blir som i foregående forsøk holdt fri for vegetasjon, men er utsatt for regnets og været's innflytelse. Det blir som i forrige forsøk stadig dannet nitrat, men de blir overveiende vasket ut. De nitratmengder som strømmer bort med drensvannet, opsamles og bestemmes. Jorden taper under sådanne betingelser kvelstoff, og dette tap kan i tidens løp bli betydelig. I Rothamsted blev en parsell på $4 m^2$ befridd for plantevekst i 1870, og siden holdt fri for plantevekst, men blev ikke bearbeidet eller gjødslet. I 1917, efter 47 år, hadde jorden tapt $1/3$ av sitt opprinnelige kvelstoffinnhold på grunn av tap ved utvaskning av salpeter.

Slike forsøk utføres på den måte, at parsellen isoleres med betongvegger fra den omgivende jord. Drensvannet som løper av, samles op og analyseres (lysimeterforsøk).

I det nevnte tilfelle var resultatet (kvelstoffmengdene er beregnet pr. da. med 23 cm dypt jordlag).

	Kvelstoff i jorden i %	Kvelstoff i kg. pr. da.
1870	0.146	393.5
1917	0.097	261.5
	0.049	132.0

Gjennomsnittlig utgjorde tapet 2.8 kg N om året. I begynnelsen var tapet større, nemlig 4.4, senere ca. 3 og i de siste år under 2 kg. Så godt som alt det kvelstoff som jorden tapte, blev funnet igjen i drensvannet som nitrat.

3. Når forsøksbetingelsene er helt ut normale, idet man også tillater plantevekst på jorden, blir endel av det nitrat som fremkommer, optatt av plantene, så at tapet ved utvaskning blir mindre. Det nedenfor anførte forsøk fra Rothamsted viser også at tapet er minst, når plantene er riktig forsynt med de øvrige plantenæringsstoffer. Da blir deres vekst kraftig og næringsopptagelsen derfor stor.

Alle parseller blev gjødslet med $9\frac{1}{2}$ kg N i form av ammonium-salter pr. da.

	Hvæte Kornutbytte pr. da. årlig	Avlingens N-innhold pr. år.	Jordens N-innhold	Jordens N-tap pr. år.
1. Rikelig tilsetning av P og K	2.42 hl.	5.06 kg	0.116 %	5.73 kg
2. Ingen " " " " " "	1.45 " "	3.77 " "	0.106 " "	7.60 " "

4. I forsøk i likhet med de under 1 omtalte, men hvor jorden ikke fra begynnelsen av får ligge urørt, har man kunnet konstatere betydelig tap av kvelstoff. Således var resultat av forsøk anstillet både i New Jersey og California at hvor jord blev bragt op i store kar som blev stående under tak i en årrekke, fant der i løpet av henholdsvis 10 og 5 år beggesteds sted et årlig gjennomsnittlig kvelstofftap på 11 kg, beregnet pr. mål. Dette skjedde, hvad enten jorden hadde plantevegetasjon eller ikke. I én følgende 10 års periode var likevekten blitt gjenoprettet, og i løpet av disse år fant det ikke sted noget ytterligere tap av kvelstoff.

5. I præriejord som år efter år bærer sin naturlige vegetasjon, hvor intet tap av næringsstoffer skjer ved at avling føres bort, og hvor det ikke eller bare i svak grad finner sted nogen utvaskning, holder kvelstoffinnholdet sig omtrent uforandret. Men begynner man å kultivere en sådan jord, setter det inn med store kvelstofftap. Dette er konstatert i Saskatchewan, Minnesota og Kansas.

Nedenfor anføres nogen tall fra det første sted.

Kvelstoffinnhold før kultivering	0.371 %, 780 kg pr dekar i 20 cm dybde
" " " " " "	etter 22 års kultur 0.254 " , 533,5 " " " " " "
Jordens kvelstofftap	246.5 kg
Kvelstoffmengder bortført med avlingen	78.8 "
Rent tap i 22 år	167,7 kg kvelstoff
Årlig tap	7.6 "

Av det store kvelstofftap som denne jord lider, skriver bare tredjedelen sig fra de mengder som avlingen inneholder, resten går tapt på annen måte. Kanskje skjer det ved denitrifikasjon; eller det er en mulighet for at der kan skje frigjørelse av kvelstoff ved oksydasjon av komplisert byggede organiske forbindelser. Lignende tap er også konstatert, når man stadig tilfører jorden store mengder naturlig gjødsel.

Således viste et hvæte forsøk i Rothamsted på en jord med et kvelstoffinnhold av 0.196 % som årlig fikk 3500 kg gjødsel med et kvelstoffinnhold av 22.5 kg pr. mål, et årlig tap av 16 kg kvelstoff, svarende til næsten

70 % av det tilførte (gjennomsnitt av 49 år). En naboparsell med kvelstoffinnhold av 0.114 % som ikke fikk noget tilskudd av husdurgjødsel, viste ikke noget kvelstofftap. Det var meget svak utvaskning på disse felter.

Det ser altså ut, efter sådanne resultater å dømme, som om der ved de almindelig brukte kulturmetoder, god bearbeidning og rikelig luftning, skapes gunstige betingelser for kvelstofftap, rimeligvis i gassform, når det dreier sig om jord med store mengder lett spaltbare organiske substanser. Men noget nøiere kjennskap til en sådan omsetnings natur har man ikke.

6 §. Som tidligere nevnt foregår der prosesser, som motarbeider kvelstofftap. I flere forsök har man konstatert ikke tap, men öket kvelstoffinnhold i jorden. Sådän kvelstoffökning blir det, när man overlater jorden til sig selv og ikke beröver den, hvad der vokser på den, men lar de döde planterester komme jorden tilgode. Et sådant forsök, anstillet i Rothamsted på en parsell ved siden av de nettop nevnte forsök, hadde fölgende resultat.

De överste 22.5 cm av jorden.

	med 3.32 % CaCO ₃	med 0.106 % CaCO ₃
1881	0.108 % N	(1883) 0.108
1904	0.145 " "	0.131

Kvelstoffgevinsten pr. dekar og år utgjorde 10.4 kg i en jord med höit kalkinnhold, men bare 6,8 kg, hvor kalkinnholdet i jorden var lavt.

Hvor der er rikelig med klöver eller andre belgvekster, kan det finne kvelstoffökning sted i jorden, selv om stykket blir regelmessig slått eller arbeidet.

	Eks. fra Rothamsted.	Kvelstoffprosenten.		
	1856	1879	1888	1912
	(0.152)	0.205	0.235	0.338

Stigningen i kvelstoffinnholdet fortsetter dog ikke ubegrenset. Med tiden inntreer det et likevektsforhold som ligger höiere eller lavere efter jordens beskaffenhet og forholdene forövrig, hvor gevinst og tap utligner hverandre. Alt efter jordens egenskaper og behandlingsmåte kommer kvelstoffinnholdet til å svinge mellem en övre og en nedre grense, således at når kvelstoffinnholdet ligger nær den övre grense, har det en tendens til å minke, mens det har tendens til å öke, när det ligger nær den nedre grense. Disse grenseverdier ligger på forskjellige höider efter jordartens beskaffenhet.

Mikrobelivets påvirkning av ytre
faktorer.

Som tidligere omtalt innstiller der sig i jorden, når den i lengere tid forblir urørt, en likevektstilstand med hensyn til bakterienes antall og deres virksomhet. Men sol og regn, frysning og optining, pløining og annen bearbeidning, videre gjødsling og en rekke andre slags innvirkninger vil fremkalle lettere eller mer dyptgripende forandringer i den.

Jordens mikroflora er så sammensatt og omsetningene så sammenlenket at hvis man påvirker en mikrobegruppe eller en prosess som går for sig, kommer man også til å øve innvirkning på mange andre grupper og stoffomsetninger, så sluttresultatet kan være meget vanskelig å beregne på forhånd.

Når jorden befinner sig under optimale fuktighetsbetingelser og er i ro, er de daglige forandringer i den meget små. Undersøkes den frd tid til annen, finner man at bakterienes antall og deres virksomhet langsomt går tilbake.

Væster man en meget tørr jord, stiger bakteriantallet og kullsyredannelsen i den meget hurtig og efterfølges i løpet av flere måneder av langsom tilbakegang som tilslutt blir umerkelig.

Det er ikke mangel på kvelstoff dette skyldes. Som vi har hørt før, fortsetter således nitrifikasjonen å gå for sig. Denne tendens mot stadig svakere liv skyldes mangel på energimateriale. Setter man kulhydrater, f.eks. halm til jorden, resulterer dette i en rask opplussen av mikrobevekst og intensiteten av deres omsetninger.

Tørker man jord, synker mikrobeantallet til omkring det halve. Den kraftige stigning i mikrobevirksomheten som følger, når tørr jord tilsettes vann, mener man har sin årsak i forandringer i jordens kolloide tilstand, således at større mengder av næringsstoffene efter vanntilsetning går i oppløsning.

Blir jordens reaksjon mere sur, blir betingelsene for mange sopparter gunstigere, men ugunstigere for storparten av bakteriene og actinomyketene.

Opsmuldring som betinger god gjennomluftning, er heldig for de fleste aerobe bakterier. I vannmettet jord settes sådanne derimot ut av funksjon og kommer til å ligge under for de mindre verdifulle.

Kalkning fremmer bakteriellivet ved å regulere surheten til gunst for dem og ved å bedre jordens fysiske tilstand. Særlig nitrifikasjonen og kvelstoffbindingen fremmes.

Tilsetning av mineralnæringsstoffer stimulerer som regel i liten grad mikrobenes virksomhet, i sterkere grad oppløselige fosfater. Tilsettes organiske kvelstoffforbindelser og kulhydrater fremmes mikrob livet betydelig. CaO virker langt mere radikalt enn kullsur kalk. Det forstyrrer eller ødelegger likevekten i jorden. Det synes å bevirke en kraftigere spaltning av jordens organiske kvelstoffforbindelser. Tallet av bakterier synker først, men tiltar adskillig senere. Mange bakterier og protozoer ødelegges ved en sådan tilsetning. *Partiell behandling*

På lignende måte virker antiseptiske stoffer og opvarming. Man opnår ved dette en partiell sterilisering av jorden. Endel grupper av organismer går da tilgrunne, bakterier i vegetativ tilstand, levende protozoer, soppmycel og soppsporer.

Man kan f.eks. opvarme jorden til 60 - 65° eller la 1 - 4 % av en rekke flyktige stoffer som kloroform, eter, svovelkullstoff, kullstofftetra-klorid, toluol, benzol m.fl. innvirke $\frac{1}{2}$ a 2 døgn for så å la dem fordampe.

Resultatet av sådan innvirkning, efter at det virksomme stoff er blitt borte, er :

1. At bakterieantallet i begynnelsen avtar, for etterpå å stige meget sterkt.
2. At protozoer og nitrifiserende organismer blir ødelagt, likesom ødeleggelse eller sterk tilbakegang av soppvegetasjonen, nematoder, andre ormer og insekter finner sted.
3. At ammoniakinnholdet er høiere enn vanlig straks efter behandlingen, og at jordens ammoniakproduserende evne er blitt betydelig større enn før, hvilket resulterer i kraftig vekst av plantene på en sådan jord.

Øker man mengdene av det virksomme stoff, forblir virkningene de samme. Ikke flyktige stoffer som fenol, kresol, naftalin, metallsalter, arsenforbindelser o.fl. har en lignende virkning, men den er mere varig og stimulerer bare i svak grad ammoniakproduksjonen.

Nogen har antatt at innvirkningen av varme øker oppløseligheten av jordens mineralstoffer og av dens organiske bestanddeler. Andre har ment at bakterienes økede virksomhet er resultatet av destruksjonen og utnyttelsen av de døde mikrobeceller i jorden. Og det betydelig større antall bakterier som således fremkommer, bevirker dessuten en kraftigere innvirkning på jordens organiske og uorganiske bestanddeler forøvrig.

Det er ikke-sporedannende bakterier som først og fremst gjør sig gjeldende efter behandlingen. Actinomyces-artene utvikler sig, men sent, mens sopparter og protozoer innfinner sig senere litt efter litt. Når først sopparter kommer, vokser de fortreffelig på sterilisert jord.

Opvarming av jorden til temperaturer under 100° gjør jorden mer

fruktbar, mens den blir mindre fruktbar, når den oppvarmes over 100° . I første tilfelle øker innholdet av oppløselig organisk substans, i annet fremkommer substanser som skader høiere planters vekst.

Ved innvirkning av antiseptiske stoffer er virkningen i det store og hele som etter oppvarming. I ett tilfelle, hvor det blev brukt svovelkullstoff, gikk bakterietallet først ned fra $9\frac{1}{2}$ mill. pr. g til under 3, men steg derpå raskt til 50 millioner en måned etter og sank så jevnt i løpet av flere måneder, men uten ennå, så lenge forsøket varte, å komme helt ned til det opri delige tall. Antallet av ikke gelatinsmeltende bakterier øket sterkt, de denitrifiserende bakterier blev helt ødelagt. Nitrifikasjonen undertryktes lenge, men tok sig efter hvert op. Blandt de organismer som efter den partielle sterilisering optrer i store mengder, er Clostridium pasteurianum. Fosfater frigjøres ved behandlingen.

Det er flere faktorer enn de nevnte som kan være av betydning, hvor det dreier sig om partiell sterilisering av jord. Man kan ikke se bort fra at små mengder av et desinfiserende stoff kan stimulere både mikrobenes og høiere planters trivsel. Det kunde også tenkes at behandling med de fettopløsende antiseptika ved å fjerne fettaktige stoffer fra de faste organiske bestanddeler i jorden, gjør dem lettere utnyttbare enn tidligere. Ennvidere kan den partielle sterilisering tenkes å ødelegge toksiner, giftstoffer av biologisk oprindelse i jorden. En opfatning fremsatt av Russel og Hutchinson er den at ødeleggelsen av protozoene spiller sterkt inn som årsak til den sterke økning i bakterietallet. De hevder at protozoene i sterk grad begrenser bakterievirksomheten i jorden, flere av dem lever jo av bakterier, og når de drepes ved behandlingen, er hemningen borte, og bakteriene kan utvikle sig uhindret. Men denne opfatning har møtt sterk kritikk. Og om det er så at protozoene i en viss grad begrenser enkelte bakteriers virksomhet, er dette sikkerlig bare en av de mange faktorer som gjør sig gjeldende med hensyn til forandringene i mikrobielivet efter partiel sterilisering.

Mikrobenes antall og virksomhet forandrer sig som tidligere nevnt efter årstiden. Dette skyldes forandringer i temperaturen, fuktigheten, surstofftilgangen, tilførsel av organisk substans m.m. Det vanlige er maksima vår og høst, lavere verdier om sommeren og meget liten virksomhet om vinteren. Under gunstige temperaturbetingelser er fuktigheten den bestemmende faktor. En prosess som denitrifikasjonen viser ikke samme fluktuasjoner som de fleste andre omsetninger, idet den er høiest om høsten og lav om våren. Raske forandringer som følge av forskjellig temperatur om dagen og natten, av værforandring i løpet av dagen, av nedbør, kan man meget tydelig konsta-

tere f.eks. for kullsyreproduksjonens vedkommende.

Bearbeidning av jorden fremkaller en bedre surstofftilførsel, hvilket har innflytelse på jordens temperatur, bedrer dens struktur og gjør sitt til å bevare fuktigheten i jorden bedre. Alt dette fremmer f.eks. salpeterdannelsen og kvelstoffsamlingen, og øker bakterieantallet i det hele.

Tilsetning av organisk materiale forøker antallet av forskjellige slags av jordens mikrober, avhengig av stoffenes natur og jordens art. Lett assimilerbare kulhydrater fremkaller en meget sterk stigning i bakterieantallet og fremmer sterkt f.eks. kvelstoffsamlingen. Substanser rike på cellulose, men fattige på proteiner, som halm, fremmer i høi grad utviklingen av sopparter og dessuten forskjellige aërobe bakterier som cellulospaltere og mange andre som lever på celluloses spalteprodukter, eller på stoffer opbygget av cellulosespaltere. Grønn gjødsling fremmer utviklingen av bakterier mer enn sopparter og Actinomyceter. Jo høiere proteininnholdet er i det organiske materiale, desto sterkere begunstiges bakteriene.

De planter som vokser i jorden, øver også sin innvirkning på mikrobene. Man har som bekjent funnet at planterøttene ved siden av kullsyre også kan utskille stoffer av forskjellig art som virker gunstig på mikrobene. Dette førte Hiltner til å opstille begrepet rhizosfæren, det område i jorden, hvor mikrobene er influert av rotens virksomhet. Alt efter rotutskilningens art og forholdene forøvrig antokes det at det for hver planteart innstilte sig et bestemt mikrobefund til beste både for dette samfunds mikrobearter og for den høiere plante.

Ennvidere avgir plantene næring og energimateriale i form av døde rothår, epidermisceller, rotkapper, rötter m.m.

Planterøttene optar forskjellige stoffer fra jordvæsken og øver derved innvirkning på mikrobenes næringsoptagelse.

Ved sin vekst forandrer plantenes rötter jordens struktur i gunstig retning for mikrobene.

Efter Löhnis bevirker dyrkning av kulturplantene et større bakterieinnhold i jorden. Høiest er det under belgvekster, endel mindre under rotvekster og minst under kornslagene.

Likewise er salpeterdannelsen større i jord med rotvekster og poteter enn i akerjord med korn eller i engjord.

Hvis et bestemt planteslag i en årrekke vokser på samme jordstykke, forandrer det efterhvert jorden i kjemisk henseende og dermed også jordens mikroflora. Dette kan bl.a. føre til en ansamling av organismer skadelige for planteveksten, og bevirke "jordtrotthet".

Gjødsel og dens gjæring.

Hensikten med å gjødsle med husdyrgjødsel er å gi jorden tilbake næringsstoffer som blir ført bort med avlingen, å øke jordens humusinnhold og å forbedre dens fysiske beskaffenhet. Av gammel erfaring vet man at det er uheldig å tilføre jorden fersk gjødsel. Denne kan skade de grønne planter direkte enten ved sitt store innhold av kullsur ammoniakk eller undertiden ved at den inneholder organiske syrer som begge skader planterøttene, eller indirekte ved at mikrobenes unddrar plantene deres kvelstoffnæring, idet de utnytter den ubrente gjødsels innhold av kullhydrater til å assimilere dens kvelstoffforbindelser eller til å spalte nitratene under denitrifikasjon. Fersk gjødsel hemmer også salpeterdannelsen i jorden. Derfor lar man gjødselen undergå en gjæring, hvorved de organiske bestanddeler blir spaltet så langt at de nevnte uheldige ting ikke inntreffer, og således at det organisk bundne kvelstoff blir omsatt så langt at nitrifikasjonen av disse stoffene straks tar fatt, når gjødselen kommer i jorden.

Normalt tar gjæringen av gjødsel om sommeren omkring 6 uker, om vinteren 10 - 12 uker. Under gjæringen synker gjødselen sammen, er der halm i den, ser man at stråene blir opmyknet, farven blir mørkere og temperaturen stiger raskt, idet forgjæringen av de organiske substanser er forbundet med frigjørelse av varme. Alt etter hvor stor lufttilgangen er, kan man måle temperaturer på 30 - 40° eller høiere, undertiden går temperaturen op i 70°. Betydelig mengde vann damper bort under gjæringen.

Gjødselens sammensetning varierer etter dyreslaget og etter foringen.

De faste ekskrementer hos ku inneholder 16 - 17 % tørrstoff, 0.3 % N, 0.15 - 0.17 % P₂O₅, 0.1 % K₂O, hos hest ca. 24 % tørrstoff, 0.45 % N, 0.3 - 0.35 % P₂O₅, 0.35 % K₂O, hos svin, sau og geit er kvelstoffinnholdet høiere, 0.6 - 0.7 %. Urinens tørrstoffinnhold er hos ku 6 %, hos hest 10 %, og kvelstoffinnholdet resp. 0.6 - 1.0 % og 1.5 %. Urinen er rik på kali, mens fosforsyre så godt som mangler helt i den.

I fersk blandingsgjødsel kan man regne med 21 % tørrstoff og omkring 0.5 % N, 0.3 % P₂O₅ og 0.5 - 0.6 % K₂O. Ved gjæringen tapes endel av det organiske stoff, så at tørrstoffinnholdet i brent gjødsel kan være ca. 17 - 18 %, og de øvrige bestanddeler prosentisk viser litt høiere tall enn før. Omtrent halvparten av kvelstoffet i fersk gjødsel foreligger som ammoniakk og urinstoff og den andre halvpart som protein eller andre komplekse organiske stoffer. Tørrstoffinnholdet utgjøres, foruten av mineralstoffer og kvelstoffholdige substanser, av cellulose (25, 40 %), pentosaner (15 - 30 %)

og lignin.

Ved gjæringen blir en hel del av både de kvelstoffri og de kvelstoffholdige bestanddeler omsatt. Det fremkommer under gjæringen betydelige mengder av gass, overveiende metan og kuldiksyd. I hestegjødselen trenger luften lettere inn enn i kugjødselen, så sopparter og aerobe bakterier får en sterk utvikling i den og varmeproduksjonen derved blir sterk. Kugjødselen er både ved sitt høiere vanninnhold og sine slimsubstanser bedre beskyttet mot luftens inntrengning, og temperaturstigningen er her liten. Foruten selve gjødselens bestanddeler kommer også til strømidlet, torvstrø, halm, sagnugg, høvlspån.

Bakterieinnholdet i gjødsel er meget stort, man regner at 10 - 20 % av dens tørrstoff består av mikrober, hvorav betydelig mindre enn halvparten er levende. Løhnis opgir tallet til 60 - 130 milliarder pr. g. Med 100 kg. gjødsel bringes 1 - 2½ kg. mikrobemasse ut på akeren.

Ved gjæringen går det sterkest ut over cellulosen, så bare en mindre del blir tilbake etter lengere tids lagring. Hemicellulose blir ikke fullt så sterkt omsatt. Det av de oprindelige organiske bestanddeler som blir igjen, er ligninet som tilslutt prosentisk utgjør en betydelig større andel enn før gjæringen.

Av gassar utvikles der ved gjæringen også vannstoff som imidlertid lett blir omsatt, før den settes i frihet og derfor sjelden kan påvises i gassblandingen som strømmer ut. Mindre mengder av CO og N kan også fremkomme. Ammoniakk dannes i store mengder ved gjødselens gjæring, og alt etter forholdene vil en større eller mindre del av den frigjøres og dunste bort. Også en rekke stoffer som er regulære omsetningsprodukter ved forråttelse, vil fremkomme, som svovelvannstoff, indol, skatol, aminer, merkaptaner og for urinens vedkommende også fenoler og benzoesyre. De flyktige av disse stoffene og flyktige syrer gir gjødselen dens karakteristiske lukt. Hvor meget organisk stoff som gjærer bort, avhenger av lufttilgangen og temperaturen.

De omsatte mengder er meget større ved høi temperatur enn ved lav. Ved høi temperatur er der ikke særlig stor forskjell mellom de omsatte mengder under aerobe og anaerobe betingelser. Ved lavere temperatur derimot er tapet betydelig større ved lufttilgang enn uten lufttilgang. I sin almindelighet vil lufttilgang begunstige spaltningene og mengdel på luft minske tapene. Forstyrrelse under lagringen betinger derfor større tap.

I et forsøk med kugjødsel ved varierende lufttemperatur var efter 21 uker tapene av organisk stoff og kvelstoff ved løs lagring henholdsvis 53 % og 34 %, ved fast lagring 20 % og 15 %. Skjer ikke lagringen under tak, vil større eller mindre mengder av gjødselens næringsstoffer bli vasket

bort. Ved hensiktsmessig behandling av gjødselen kan man regne med et kvelstofftap på 10 - 20 - 30 %, men behandles den skjødsløst, kan tapet gå op i 60 %.

Når der er lite av lett spaltbare kvelstofforbindelser i gjødselen, kan der ved vanskeliggjort lufttilgang gjøre sig gjeldende syregjæringer i den i så sterk grad at reaksjonen kan bli sur. Men vanligvis fremkommer det så meget ammoniakk at den reagerer alkalisk. Gjæret urin reagerer sterkt alkalisk. Et av formålene ved gjæringen er å la stoffer som stivelse, sukker, organiske syrer og de lettest spaltbare av de mere sammensatte kulhydrater bli omsatt så langt at de ikke, når gjødselen kommer i jorden, skal være nogen hindring for rask nitrifikasjon av ammoniakken. Men ikke sjelden går gjæringen, idet det i gjødselen er adskillig kulhydrater tilstede som energikilde, slik at en ikke liten del av den fremkomne ammoniakk eller andre tilstedeværende kvelstofforbindelser blir assimileret, og en betydelig del av kvelstoffet kan da gå over i eggehvite igjen. På den måte går det til at gjødselen undertiden inneholder betydelig mere råprotein, når gjæringen er slutt, enn det var i den oprindelig, hvilket er til hinder for en rask overføring av kvelstoffet til salpeter i jorden. Sådan assimilasjon av kvelstoffet er størst ved åpen lagring av gjødselen. Det kan forekomme at gjødselen under sådanne forhold efter gjæringen inneholder mindre oppløselig kvelstoff enn før gjæringen. Hestegjødselen inneholder mere tørrsubstans og lett spaltbare kvelstoffri substanser enn kugjødsel, og da den også er løsere i konsistens, blir det en raskere stoffomsetning med sterkere gassdannelse og større varmeproduksjon i den enn i kugjødselen. Strømidlene vil, alt efter sin art, også i svak grad eller enkelte sterkere delta i stoffomsetningene.

Både i den faste og i den flytende del av gjødselen er der meget kvelstoff. Det aller meste av dette utgjøres i den faste gjødsel av tungt spaltbare eggehvitestoffer, mens det i urinen vesentlig er urinstoff og hippursyre og litt urinsyre, og disse stoffer, og i særlig grad urinstoffet, omsettes lett til ammoniumkarbonat. Ammoniakkavspaltningen av den faste gjødsel er svak, oftest ikke så mange prosent av dens totalkvelstoff. Mere enn halvparten av denne dels kvelstoffinnhold finnes i dens bakterie- og soppsubstans og resten i de ikke fordøiede deler av foret. Det aller meste av dette omsettes forholdsvis vanskelig under gjæringen.

I urinen går det vesentlige av kvelstoffet på kort tid over i ammoniumforbindelser. Kvelstoffet i den flytende gjødsel utgjør en stor del, mellem 3/10 og 6/10, av det samlede kvelstoff i gjødselen, og på grunn av den raske omsetning til ammoniakk har vi her den største kilde til tap av kvelstoff, ved direkte fordampning.

I et forsök av Löhnis blev flg. mengder av totalkvelstoffet omsatt til NH_3 i löpet av 6 uker ved 20° :

De faste ekskrementer + halm	Fast gjödsel + urin + halm	Urin alene
2.0 - 2.8 %	28.4 - 30.0 %	<u>75 - 80 %</u>

Settes urin til den faste gjödsel, blir riktignok endel mere av de tungt opplöselige kvelstofforbindelser spaltet enn uten urin, men muligheten for tap ved fordunstning er stor. Ennvidere kan assimilasjon av kvelstoffforbindelsene, særlig hvis det er lett lufttilgang, bli betydelig på denne måte. Assimilasjonen er større, hvis man bruker halmströelse, men mindre med torvströ. Ammoniaktapet blir særlig stort, når gjödselen törker ut. Det er derfor meget om å gjøre å holde den jevnt fuktig.

Ammoniakkophopningen er langt større under anaerob gjæring av fast + flytende gjödsel enn under aerob gjæring.

Bare man opbevarer den flytende og faste gjödsel hver for sig og uten lufttilgang, kan man få nedsatt amid og ammoniakkassimilasjonen til et minimum.

I gjödsel kan der også fremkomme nitrater og nitritter. Både på grunn av manglende surstoff, tilstedeværelse av organiske stoffer og adskillig ammoniakk er betingelsene for salpeterdannelse inne i gjödselmassen meget dårlige. Derimot kan der bli betingelser for denne prosess på overflaten av gjödseldyngen.

De fleste analyser viser fullstendig mangel eller bare spor av salpeter i gjödselen. Men i andre tilfelle er salpeter funnet og tildels i ikke ubetydelige mengder. Og når da nitrattet synker ned i gjödselmassen, opstår der tap av kvelstoff ved fremkomst av fritt kvelstoff. Dette kan fremkomme ved at salpetersyring reagerer med aminosyrer, men her i gjödselen sikkert overveiende ved denitrifikasjon. Niklewski har konstatert betydelige kvelstofftap på denne måte fra gjödsel. For å motarbeide sådant tap kan man hindre salpeterbakteriene i å komme til gjödselen og la gjödselen gjære mest mulig uten lufttilgang.

Mulig kan der også frigjøres kvelstoff på annen måte fra gjödselen, hvad man imidlertid ikke har noget nærmere kjennskap til.

En fra den vanlige gjæring avvikende måte å behandle gjödselen på er den såkalte varmgjæring av gjödselen, hvormed man opnår "Edelmist" (etter Krantz). Man legger gjödselen löst i flate lag på henved 1 meters tykkelse til gjæring i 2 - 4 døgn. Temperaturen stiger da til omkring 60° , hvorefter laget stapes fast til. Så legges et nytt lag på som behandles på samme måte o.s.v. Gjödselen blir herved pasteurisert, så bare endel spore-

dannende bakterier blir tilbake. Denne prosess er antagelig overveiende av ren kjemisk art eller skyldes enzymvirkning. Hovedhensikten ved denne fremgangsmåte er å minske kvelstofftapet. Lagringen varer i 3 - 4 måneder. Denne gjødsel er mørk, er av jevn beskaffenhet, mør, næsten uten lukt, og reaksjonen er omtrent nøytral.

I almindelig gjødsel kan man finne et meget stort antall av de forskjellige bakterier og sopparter. Som nevnt har man ved direkte telling funnet at bakterieinnholdet dreier sig om adskillige tusen millioner pr. g. Etter platekulturmetoden er tallet langt mindre. Den faste gjødsel inneholder alltid betydelig mer enn urinen. I denne kan man finne et par millioner, mens det i det i den faste gjødsel kan finnes flere hundre millioner. I et forsøk av J. H. Smith inneholdt den faste del av frisk kugjødsel vel 400 millioner bakterier. Etter 6 ukers lagring ved 20° inneholdt denne gjødsel som var blitt blandet, dels med halm, dels med halm og urin, i første tilfelle ca. 5000 millioner, i annet ca. 11000 millioner pr. g. Lagret ved 30° inneholdt den siste blanding etter 6 uker 3500 millioner, etter 12 uker bare 500 millioner.

Antallet og arten av bakterier varierer sterkt etter temperaturen, lufttilgangen og tidspunktet under gjæringen. Moget fremtredende er urinstoffbakterier og aerobe og anaerobe celluloseforgjærere. De første synes å spille en viktig rolle ved gjødselens modning. Forøvrig finner man et stort antall av de forskjellige arter av Micrococcus, Bacterium og Bacillus, f.eks. Bac. subtilis, B. mesentericus, Bact. fluorescens, Bact. vulgare, Bact. coli, Microc. candidans, M. luteus, streptokokker og sarciner m.fl.

Man kan sammenfatte behandlingen av gjødselen, når man vil få frem en godt gjæret gjødsel under minst mulig tap således:

Gjæringen bør gå så langt at de lett spaltbare kulhydrater blir omsatt, så at de ikke hemmer salpeterdannelsen eller kan tjene som energimateriale for bakterier som assimilerer kvelstofforbindelser, når gjødselen kommer i jorden. Man ser at de organiske bestanddeler da er blitt myke og møre. Da er spaltningen av de tyngre utnyttbare organiske stoffene innledet, men det må ikke gå så langt at det kommer til nogen sterk grad av humifisering. Under luftmangel oppstår det nemlig etterhvert vanskelig omsettelig torvlignende humus. Av det i organisk form foreliggende kvelstoff bør endel bli omsatt, så det kan bli nitrifisert i jorden. Dette skjer under anaerob gjæring. Kvelstofftap gjennom fordunstning av ammoniak kan motarbeides ved å bruke strø som har sterk vannopsugende evne, ved å holde gjødselen passe fuktig og ved å legge jord over. Å tilsette kjemiske stoffer, som sterke syrer, for å binde ammoniakken er ikke ubetinget heldig, da det kan hemme gjæringen.

Bra synes det derimot å være å overhelle gjødselen med sur myse efter Barthels forslag.

Når gjødselen blir brakt ut på akeren, tar nitrifikasjonen av de lettomsetbare kvelstoffforbindelser straks fatt. Disse nitrifiseres meget lett. Forsök har vist at 18 - 50 % av gjødselens kvelstoff går over til nitrat i løpet av 6 - 12 uker. Kvelstoffet i den faste gjødsel går vanskelig og sent over i salpeterform. Efter forsök av Barthel og Bengtsson fant der ikke sted nogen nitrifikasjon av kvelstoffet i fast gjødsel som var blitt berövet sitt innhold av ammoniakkvelstoff. De sluttet derav at bare urinstoff- og ammoniakkvelstoffet undergikk nitrifikasjon, men ikke kvelstoffet i gjødselens organiske kvelstoffforbindelser. H. L. Jensen og andre fant derimot i sine forsök at endel mere kvelstoff overføres til nitrat enn det som foreligger som ammoniakkvelstoff. Man kan regne med at 1/4 av totalkvelstoffet i gjødselen (fast + flytende) er NH_3 -kvelstoff.

Det har vært en gjengs opfatning hittil at innholdet av bakterie- og soppceller meget vanskelig blir omsatt, når organismene dör. Særlig mente man dette var tilfelle med kjernesubstanser og soppenes chitinholdige celleveggsubstans. Men i flere tilfelle er det påvist at sådanne stoffer kan spaltes av både sopp og bakterier, og at de underligger nitrifikasjon i jorden. Jensen fant at ved omsetningen av mikrobesubstans gikk det på lignende måte som med gjødselen, at ved spaltingen av de organiske kvelstoffforbindelsene blev endel lett nitrifisert, mens det övrige blev igjen som en uomsettbar rest.

Med hensyn til gjødselens enorme innhold av mikrober har opfatningene i almindelighet vært den, at disse, når gjødselen kom i jorden, i höi grad bidrog til å öke mikrobetallet og styrken av omsetningene i jorden. Men i den siste tid har opfatningen av dette forandret sig adskillig. Således er Temples forsök meget oplysende. Han tilsatte kvelstoffgjødsel i forskjellig form, men i samme mengde overalt til jord, og bestemte bakterieinnholdet. Resultatet var:

Jord uten tilsetning	inneholdt	6.5	mill.	pr.	g.
Jord + NaNO_3	"	8.5	"	"	"
" " + allsidig mineralgjødning	"	11.5	"	"	"
Husdyrgjødsel	"	23.3	"	"	"
" " sterilisert	ca.	<u>25.0</u>	"	"	"

Dette viser overalt stigning i antallet efter tilsetning, og at tallet var höiest efter tilsetning av husdyrgjødsel. Men det påfallende er at enten man tilsetter denne gjødsel med eller uten levende bakterier, er ökningen i jordens bakterietall like stort. Det kan altså ikke være gjød-

selens levende bakterier som öker antallet ved å yde et tilskudd til jordens antall, men at jordens bakterier, når denne blir tilført gjødselens næringsstoffer, får mere næring og ved öker sterkt i antall ved formering.

Det samme kom Barthel til i sine forsök.

I og for sig kan dette være nokså rimelig. Den bakterieflora som finnes i gjødselen består nemlig av bakterier som skriver sig fra tarminnholdet, fra forstoffer etc. og som har innstillet sig til de næringsforhold og andre betingelser som råder i gjødselen, mens betingelsene i jorden gjennomgående er helt andre, enn som passer for dem som der lever. Størsteparten av gjødselens bakterier vil ikke finne levelige vilkår i jorden, i alle fall når en tid er gått, og det vesentlige av gjødselens bestanddeler er blitt omsatt.

I mange andre tilfelle har man kunnet konstatere det samme ved innførelse av fremmede bakterier i et bestemt miljø. I jorden finnes der en mikroflora som passer for de forhold som der hersker, forholdene har stabilisert sig, og å forrykke denne likevekt lar sig ikke gjøre bare ved å tilføre nye mikrober. Det har man bl.a. erfart, når man f.eks. vilde få sterkere kvelstoffsamling igang ved å tilføre kvelstoffsamlende bakterier o. lign. En helt annen ting er det å tilføre næringsstoffer til jorden. Det forandrer forholdene. Da kan bakterietallet stige enormt, og ofte visse grupper av dem tilta særlig sterkt, og omsetningene öke i intensitet. Dette varer så lenge der er næring igjen, hvorefter forholdene glir tilbake til det oprindelige.

Dette gjelder for bakterierik jord som kulturjord. Anderledes kan det stille sig f.eks. i nybrutt jord, hvor bakterietallet er lavt og omsetningene svake. Her kan gjødselens bakterier gjøre sin nytte og få et rikere bakterieliv igang.

Selvoopvarming av høi.

Høiets selvoopvarming er et problem som har vært opfattet på vidt forskjellige måter, og til hvis forklaring de forskjellige faktorer er blitt fremhevet som de for prosessen betydningsfulleste, for en stor del ^{har vært} avhengig av, om det har vært plantefysiologer, kjemikere eller bakteriologer som har arbeidet med spørsmålet.

Den ting at hauger av planterester eller annet materiale av vegetabilsk oprindelse opvarmes, så temperaturen stiger betydelig over omgivelse-nes temperatur, er et vel kjent fenomen. Man har også forlengst dratt sig det til nytte. Vi kan tenke på brenningen av gjødsel, gartnerens anlegg av drivbenker, formenteringen av tobakk, så den får den modning den skal ha og så smak og aroma blir den rette, og videre brunhøitilberedningen i egne, hvor været tvinger til en hurtig tørkning av gresset, eller nedlegning av for i silo. I disse tilfelle dreier det sig enten om å utnytte i praksis varmen som sådan, eller ved hjelp av varmen å opnå et godt og holdbart produkt.

I enkelte tilfelle kan denne selvoopvarming gå høiere enn ønskelig, så produktet blir skjemt eller ødelagt, og temperaturstigningen kan gå så vidt, at det blir fare for selvantendelse. På denne måte er det i årenes løp gått store verdier op i røk.

Plantefysiologen F. Cohn var en av de første som gjorde et systematisk forsøk angående varmeutviklingen hos planter. Han benyttet maltkim som han anbragte i et apparat, hvor der var sørget for at tapet ved varmeutstråling var lite, og iakttok temperaturens forløp. Den steg i de første timene hurtig, derpå langsommere mot 40° , en temperatur, ved hvilken kimene blev varmestive og snart døde. Men stigningen stanset ikke op. Over 45° begynte temperaturen igjen å stige raskere og nådde helt op i 65° , ved hvilken temperatur all ånding var ophørt. Intramolekylær ånding kunde ikke være årsaken til temperaturstigningen fra 40° av, for blev apparatet lukket, så surstofftilgangen stanset, ophørte også temperaturstigningen. Cohn forklarte saken slik at inntil 40° var det de levende planteceller som bevirket temperaturstigningen, for blev kimene drept, fant det ingen temperaturstigning sted. Stigningen fra 40° og videre skyldtes termofile mikroorganismers livsvirksomhet. Hvis byggkornenes overflate blev vætet med kobbervitriol, stanset opvarmingen ved 40° . En av de mest virksomme av mikrobene mente han var Aspergillus fumigatus som regelmessig var til stede.

På grunnlag av dette og andre forsøk lå det nær å mene, at også selvoopvarmingen av høi skulde gå for sig på lignende måte.

Den annen ytterlighet var representert av hollænderne Bockhout og Ott de Vries, som betraktet varmeutviklingen som en helt kjemisk prosess.

Deres opfatning var at både en naturlig selvopvarming, og de forandringer de fikk frem ved kunstig ophetning, var følger av en oksydasjon ved hjelp av luftens surstoff. De mente nemlig å ha påvist at høi med høiere temperatur, når surstoff var tilstede, utskilte CO_2 , hvad enten høiet var blitt sterilisert eller ikke. Også ved lavere temperaturer fant de kullsyredannelse, når en steril prøve var blitt vætet, og forsøket varte i flere uker.

Babcock og Russel, Wisconsin, kom til det resultat av sine studier over selvopvarming i mais-siløer at den opvarming som der fant sted, og som sjelden gikk over 40° , var å føre tilbake til plantenes ånding, så lenge det var surstoff tilstede, og senere til intramolekylær ånding.

De mest omfattende forsøk over selvopvarming i plantemasser er utført av Hugo Miehe. Hans arbeide fra 1907 "Die Selbsterhitzung des Heues" er grunnleggende. Miehe innskrenket sine undersøkelser vesentlig til selvopvarmingen mellom 20 og 70° . Man må efter hans mening skjelne mellom opvarming av dødt materiale og opvarming i plantemasser, hvor cellene ennu lever. På den ene side gjødsel, løv o.a. på den annen høi, hå og annet silomateriale. Til opvarming av dødt materiale er efter hans opfatning mikroorganismenes tilstedeværelse og virksomhet uavviselig nødvendig. Hvor det ennu finnes levende planteceller, kan temperaturen bare på grunn av deres ånding, når isolasjonen er god, komme op i over 40° . Over 45° kan den ikke komme, da cellene ved denne temperatur ånder sig selv tildøde. Når temperaturen i det indre av høistakker stiger høiere, må andre faktorer støte til, og det som efter Miehes opfatning har den største andel heri, er termogene bakterier og sopp. For å fastslå dette kunde man ikke som hittil bare undersøke temperaturstigningen som den naturlig forløper, man måtte isolere de mikroorganismer som forekom og prøve deres evne til i renkultur å opvarme plantemasser. Han benyttet derfor sterile høiprøver som blev godt isolert for å undgå varmetap, og kom til, at det fantes flere slags mikroorganismer som var istand til i høi som var blitt sterilisert ved varme, å fremkalle en betydelig temperaturstigning.

Han mente at av sådanne mikroorganismer var det særlig en, nemlig en varietet av colibakterien, som var virksom op til ca. 42° . I dette temperaturintervall spilte også Oidium lactis og Aspergillus niger en rolle. Ved høiere temperatur trätte Bac. calfactor i colis sted og bragte, sammen med andre muggsopp som Mucor pusillus o.a., temperaturen op til 70° . Størsteparten av dem som gjorde sig gjeldende i det første trin, er da gått tilgrunne, så høiet da ikke er meget rikt på bakterier. Det optrer også nogen for bakteriene giftige stoffer, f.eks. myresyre o.a., som understøtter denne tilbakegang i antallet og som særlig, hvis fuktighetsgraden er liten,

også lett hindrer calfactors virksomhet. Hvis temperaturen stiger ennu høyere, skyldes det rent kjemiske omsetninger, forbrenning av selvoksydable stoffer, kullvannstoffer o.a. Ved denne høyere temperatur dannes det lett sådanne stoffer ved en slags tørredestillasjon, og hvis det så kommer surstoff til utenfra, kan det lett finne selvantending sted. Under almindelige forhold er temperaturstigningens forløp gjerne således at det i det 1. eller de 2 første døgn kommer til en rask stigning av temperaturen op til mellom 60 og 70°, så begynner den å gå langsommere nedover igjen.

Ophetet høi taper sterkt i innhold av kvelstoffri ekstraktstoffer og pentosaner. Det er gressets modningsstadium og fuktighetsforholdene som i ikke liten grad er bestemmende for den høide temperaturen under selvopvarmingen i høi når.

Ved den vanlige behandling av høiet lar man det tørke på marken utbredt i tynt lag og i såter, eller det henges til tork på hesje. Ved dette foregår det også visse omsetninger i høiet, som har innflytelse på forets smak og fordøielighet. På kunstig måte hurtig torket høi er mindre aromatisk og ikke like lettfordøielig. Denne aromadannelse mener man skyldes spaltning av glykosider. Dessuten foregår det i høiet, når det tørker, en lett påvisbar produksjon av kullsyre som viser hen på ganske livlig ånding. Derved går tørrstoffinnholdet endel ned. Ved sådanne omsetninger er det rimelig å anta at det ikke eller bare i helt underordnet grad dreier sig om bakteriers og sopparters virksomhet. Her har vi alt overveiende å gjøre med de ennu levende plantecellers ånding og enzyms virksomhet i dem. Det største tap foregår, når vanninnholdet er 53 - 65 %. Synker dette til under 40 %, opphører disse omsetninger.

Bare når ugunstig vær hindrer at høiet snart blir bragt i hus, og når plantecellene altså for en stor del er døde, trer under fuktige forhold sopp og bakterier i virksomhet. De kan da lett forringe høiets kvalitet eller skjemme det ut. Høi som er kjørt halvtørt inn, mugner også meget lett. Likeså utilstrekkelig torket korn. De sopparter man finner under sådanne forhold, er særlig ofte arter av Aspergillus, Cladosporium, Penicillium, Mucor, Trichoderma, Fusarium og Alternaria. Høiet får en ubehagelig muggen lukt, ser skimlet og grått ut, og blir dårlig eller ubrukelig som for. Denne mugning er også ledsaget av temperaturstigning. Det er under vanskelig lufttilgang, og når varmeutstrålingen er liten, at den vanlige selvopvarming tar fatt.

En kortere tid, efter at gresset er slått, vedblir cellene i det å leve, og i løpet av denne tid og videre en stund fremover vil enzymene være i virksomhet i cellene. Under åndingen i cellene i levende live og

senere ved enzymenes virksomhet i de døde celler blir det utviklet ikke så rent små varmemengder. Er fuktighetsinnholdet ikke for lavt, vil mikrober også kunne begynne sin virksomhet. Ennvidere kan det tenkes at også rent kjemiske omsetninger kan finne sted ved denne forholdsvis lave temperatur.

Av endel forsök i det små som Miehe utförte, ser man, hvorledes temperaturstigningen skjer. Når begynnelsestemperaturen ikke er for lav, blir varmetviklingen i plantemassenes indre allerede efter få timers forløp meget merkbar.

Eks. 1. Forsök med temmelig fuktig höi. -Materiallets temperatur var ved forsökets begynnelse 23° .

Temperaturen begynte snart å stige, og i løpet av 8 timer steg den til 45° , i de følgende 14 timer til 60° og nådde maksimum 62.75° , 28 timer efter at forsöket begynte. Så gikk temperaturen langsomt nedover, og 3 døgn senere var den ikke höiere enn utenfor.

2. Forsök med nyslått gress. Her fant det sted en lignende hurtig temperaturstigning i de 2 første døgn. Maksimum, 68.5° , blev nådd efter 54 timer, så gikk temperaturen langsommere tilbake igjen.

3. Forsök med löv. Temperaturen steg også her jevnt opover, men langsommere. Efter over 3 døgn nåddes 55° .

Hvis temperaturen stiger over 60° , inntreer det en partiell selvsterilisering av de opvarmede masser. Går ikke temperaturen så höit, forblir en mengde bakterier i live. Blandt disse kan det også finnes patogene bakterier, hvorav ikke få, særlig i gjödsel, finner egnede betingelser for utvikling.

Et gammelt middel for å hindre mugging og sterk selvopvarming av höi er å strö salt i det, i mengder av 1 - 2 %. Da vil til en viss grad muggsopp og bakterier hemmes i sin utvikling.

En höibergingsmåte som her i landet ikke er meget brukt, men almindelig mangesteds i utlandet, er tilberedning av brunhöi eller brennhöi. Efter kort törking legges höiet sammen i store stakker og pakkes godt sammen. Det begynner å svette som i sätene, men sterkere, under sterk selvopvarming. Fuktighetsinnholdet går derunder ned fra 40 - 45 % til 15 - 30 %. Det gjelder å få jevn, ikke alt for sterk varme uten muggdannelse. Överst oppe vil det dog alltid mugne endel, men her kan man legge litt halm eller raskhöi, så det gode for ikke blir skjemt. I det varme, fuktige indre, hvor temperaturen går op til 60 - 80^o, skjer det i begynnelsen en betydelig stigning i mikrobenes antall. De kvelstoffri ekstraktstoffer, pentosaner og trevlestoffene avtar betydelig i mengde. Det fremkommer organiske syrer av kullhydratene, amider og NH_3 av eggehvitestoffene. De fremkomne flyktige syrer, ammoniakken

og spor av alkohol og aldehyder betinger brunhöiets spesielle aroma. Konserveringen beror på de dannede syrer, tørkningen og den delvise sterilisering som finner sted. - Det er et forholdsvis stort tørrstofftap forbundet med denne bergningsmetode, men foret, som når prosessen forløper riktig, får en maltlignende lukt, blir meget velsmakende for dyrene.

For endel år siden blev det i Schweiz utført endel forsök i stor stil, hvor særlig temperaturstigningens siste faser blev studert. Nedenfor refereres endel sådanne, og de forklaringsmåter man knytter til dem.

Eks. I en stor stakk, 5 m. høi og 5 m. bred, blev det innført termometre, således at temperaturen kunde iakttas utenfor på termograf. Höiet blev fylt på i løpet av nogen dager. 26. sept. kl. 8 morgen viste termometeret 31° , om aftenen nedtil i stakken 40° , i den övre del 50° . 27. sept. henholdsvis 47° og 63° . Natten mellem 2. og 3. okt. smeltet den Woodske legering, (smeltep. 73°) som var anbragt i hullene på et rør som førte fra en kullsyrebombe inn i stakken. Kullsyren var strømmet ut, og temperature gikk tilbake til 20° . Stakkens indre blev undersøkt, og det viste sig at höiet der var blitt svakt brunt. I løpet av 24 timer steg så temperaturen på nytt til 80° . Höiet var da blitt til brunhöi, og vanninnholdet var gått ned fra 38.6 til 18.1 %. Samtidig var massen sunket sammen til den halve höide. Senere holdt temperaturen sig mange døgn uten ytterligere stigning. Höiets lukt var stikkende skarp. 13. okt. kl. 12 viste termometeret 90° . 2 timer senere var det skjedd en voldsom stigning, termometeret viste 388° . Kullsyre blev igjen ledet inn. Da stakken blev åpnet, viste det sig at der var et stort linseformet parti av forkullet beskaffenhet i det indre.

Også i flere andre forsök er det funnet, at når temperaturen kommer op mellem 80° og 100° , så kan den på et öieblikk springe op i 200° a 300° , og det minste vindpust som fører surstoff inn, er da nok til å sette stakken i brann.

G. Laupper i Zürich foretok omfattende studier over den kjemiske side av saken. Han holdt höipróver ved höiere temperatur og iakttok under hvilke forhold en videre temperaturstigning fant sted. Halm og utvasket höi viste ingen stigning, bare når der var oppløselige kullhydrater sammen med spor av NH_4NO_3 tilstede, foregikk denne plutselige stigning i temperaturen. Det var slike eksotermt virkende stoffer som betinget stigningen. Denne stigning gikk raskt og var tilslutt så hurtig at det var vanskelig å iaktta gradene. Når temperaturen nådde 280° - 300° , innträtte, hvis luft blev sluppet til, en selvantendelse av det forkullede höi. Årsaken til denne mener han ligger i dannelsen av pyrofort jern, finfordelt jern, som fremkommer ved forkulling av jernholdige organiske forbindelser som ved surstoffoverføring

antender de brennbare stoffer.

Nu mener Laupper at disse nevnte stoffer dannes under høiets selvopvarming. Det pyrofore jern dannes av jernforbindelser i høiet. At ammoniak fremkommer rikelig og dessuten salpetersyre som forener sig med ammoniakken og kan avsette sig som krystaller av ammoniumnitrat, viser de kjemiske analyser han utførte.

Laupper anskuer de forandringer som skjer med høiet under opvarmingen som en våtdestillasjon. Allerede fra 60 - 70° av fremkommer der foruten kullsyre, ammoniak, salpetersyre også myresyre og eddikesyre ved siden av andre stoffer. Ved 100° er forkullingen av kullhydratene igang, karamelisering av disse stoffer er allerede tidliger begynt, og vannet damper av. Cellulosen spaltes først ved betydelig høiere temperatur, likesom fremkomsten av pyrofort jern først skjer i nærheten av 300°. Både ved karameliseringen og ved forkullingen av kullhydratene utvikles det varme, som raskt får temperaturen til å stige. Når så temperaturen når eller overstiger 300°, har massen meget lett for å antendes. Kommer der surstoff fra luften til, vil ved hjelp av det pyrofore jern de lett antendelige stoffer som er fremkommet, på et öieblikk stå i flammer.

Det har vist sig at der ikke skjer en likelig opvarming av höimassen i en höistakk, men at den sterkeste opvarming finner sted i de partier, hvor massen er fastere lagret, og hvor det er god isolasjon mot varmetap. Oftest er disse betingelser tilstede i midten, hvor massen lettest synker sammen.

I de senere år er det flere forskere som har fremholdt, dels at rene kjemiske omsetninger i de lavere temperaturområder spiller større rolle enn Miehe og andre hadde tillagt dem, dels at enzymer skulde spille sterkt inn. Således fremhever Bockhout og de Vries at det ikke, hverken ved kultur eller mikroskopering kan konstateres nogen sterk, om i det hele nogen, stigning i bakterieantallet, efter at selvopvarmingen er begynt, hvad man skulde vente, hvis bakterier var årsaken. Med hensyn til enzymene skulde det være i området 40 - 65° at de gjorde sig sterkest gjeldende. Det skulde være oksydaser som virket ved lavere temperatur og reduktaser ved høiere.

Fra 1927 foreligger det en undersökelse av F. Hildebrandt som tar op spørsmålet på nytt. Hans resultater støtter i alt vesentlig den opfatning som Miehe var kommet til, nemlig at når materialet til å begynne med ikke inneholder levende celler, er sopparter og bakterier alene årsak til opvarmingen, og at hvis materialet inneholder levende celler, deltar disse i varmet utviklingen i det første stadium av opvarmingen.

En av de ting som blev undersökt var, om det kan frembringes varme i sterilt höi, hvad Bockhout og de Vries hadde forfektet. Dette kunde han ikke i noget tilfelle konstatere riktigheten av. Hverken ved lavere eller höiere temperatur viste sterilt höi av passende fuktighetsgrad nogen stigning ut over omgivelsenes temperatur. Så i de nevnte forsök kunde ikke prøvene ha vært tilstrekkelig sterilisert. Hildebrandt tok også for sig spørsmålet, om enzymer var istand til å bevirke varmeutvikling i höi. Han satte til höiprøver antiseptika som i meget liten grad hemmer enzymenes virksomhet, men som hindrer mikrobeutvikling. Ennvidere satte han til sterilisert höi oksydaseholdig pressaft. Men ikke i noget tilfelle kunde det konstateres nogen temperaturstigning. I andre forsök lot han höiprøver i lukket kar undergå selvopvarming. Denne pågikk, sålenge det var noget surstoff igjen i karret, men stanset så op. Blev det sluppet luft inn, fortsatte den videre. Det var altså heller ikke nogen grunn til å anta at reduktaser skulde ha noget med selvopvarming å gjøre, som under disse betingelser måtte antas å ha gjort sig gjeldende, hvis de kunde produsere varme i höi.

Hildebrandt kom også inn på, hvorledes koksalt virker på selvopvarmingen. Dette stoff tilrådes som bekjennt å tilsette höiet, hvis det er kommet utilstrekkelig tørt i hus, for å hindre selvopvarming. I endel forsök steg temperaturen i sådant höi til nogen og 60° uten koksalt, men med tilsetning av 1½ kg. til 100 kg. höi stanset temperaturstigningen ved vel 40°. Og en sådan nedsettelse av temperaturen kan jo være av helt avgjørende betydning. Blev mere salt benyttet var resultatet det samme. Men betingelsene for at saltet skal virke efter hensikten, er at det blir meget jevnt fordelt.

Med hensyn til de organismer som fremkaller varmeutviklingen i höiet, avviker Hildebrandts resultater i nogen grad fra Liebes. Han mener at man må tillegge sopparter større betydning enn man har gjort, særlig under opvarmingen op til 40°. Den bakterie ~~eller sopp~~ som Liehe hadde ment var den virksomste i det første opvarmingstrin, fant Hildebrandt overhodet ikke. Han mener at det i første rekke er et par Aspergillus-arter som her gjør sig gjeldende. Som årsak til den videre stigning angir han ved siden av Bac. calfactor en termofil Actinomyces.

Helt opplært kan man kanskje ennu ikke si at problemet höiets selvopvarming er, men det vesentlige med hensyn til opvarmingen inntil 70° kjenner man. Med hensyn til den videre temperaturstigning og selvantendelsen vilde det være ønskelig å få ytterligere undersøkelser.

S u r f o r .

Tilberedning av surfor eller ensilage er en sak, som i 1830 årene var omfattet med stor interesse, og er i de senere år kommet i skuddet på nytt.

Hensikten med denne fremgangsmåte er å la plantemateriale undergå omsetninger, hvorved det fremkommer syrer som beskytter materialet mot ødeleggelse, eller efter den nye finske metode å konservere materialet ved syretilsetning uten å la det gjære. Allerede på grekernes og romernes tid blev det praktisert å konservere grønnfor under ugunstige værforhold ved å legge det ned i utgravede groper i jorden. Det var denne måte, som blev almindelig i Europa, idet man gjerne murte op en beholder for foret. Fra Amerika stammer den inntil de siste år mest brukte fremgangsmåte å fylle materialet i tårnlignende beholdere over jorden.

Det var 2 prinsipper man her gikk frem efter. Enten å la det sammenkjørte materiale bli tråkket fast til og senere la det falle sammen av sin egen tyngde, eller å legge det løsere sammen og senere under gjæringen ved pressinnretninger å belaste det med større eller mindre trykk.

Denne siste fremgangsmåte er blitt utviklet i Schweiz. Man fyller der gresset efter kort tørkning i jevnt lag i forholdsvis små beholdere, men uten å pakke det fast til. Temperaturen stiger hurtig, og først når 50° er nådd, drives luften ut ved kraftig anvendelse av pressinnretningen som virker på et tette sluttende lokk over massen. Ved hjelp av presset kan temperaturen senere reguleres. Den beholder man bruker, er oftest kvadratisk eller rektangulær, i lengde og høide 3 - 5 m., og består av armeret betong.

Man holder helst temperaturen mellem 50° og 60°. Å la den gå op i 70° medfører for store tørrstofftap. Det fremkomne produkt kalles sötfor, sötensilage.

Nedlegningen av for i siloer vant hurtig utbredelse i De forenede stater, særlig efter at forsøksstasjonene tok sig av saken og gjennomarbeidet fremgangsmåtene. I våre dager finnes det siloer på de fleste farmer i en stor del av statene.

Siloen er cylindrisk, 3 - 5.5 i diameter og 6 - 12 m. høi (oftest ca. 2.5 ganger så høi som vid), bygget op av tre, betong eller mursten. Det må legges vekt på, at veggen er jevn og glatt, så massen uten vanskelighet setter sig, at den er absolutt tett, at den er sterk nok til å motstå trykket, og at den er holdbar.

Grønnforet anbringes som det er i siloen, eller hvis det er stivt eller grovt, hakkes det op i vel halvtommelange stykker. Massen styrtes ned ovenfra direkte fra lasset eller blir på forskjellig vis, ved hjelp av en kontinuerlig løpende begerelevator i små porsjoner ført op nedenfra, eller den blir ved hjelp av motor blåst op til siloens rand gjennom grove rør.

Massen blir så tråkket fast sammen, særlig må påsees at den nærmest veggen blir hårdt pakket. Når siloen er full, lar man massen synke sammen litt og fyller så igjen helt op, idet det kan være heldig å anbringe et lag av halm eller høi, en presenning eller annet øverst oppe for at minst mulig av siloforet skal bli skjemt; det øverste lag blir, ved den lette adgang luften der har, alltid endel muggent. Belastning anbringes på toppen.

Det er mange planteslag man bruker til nedlegningen. I Amerika er det først og fremst mais som gir et ypperlig for, dernest luserne og sølsikker. Andre steder må, grønnfor, erter, turnipsblader, roeblader, vikker, kløver, lupiner, hirse, potetgress, poteter, roeslintrer. Det produkt som fremkommer kalles surfor, surt syltefor, surensilage. Men dets utseende og surhet varierer sterkt efter forets art og beskaffenhet og efter den temperatur, ved hvilken gjæringene er foregått. Det er heller ingen skarp forskjell mellem søtfor og surfor.

Meget snart begynner omsetningene i siloen. I begynnelsen er plantecellene ennu levende, og deres enzymer deltar i stoffomsetningen og varmeproduksjonen. Men samtidig tar de store masser av bakterier som er kommet med materialet ned i siloen fatt, likesom gjær medvirker. Det surstoff som oprinnelig fantes, blir forbrukt i løpet av kort tid, 2 - 3 døgn, og under de anaerobe forhold som opstår, blir oksydasjonene ufullstendige. Foruten CO₂ opstår det organiske syrer og litt alkohol av det sukker som finnes. Bakterietallet stiger meget sterkt. På grunn av den varme som utvikles, stiger temperaturen, og dette bidrar også til å påskynde omsetningene. Efter 6 - 14 dages forløp har disse nådd sitt høidepunkt. Da er det meste av sukkeret forbrukt, helt forsvinner det ikke, gjæren har da innstillet sin virksomhet, og efterhvert blir bakteriene også på grunn av de økende syremengder hemmet i sine spaltninger. Tilslutt stanser gjæringen op. Ensilagen er moden efter 4 - 6 ukers forløp.

I den tilstand kan den holde sig uforandret i lengere tid, hvis det ikke trer nye faktorer til. Får luften adgang, skjer det hurtig store forandringer. Da innfinder det sig muggsopp som forbruker de organiske syrene, og snart er den regulære forråtnelse i full gang.

Den temperatur ved hvilken gjæringen foregår, ligger oftest

mellom 25° og 40° . Helst bør den ikke gå over 30° på grunn av stofftapet.

Det ved høi temperatur fremstillede for er mørk brunt med litt skarp aromatisk lukt. Ved noget lavere temperatur blir farven gulbrun og lukten mild, behagelig, særlig hvis materialet får lov å tørke litt, før det kommer i siloen. Mere umodent for som legges i siloen straks efter det er blitt slått, blir grønt til brunlig grønt og kan få en frisk næsten frukt-lignende lukt. Av meget saftig materiale eller sådant som er blitt vått av regn, før det legges ned, blir det gjerne et gulbrunt til mørk brunt silo-for med sur gjennemtrængende og ubehagelig lukt. Muggen ensilage kan fremkomme av vissent, overmodent materiale. Farven er mørk brun til sortaktig, og lukten stram og muggen.

Det tap som materialet lider ved gjæringen, varierer betydelig. Det regnes for meget lite, hvis det er lavere enn 10 %, er ved vanlig vellykket nedlegning gjerne mellom 10 % og 20 %, men det kan lett være høiere og gå over både 30 % og 40 %.

De kjemiske forandringer som karakteriserer ensilageprosessen, er at de lettopløselige kullhydrater, spesielt sukkeret, blir forgjæret til kullsyre og organiske syrer, og at eggehviten i ikke liten utstrekning blir spaltet til peptoner og aminosyrer og i nogen grad helt frem til ammoniak.

I følge amerikanske undersøkelser er de kjemiske forandringer som finner sted, i det vesentlige de samme hvilket materiale man legger ned. Fremkomsten av syre skyldes mikroorganismene. Enzymene i plantecellene tilskrives hovedandelen i proteinenes hydrolyse med fremkomst av aminosyrer. Dannelse av NH_3 skyldes også enzymer, men i sterkest grad mikrobenes. Gjær har liten innflytelse på gjæringene, undtagen de første dagene. Alkohol fremkommer både ved plantecellenes og gjærcellenes enzymvirksomhet. I løpet av de første døgn foregår kullsyreutskillelsen kraftigst.

Vanninnholdet i siloer varierer mellom 65 % og 78 % og forandrer sig ikke meget under gjæringen.

De syrer som fremkommer, er overveiende melkesyre og eddiksyre. Dessuten i dårligere siloer endel smørsyre. I vellykket siloer mangler smørsyren helt eller finnes bare i små mengder. Små mengder av andre syrer som propionsyre, valeriansyre o.fl. er også påvist. Tilsammen utgjør syrene oftest mellom 1 % og 2½ % av ensilagemassens vekt. Herav er en stor del i bunden form. Mengdene av fri syrer kan være fra ½ % - 1.5 %, undertiden mere. Forholdet mellom de flyktige og ikke flyktige syrer (melkesyre) kan variere meget, ligger i de fleste tilfelle mellom 0.4 - 1.8 : 1. Det kan altså være mere eddiksyre i surforet enn melkesyre, men i riktig gjæret for er det betydelig mere melkesyre enn eddiksyre.

Alkohol dannes i mengder av op til 0.3 - 0.4 %.

De lettopløselige kullhydrater går det sterkt utover ved gjæringen. Men det skjer også tap av trevlestoffene. Meget stort tap lider også eggehvitestoffene. De kan gå tilbake med 15 - 55 % av total-kvelstoffet. Det meste blir omsatt til aminosyrer, men endel blir omsatt helt frem til ammoniak. I godt silofoer er omkring 1/3 av eggehviten omsatt til aminosyrer, i dårlig op til halvparten eller mere. Ammoniak-kvelstoffet kan selv i godt silofoer utgjøre 10 - 20 % av total-kvelstoffet, men jo mindre desto bedre. I dårlig silofoer er innholdet av peptoner og aminosyrer lavt, men ammoniakinnholdet høit.

I fuktig silofoer kan næringsstofftapet være stort på grunn av at det renner bort pressaft.

Nepe- og kålrotblader gir et meget vannholdig surfoer, gjerne med ubehagelig, intens lukt. Erter og bønner kan gi et godt silofoer ublandet, men disse som andre belgvekster egner sig best i blanding med kullhydratirikere materiale. Også tilsetning av melasse egner sig i sådanne tilfelle. Således har man ved melassetilsetning kunnet få et ganske bra silofoer med luserne som ellers er vanskelig å lage god ensilage av.

Det går an å få ganske bra surfoer efter en fremgangsmåte som dr. Sopp har eksperimentert med. Den har til hensikt å utnytte små mengder av efterslått eller annet materiale. Massen blir pakket godt sammen i fustasjer, f.eks. sirupstønner, og så fylles det vann på, så det står over massen. Luften blir fortrengt, og gjæringen tar fatt og forløper ved lav temperatur. Ved å legge en sten på toppen kan man hindre foret å komme over vannet. Fordamper endel av dette må det erstattes. Bedre gjæring får man ved å tilsette ensilagegjær (f.eks. dr. Sopp).

Dårlig silofoer kan lett komme til å virke uheldig på melken eller meieriproduktenes kvalitet. Dette er konstatert, men i svak grad, for goudaostens vedkommende. Derimot er forekomst av smørsyrebakterier i melken, (hvori de lett kan komme fra silofoeret ved bruken av sådant i fjøset) når man skal yste emmentalerost (schweizerost) meget uheldig. I Schweiz og andre steder har man gjort meget dårlige erfaringer i dette stykke. Det inntreer da en voldsom gjæring i osten, den blir hullet og opplåst, får deigaktig konsistens, og blir ubrukelig som salgsvare.

På grunn av det forholdsvis store tap av næringsstoffer, og ikke sjelden en mindre heldig gjæring, har man søkt efter andre måter å konservere saftig foer på. Således blev det i Tyskland forsøkt å konservere foeret med saltsyre, men mere på måfå med hensyn til mengdene. Dette førte ikke til brukbare resultater. A. I. Virtanen tok denne fremgangsmåte op

igjen, og således som den er utarbeidet av ham, har metoden gått sin seiersgang gjennom mange land i løpet av de siste år.

Hovedformålet er ved tilstrekkelig syretilsetning straks å stanse åndingen i plantemassen og å hindre mikrobenes gjæringer. Derved blir stofftapet nedsatt til et minimum, og næringsstoffene foreligger i det ferdige silo for omtrent uforandret som i utgangsmaterialet. Virtanen bestemte først ved hvilken surhetsgrad de proteolytiske enzymer gjøres uvirksomme. Ikke minst i eggehviterikt for bevirker disse enzymer store tap ved å overføre en ikke liten del av kvelstoffet til NH_3 . Også i vanlig silo for vil etterhvert de fremkomne mengder syre stanse disse enzymeres virksomhet, men innen det kommer så langt kan meget ammoniakk være dannet. Derfor tilsatte Virtanen så meget syre at pH. tallet kom ned under 4.0. Ved denne surhetsgrad blev eggehvitestoffene fullstendig konservert. Det blev gjort forsøk med flere syrer, men det viste sig at det beste resultat blev opnådd med saltsyre, og i den syreblanding som benyttes ved nedlegging nu, utgjøres det alt vesentlige av saltsyre. Det kreves litt forskjellige mengder syre til de forskjellige vekstslag.

Plantedelenes ånding nedsettes sterkt ved stigende surhetsgrad og ophører ved omtrent pH = 2.5 - 3.0. Efter tilsetning av syre til massen forandrer dennes reaksjon sig lite senere.

Følgende forsøk viser eggehvitespaltningen i kløverhå ved forskjellige pH verdier i løpet av 4 måneder:

	Frisk hå	Tilsatt syre			Silo for uten syretilsetning
		pH 3.7-3.6	pH 4.1-4.3	pH 4.5-4.6	
Opløselig N i % av total N.	26	28	44	60	<u>65</u>
NH_3 kvelstoff " " " "	1.5	2	<u>12</u>	21	<u>22</u>

Tallene viser at konserveringen av eggehviten har vært fullstendig ved pH 3.7. Derimot er det fremkommet adskillig NH_3 i den prøve som ved syretilsetning blev bragt ned til pH 4.1.

I et annet forsøk, hvor kløver-timoteiblanding blev nedlagt i silo, dels med dels uten syretilsetning, viste tallene følgende efter vel 2 måneders lagring:

	I % av total-N		
	Opløselig N	Amino-N	Ammoniakk-N
Uten syretilsetning	75.0	39.3	12.2
Med " " til <u>pH 3.7</u>	27.0	15.4	<u>3.1</u>

Virtanen angir at i tallrike analyser utført i Valios laboratorier viste A.I.V.-foret et innhold av opløselig kvelstoff på 10 - 35 %

av totalkvælstoffet og 1 - 3 % ammoniakkvælstoff, omtrent samme mengder som i friskt for. Ved pH 3.6 er åndingsintensiteten hos plantedelene nedsatt til omtrent 20 % av det normale. Enkelte streptokokker og stavformede bakterier kan leve ved denne surhetsgrad, men gjæringsintensiteten er liten. Der opstår derfor litt melkesyre i A.I.V.-foret. Likeså litt eddikesyre. Saltsyren er i foret gått over til salter.

Muggdannelse hindres dels ved tildekning av massen op til, dels ved tilsetning av et preparat som hindrer sådan ("muggdöden"). $\frac{1}{10}$ gram/ml

----- o -----