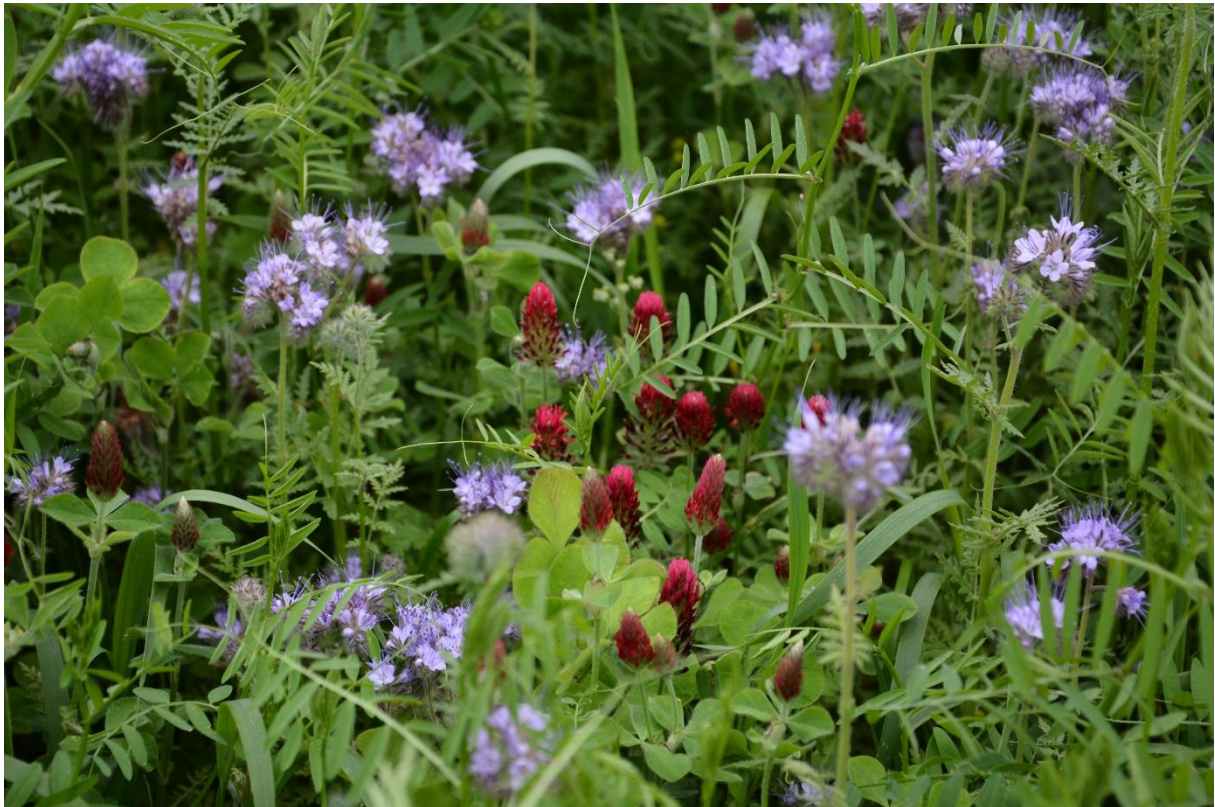


Jordhelse

Et midlertidig forelesningsnotat i agronomi



Innhold

Forord.....	4
Innledning.....	5
Del 1. Jord- og plantekunnskap	6
1.1. Jordhelse, definisjon og retninger	6
1.2. Jordsmonn	7
1.3. Humus	8
1.4. Fotosyntesen er grunnlaget.....	10
1.5. Suksesjoner	11
1.6. Nettverket i naturlig jordsmonn	12
1.7. Verdien av mangfold	13
1.8. Sopp, bakterier i jorda – samspill med plantene.....	14
1.9. Næringsopptak i plantene.....	16
Ioneopptak	16
Opptak av aminosyrer mm.....	16
1.10 Vannhusholdning	17
1.11 Jordstruktur	18
1.12. Plantenæringsstoffene	22
1.13 Antagonisme og stimulans mellom næringsstoffer	29
1.13. Redoks-reaksjoner og pH.....	30
1.14. Den biokjemiske rekkefølge i planteernæringa	33
1.15. Virkningen til lettløselig næring på mikroorganismene*	35
Nitrogen	35
Fosfor.....	35
1.16 Ugras	36
1.17. Soppsjukdommer og skadedyr	38
1.18. Plantevernmidler	39
Del 2. Verktøy og teknikker	40
2.1. Spadeprøve	40
2.2. Penetrometer	40
2.3. Underkultur	41
2.4. Grønngjødsling.....	43
2.5. Kjemiske jordanalyser	45
Standard jordanalyser	45

Albrecht jordanalyser	45
2.6 Ferment	46
2.7 Biokull	47
2.8 Undergrunnsløsning	48
2.9 Kompostering	50
C/N-forholdet i organisk materiale	50
Varmkompost etter CMC- metoden	51
Reduktiv kompostering / MC-kompost	53
Flatekompostering	55
2.10 Plantevitalisering/bladgjødsling	57
2.11 Oppsummering	58
Nærende tiltak	58
Tærende tiltak	59
Hvor skal vi starte?	59

Forord

Bakgrunnen for dette notatet er arbeid med jordliv og jordhelse over flere år på Kalnes videregående skole. Arbeidet er velvillig støttet økonomisk av Landbruksdirektoratet, Statsforvalteren i Oslo og Viken samt Østfold/ Viken Fylkeskommune.

Kalnes videregående skole er opptatt av at ny kunnskap og erfaring skal formidles i undervisningen. Hensikten med dette notatet er å gi agronomelever en innføring i et fagområde som er stort og komplisert. I undertittelen er det brukt ordet midlertidig. Dette er gjort med hensikt ettersom fagfeltet er i rivende utvikling. Vi må erkjenne at vi pr dato bare forstår en brøkdel av de komplekse prosessene som foregår i jordsmonnet.

Det er mange aktører og retninger innen området jordhelse, jordfruktbarhet og regenerativt landbruk. Vårt utgangspunkt har vært kursserier til stiftelsen Vital Analyse med rådgiverne Martin Beck og Vibhoda Holten. I dette arbeidet har det utviklet seg et fagmiljø av rådgivere og innovative bønder som har vært til stor inspirasjon.

Stor takk til Martin og Vibhoda for all kunnskap og erfaring som dere gjennom flere år velvillig og tålmodig har delt med oss. Vibhoda skal også ha stor takk for gjennomlesing av manus og nyttige innspill til det faglige innholdet. Takk til Kari Moen, Jon Bjerke, Bent Dangstorp og Petter Hermansen for mange nyttige samtaler og diskusjoner underveis. Og sist, men ikke minst, takk til fagleider Anne Kristine Graff for velvilje og frie rammer for å kunne gjennomføre dette arbeidet.

Kalnes 7. februar 2022

Gunnar Line

Alle foto: Gunnar Line

Innledning

Å skape ei jord i god hevd har i generasjoner vært målet for enhver dyktig agronom. Gårdbrukere flest har vært innforstått med at naturen er kompleks og at det er mange faktorer som er med på å bygge opp god hevd.

De siste 4 - 5 årene har ord som jordhelse, jordliv og regenerativt landbruk har fått mye oppmerksomhet her i landet.

Ordet regenerere kommer av latin og kan oversettes med gjenskape, gjenoppbygge.

Prof. Dr. K. O. Bjørlykke skrev allerede for 100 år siden :

«Siden oppdagelsen av kunsgjødselstoffene for ca. 50 år siden, har jordkulturen for en tid antatt en noget ensidig kemisk retning, som man i nutiden kommer litt og litt bort fra.

Med hævd forståes den tilstand hvori kulturjorden befinner sig på et bestemt tidspunkt.» (s. 71.)

Kulturjordens hævd er av stor betydning, men det er en egenskap som er vanskelig at bedømme; den kan best utledes efter det bruk og den behandling som jorden har været underkastet i de senere aar.

For jordens hævd synes også bakterielivet at spille en viktig rolle, men herom vet man dog til dags dato ikke stort.» (s. 72)

(Landbruksboken, Kristiania 1919)

Nå, 100 år senere, har vi tilegnet oss en del mer kunnskap om livet i jorda. Samtidig må vi erkjenne at mekanismene og samspillene i molda er så avanserte, at vi trolig bare forstår en brøkdel av det som foregår der. Dette notatet er ment som en underveisrapport om et fagområde som er i rivende utvikling, og der vi må regne med at dagens kunnskap snart bli foreldet.

Denne nye agronomien utfordrer oss til å «avlære» en del av den etablerte kunnskapen om god jordbruksdrift. Mye tyder på at ved å ta mer hensyn til jordbiologien, vil vi kunne fange mer karbon, bygge god jordstruktur, få gode og næringsrike avlinger og samtidig redusere behovet for gjødsel og plantevernmidler. Dette er riktig spennende.

Del 1. Jord- og plantekunnskap

1.1. Jordhelse, definisjon og retninger

Uttrykk som nærrende og tærende vekster er godt innarbeidet i landbruket.

Eksempelvis er eng en kultur som ofte gir mer næring til jorda, mens poteter er en typisk vekst som tærer på næringsinnholdet.

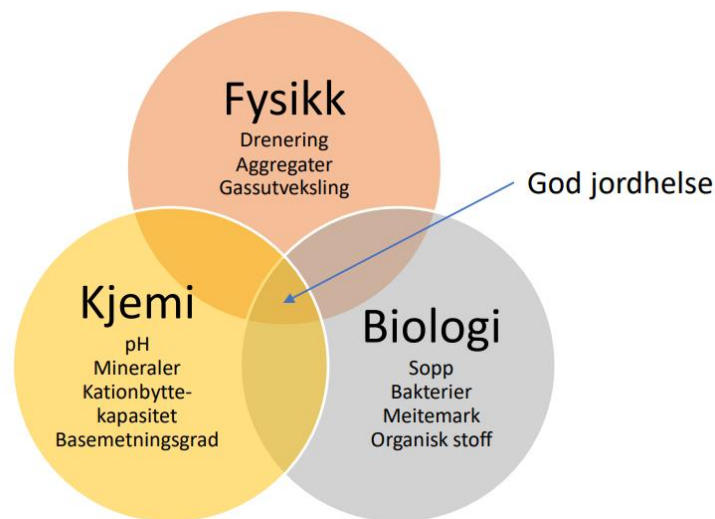
Begrepet regenerativt jordbruk ble lansert på 1980-tallet av Rodale Institute i USA.

Det norske Felleskjøp beskriver begrepet slik:

Regenerativt jord-og hagebruk blir også omtalt som Conservation agriculture og Conservation farming. Driftsformen kan også beskrives som jordoppbyggende.

I praksis innebærer regenerativt jord- og hagebruk tiltak som gir økt jordfruktbarhet og karbonbinding. Det er viktig ved både konvensjonell og økologisk drift. Stikkord er «alltid» plantedekke og minimal jordarbeiding.

Regenerativt er ikke en sertifiseringsordning her i landet, men en samlebetegnelse for dyrkingspraksis som bygger opp god jord. Det er like aktuelt for det konvensjonelle som for det økologiske og biodynamiske landbruket. Det er en økende erkjennelse av at jordbiologien er avgjørende for å skape jord i god hevd. De biologiske naturlovene er de samme enten vi driver konvensjonelt eller økologisk.

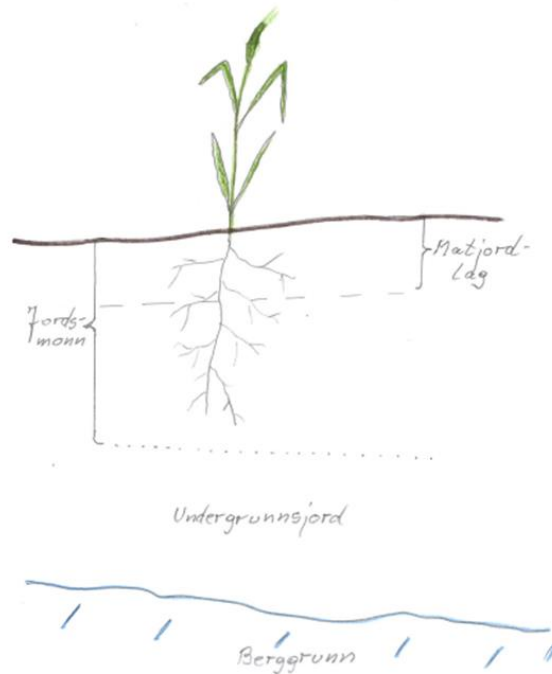


De regenerative metodene og praksisen er i stadig utvikling, og det finnes mange ulike retninger og vektlegginger. Dette notatet er inspirert av en «skole» som vektlegger samspillet mellom næringsstoffer, jordliv og plantevekst. Balanse mellom de ulike plantenæringsstoffene er her en viktig faktor.

1.2. Jordsmonn

Jordsmonn er et begrep som brukes for den delen av løsmassene som er påvirket av klima, røtter, sopp, bakterier, meitemark mm. Den skiller seg ut fra undergrunnsjorda. Der det er lite løsmasser, går jordsmonnet ofte helt ned til berggrunnen.

Dreneringsdybden har betydning for jordsmonnutviklingen. Planterøtter er avhengig av oksygen for å trives, og grunnvannsspeilet er således en grense for hvor dypt røttene går.



*De siste årene har det blitt økt fokus på utvikling av jordsmonnet.
Her fra kurs på Kalnes vgs. i 2018.*

1.3. Humus

Ordet humus er latin og betyr jord, mold. Humus er komplekse, organiske molekyler og forbindelser (kolloider eller partikler) som dannes når organisk materiale brytes ned i jorda. En viktig bestanddel i denne resten er ulike kjemiske ringforbindelser, såkalte aromatiske sykler, som er bundet til hverandre. Disse polymerene samles i mørkfargede humuspartikler, 30 – 40 nanometer store. Humus gir jorda den mørke fargen.

Humusmolekylene er svært stabile og kan ha ei halveringstid på flere hundre år dersom miljøet rundt dem er stabilt. En viktig egenskap ved humusmolekylene er at de kan ha svært stor overflate med en mengde positive og negative ladningsplasser. Vi kan betrakte humusen som et batteri der det kan lagres energi, næring vann mm.

Humus har en høy kationbyttekapasitet (CEC – cation exchange capacity). Dette gjør at dersom humusinnholdet stiger med 1%, vil jordas CEC øker mye.



Kationbyttekapasiteten kan sammenlignes med ulik størrelse på mattallerkener. Basemetningsgraden tilsvarer da hvor stor andel av den enkelte tallerken som er fylt opp med mat.

Humus kan ikke bare betraktes som et dødt materiale. Realiteten er at jordorganiske forbindelser har innlemmet både levende og døde celler.

Humusinnholdet i jorda er en forutsetning for at det skal kunne bygges god jordstruktur og for å holde på vann og næringsstoffer, sørge for at vann blir infiltrert og være en viktig buffer for jordkjemien.

Humus inneholder ca. 50 - 60 % karbon og 6 – 8 % nitrogen. Dette gir et C/N-forhold på rundt 8:1 til 10:1. Er C/N- forholdet vesentlig høyere, tyder det på at jordfruktbarheten er på retur.



Organisk materiale som er i ferd med å omdannes til humus.

Humusinnholdet i dyrkajord har vist en synkende trend gjennom mange år både her i Norge og internasjonalt. Utviklingen er bekymringsfull.

Betegnelsen mold blir ofte brukt på samme måte som humus. Forskeren Hugh Riley har undersøkt hvordan moldinnholdet har endret seg i åpenåker på Østlandet fra 1990 til 2001. Han kom fram til disse gjennomsnittsresultatene:

Distrikt	Antall prøver	Mold % v. start	Mold % v. slutt	t-test p-verdi	Relativ Endring/år
Østlandet	291	3,8	3.4	***	-1,03 %

I tillegg til dårligere jordfruktbarhet, fører humustap til nedsatt vanninfiltrasjon og økt CO₂-lekkasje til atmosfæren. Gjødsling med lettløselig nitrogen fører ofte til tæring på karbonet i jorda. Dette kommer av at mikroorganismer trenger en variert meny samt energi for å gjøre næringa plantetilgjengelig. Denne energien får jordbakteriene tilgang til når karbonet i humusen oksyderes og omdannes til CO₂.

1% økt humusinnhold i pløyselaget (25 cm) binder 2,5 tonn karbon (= 12,5 tonn CO₂), 250 kg nitrogen og 35 kg svovel pr dekar. Tilsvarende mengder blir frigjort når humusprosenten går ned. Det antas at industrielt landbruk med utstrakt bruk av kunstgjødsl og plantevernmidler har gitt et betydelig bidrag til CO₂- økningen i atmosfæren de siste to-tre generasjoner.

Tradisjonelt har man regnet humusoppbygging i naturlig jordsmonn som en svært langsom prosess. Videre har vi tatt for gitt at landbruk langsomt vil tære på humusinnholdet, eller i beste fall holde det på samme nivå. De siste 20 årene har det kommet mye ny kunnskap og erfaring om hvordan matjorda fungerer. Kombinasjonen av innovative jordbrukere, rådgivere og forskere med rask erfaringsdeling på nettet, gjør at ny kunnskap om jordlivet avføder nye teknikker som kjapt prøves ut i praksis.

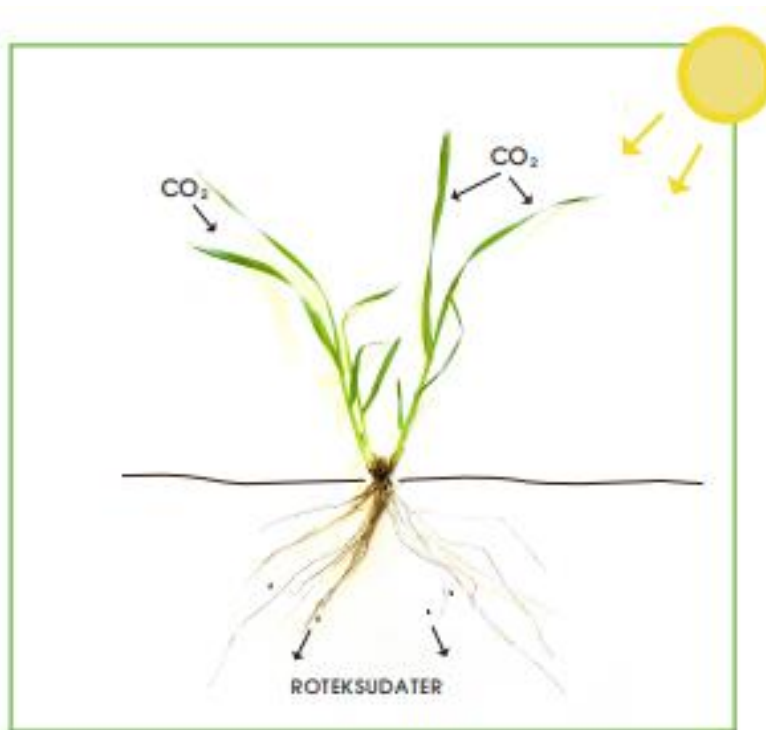
Erfaring så langt tyder på at jorda har et adskillig høyere potensial til raskt å bygge humus og binde karbon enn vi tidligere har antatt. Humus kan bygges relativt kjapt, men denne humusen er ikke nødvendigvis stabil. Den kan også brytes ned igjen hvis man behandler jorda feil. Dette dreier seg om avanserte prosesser. Det kreves mye kunnskap og erfaring for å forstå sammenhenger og gjøre riktige tiltak til rett tid. På mange måter kan vi si at vi må avlære deler av den tradisjonelle tenkemåten og skru om på tankesettet. Dette er krevende, men samtidig spennende og til stor inspirasjon.

Litteratur:

- ØYSTEIN HAUGERUD OG ERIK KOLSRUD (RED.) LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENTER, BUSKERUD. 1. OPPLAG 2021.
- HUGH RILEY: TRUSLER MOT JORDAS FRUKTBARHET, ENDRINGER I MOLDINNOLD OVER TID.
<https://www.norsok.no/uploads/documents/Riley-Hellerud-21.01.20.pdf>

1.4. Fotosyntesen er grunnlaget

Fotosyntesen fanger CO₂ og produserer sukker i planten. En større eller mindre del av dette sukkeret skilles ut gjennom røttene i flytende form. De siste 20 årene har vi fått mye ny kunnskap om samspillet mellom planterøtter, mikroorganismer og jordsmonnet. Den australske forskeren Dr. Christine Jones har lansert betegnelsen *Den flytende karbonveien* (*the liquid carbon pathway*).



Røttene og roteksudater er sikreste veien til å bygge humus.

Overskudd av sukker og aminosyrer skilles ut gjennom røttene og er næring og energi til mikrolivet i jorda. Dette kan føre til:

- Oppbygging av huminstoffer (stabile karbonforbindelser)
- Mer jordliv
- Økt moldinnhold – langvarig karbonbinding
- Økt aggregatstabilitet som gir mindre erosjon
- Større avlinger

Fotosyntesen er ikke statisk. Den varierer med vekstforholdene til plantene. Høy fotosyntese fører til stor roteksudasjon og motsatt. Den raskeste og mest effektive måten å øke fotosyntesen på, er å spraye plantene med ulike næringsløsninger og/eller andre plantestimulanter. Skal vi øke jordlivet, er vi avhengige av drahjelp fra plantene.

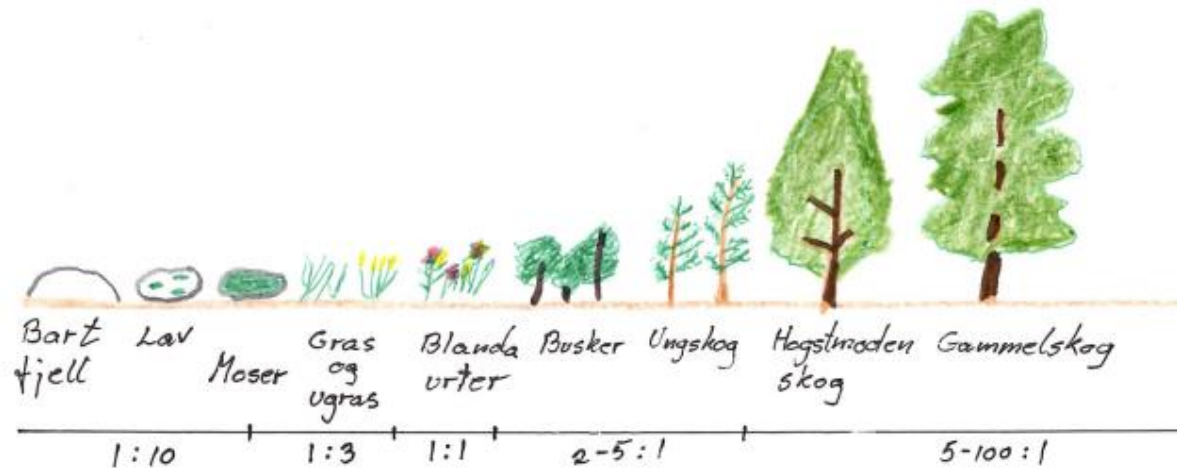
Litteratur:

- CHRISTINE JONES PH.D. LIQUID CARBON PATHWAY. EXTRACT FROM AUSTRALIAN FARM JOURNAL EDITION 338 3. JULY 2008
[https://www.amazingcarbon.com/PDF/JONES-LiquidCarbonPathway\(July08\).pdf](https://www.amazingcarbon.com/PDF/JONES-LiquidCarbonPathway(July08).pdf)

1.5. Suksesjoner

Suksesjon er de endringene i artssammensetning som skjer i et område over tid. Eksempelvis kan vi se på hvordan et areal utvikler seg når en isbre trekker seg tilbake.

De første vekstene som etablerer seg (pionerplanter) er lav og nitraterskende planter. De har evnen til å vokse på berg, stein og skrinne løsmasser. Her vil lavarter og nitraternærte planter først komme inn. Jordsmonnet er bakteriedominert.



Forholdet mellom sopp og bakterier i jord på ulike trinn i suksesjonen.

Figuren viser hvordan jorda blir mer sopprik og kompleks mot høyre i bildet. Utviklingen av planter over bakken gjenspeiler suksesjonen til jordlivet nede i jorda. De fleste kulturplantene våre trives best i de samme omgivelsene som blanda urter i illustrasjonen. Altså i jord med et balansert forhold mellom sopp og bakterier.

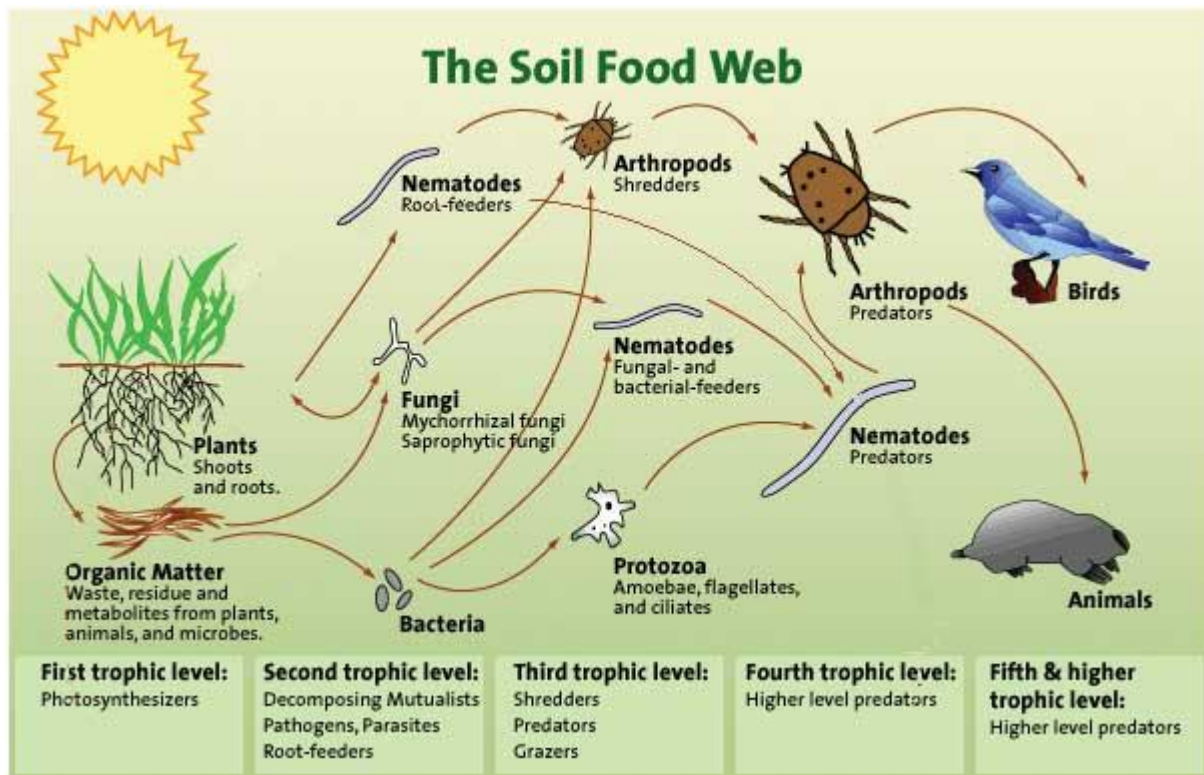
Mye av dyrkajorda vår er bakteriedominert og mangler soppfraksjonen. Dette favoriserer ugrasplanter som trives godt under slike forhold. Dersom vi legger forholdene til rette slik at mykorrhiza-soppen trives, vil vi få mer gunstige forhold for kulturplantene. Ugrasartene vil dermed være mindre dominerende.

Litteratur:

- MARTIN BECK. OPBYGNING AF JORDENS FRUGTBARHED MED KOMPOST. ØKOLOGISK LANDSFORENING, DANMARK 2015.
<https://vitalanalyse.no/wp-content/uploads/2021/01/JordensFrugtbarehed-0216-korr3.pdf>
- ELAINE R. INGHAM PH. D. 2012 : LIFE IN THE SOIL
<https://livingsoilsp2011.files.wordpress.com/2012/05/plife-in-soil-march-2014.pdf>

1.6. Nettverket i naturlig jordsmonn

I ei jord som har fått utvikle seg naturlig over tid, vil det vokse fram et komplisert samspill mellom planter og en lang rekke andre levende organismer. Dette er illustrert av forskeren Elaine Ingham. Hun hevder at det er bare når denne veven er komplett, at jorda er i stand til å restituere seg slik at vi får sunne planter, rent vann og økning i humusinnholdet.



The Soil Food web. Kilde: Elaine Ingham.

Problemet med mye av dagens landbrukspraksis er at vi har lett for å sjalte ut store deler av dette samspillet. Det har negativ effekt på humusdannelse, næringsutveksling, vannforsyning, aggregatstabilitet og også på plantesjukdommer. For eksempel nematodeangrep som typisk skyldes at Soil Food Web er ufullstendig. Da får de patogene nematodene dominere og blir ikke holdt i sjakk av andre nematodegrupper.

Litteratur:

- ELAINE R. INGHAM PH. D.: LIFE IN THE SOIL
<https://livingsoilsp2011.files.wordpress.com/2012/05/plife-in-soil-march-2014.pdf>

1.7. Verdien av mangfold

I naturen finner vi ikke monokulturer. Regelen er et større eller mindre mangfold av arter. I landbruket derimot har vi lang tradisjon for å dyrke bare én eller noen få arter på samme jorde. Dette er på mange måter rasjonelt og effektivt. Spørsmålet er om denne dyrkingspraksisen har ulemper som vi til nå ikke har hatt så mye fokus på.

For å undersøke effekter av biodiversitet, ble det i Jena i Tyskland startet et langvarig forskningsprosjekt i grasmark i 2002. Her ble det anlagt et forsøksfelt på 100 dekar med 600 testruter. Det er sammenlignet monokultur med økende grad av plantemangfold. På hver rute dyrkes det fra 1 og opp til 60 arter.

Etter 15 års forskning kom man fram til en rekke interessante konklusjoner. Utslagene av monokultur og av biologisk mangfold viste seg å ha en forsinkelseeffekt. Det var først etter 4-5 sammenhengende år med samme dyrkingspraksis at man begynte å se tydelige endringer.

Effektene av biologisk mangfold ble mer og mer tydelige over tid. Det ble observert:

- Økt planteproduksjon.
- Økt mangfold av andre organismer.
- Mer pollinerende insekter.
- Mer meitemark.
- Avlingsøkning.
- Bedre vanninfiltrasjon.
- Bedre kontroll med jorderosjonen.
- Økt langvarig karbonlagring.
- Mindre nitrat i grunnvannet.
- Økt plantemangfold ga en høyere avling enn økt N-gjødsling.
- Hvis et habitat blir ødelagt på grunn av inngrep, tar det litt tid før en art blir utryddet.

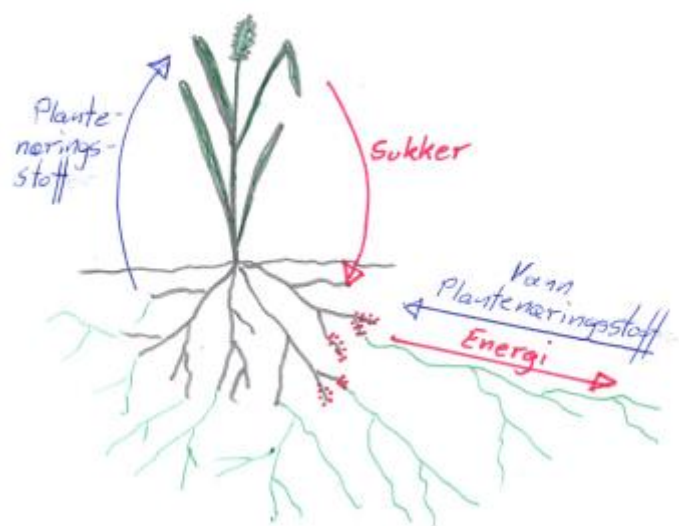
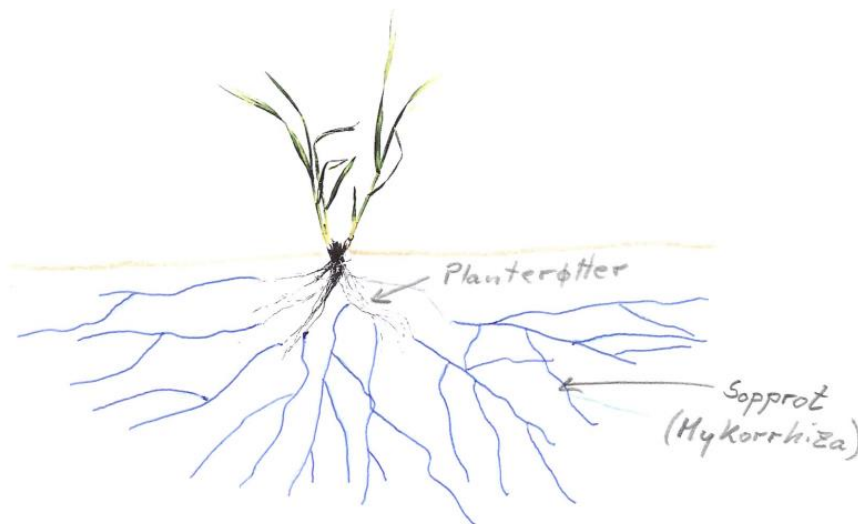
Litteratur:

<http://the-jena-experiment.de/>

1.8. Sopp, bakterier i jorda – samspill med plantene

I et velfungerende jordsmonn er det et yrende liv rundt planterøttene. Ei planterot har fine, små siderøtter. Den nærmeste sonen rundt planterøttene kalles rhizosfæren og er omtrent 1 mm tykk. Planterøttene med rothår og rotsone utgjør plantenes fordøyelsessystem. Sammenlignet med dyreriket, kan vi si at plantene har vrent tarm.

Når plantene skiller ut rotsaft, bidrar det til at det dannes mykorrhiza (sopp). Mykorrhiza-soppen lever i symbiose med planterøttene og gjennomvever jorda med mycel (sopptråder). Dette gjør at det samlede rotnettverket utvides betraktelig. Plantene kan dermed hente vann og næring fra et mye større jordvolum.



I jordsmonnet er det et svært komplisert samspill mellom planterøtter, sopp, bakterier og andre organismer. Ved hjelp av signalstoffer utveksler de ulike organismene informasjon. Eksempelvis kan ei plante gjenkjenne røtter fra andre arter og forsøke å frastøte seg disse. (Allelopati).

I et velfungerende jordsmonn vil det være en naturlig balanse mellom de ulike organismene. Her må nevnes gunstige bakterier i pseudomonas-familien. De kan produsere plantestimulerende stoffer samt opptre som vaktmenn i jorda. De kan ta ut patogene sopper som måtte dukke opp (eks. Pythium og Fusarium). Denne balansen kan lett ødelegges av ulike plantevernmidler. Et eksempel her er glyfosat som har antibiotisk virkning og viser seg å drepe en del pseudomonas. Dermed har man ingen beskyttelse lenger.

Litteratur:

- REIDUN POMMERESCHE 2021. JORDLEVENE SOPP. ARTIKKEL I LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENTER. 162 – 171
- HEGE SUNDET 2021: MYKORRHIZA. ARTIKKEL I LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENTER. 172 - 175,
- PROF. ROBERT J. KREMER/JOHN KEMPF. 2021 QUALITY AGRICULTURE USA VOL.1 s. 63 – 81.

1.9. Næringsopptak i plantene

Opptaket av plantenæring skjer i hovedsak via rotsystemet. Planter kan også ta opp næring gjennom bladverket – såkalt bladgjødsling. Dette er en teknikk som kan brukes i vekstsesongen for å få rask effekt.

Næringsopptak gjennom røttene kan skje etter to modeller:

Ioneopptak

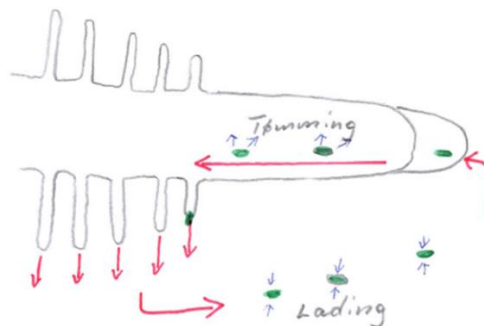
Plantene absorberer enkeltioner som er oppløst i jordvæska. Dette er den tradisjonelle måten man har tenkt opptaket skjer på og som danner grunnlaget for bruk av kunstgjødsel.



Opptak av aminosyrer mm.

Plantene kan også absorbere næring i form av aminosyrer, organiske syrer, essensielle fettsyrer og hele mikrobe-celler. Slik sett kan vi si at planter opptre som kjøttetere.

Den amerikanske forskeren James White har beskrevet en mekanisme som kalles rhizofagi. Den forklarer hvordan ikke-ioniske næringsstoffer kan tas opp i planter. Voksende rotspisser kan absorbere hele mikrobeceller og trekke ut nødvendige næringsstoffer fra disse. Deretter slippes noen mikrober tilbake til jorden igjen for så å gjenta prosessen på nytt.



Litteratur:

- ØYSTEIN HAUGERUD 2021. RHIZOPHAGY CYCLE. ARTIKKEL I LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENTER. 108 – 111.
- JAMES F. WHITE ET AL. 2018 RHIZOPHAGY CYCLE: AN OXIDATIVE PROCESS IN PLANTS FOR NUTRIENT EXTRACTION FROM DYMBIOTIC MICROBES. <https://www.mdpi.com/2076-2607/6/3/95>

1.10 Vannhusholdning

Det kapillære vannet som trekker opp fra grunnvannet er et viktig bidrag til plantenes vannforsyning. Jordas kornsammensetning og moldinnhold har stor betydning for hvor god denne vanntilgangen vil være.



Ei jord med god grynstruktur har en mye bedre vannhusholdning enn ei med dårlig struktur. Ved tørke vil jordaggregater holde lenger på vann enn selve jordmineralet.

Dersom det er mykorrhiza (sopp) i jorda, vil det føre til markert utvidelse av rotvolumet til plantene. Mykorrhizaen kan frakte vann og næring til planten fra et stort nedslagsfelt og dermed sikre vanntilførsel i tørre perioder.

I leirjord er mye vann absorbert i leirkolloidene. Det opptrer her som en vannfilm som er 2 mikrometer (0,002 mm) tykk. Dette vannet klarer ikke planterøttene å få tak i, men det greier soppen.



Tynn hveteåker i tørkeåret 2018.

1.11 Jordstruktur

Med jordstruktur menes hvordan jordpartiklene er orientert i forhold til hverandre.

En god jordstruktur er avgjørende for at plantene skal trives og gi gode avlinger. Strukturen har stor innvirkning på fysiske forhold som gassutveksling, trekraftbehov, vanntilgang, infiltrasjonsevne og erosjon. Videre er god struktur en forutsetning for at jordlivet med sopp og bakterier skal fungere.



Mål for god agronomi: Grynstruktur til full spadedybde.

Forskning viser at bakterier har størst betydning ved dannelse av mikroaggregater (< 0,25 mm), mens sopphyfer betyr mye når litt større aggregater dannes.

Ei ideell jord inneholder

- 25 % luft
- 25 % vann
- 45 % mineralsk materiale
- 5 % humus

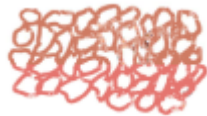
Forenklet kan vi dele inn jordstrukturen i fire typer:

Grynstruktur (aggregatstruktur, dobbeltkornstruktur). Dette er den optimale strukturen og bør være siktemålet for enhver dyktig agronom. Partikler av leire, silt, sand og organisk materiale kitter seg sammen til ulike typer aggregater. Er disse «klumpene» mellom 2 og 250 mikrometer kalles de mikroaggregater. Er diameteren mellom 0,25 og 5 mm, kalles de makroaggregater. Disse bindes igjen sammen til større aggregater og danner det vi kaller grynstruktur.

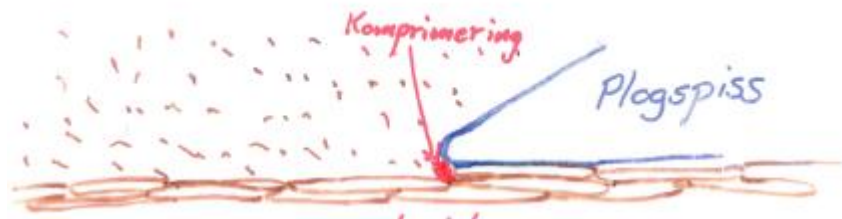


De fysiske og kjemiske prosessene betyr mest når de minste aggregatene dannes, mens biologiske prosesser er viktigst for å lage store aggregater og gryn. Erfaring viser at soppen (mykorrhiza) har en sentral rolle når det gjelder strukturbygging. I leirjord har forholdet mellom kalsium og magnesium stor betydning for om jorda skal smuldre fint eller bli hard og kompakt ved opptørking.

Enkeltkornstruktur. Her ligger jordpartiklene enkeltvis på hverandre uten å være «kittet sammen». Slik jord kan være ganske kompakt og ha lite hulrom for luft og vann.



Platestruktur. Dette er en struktur som vi ofte finner på ca. 20 cm dybde – såkalt plogsåle. Her er jordpartiklene pakket sammen i horisontale lag. Slike sperresjikt kan være vanskelige for planterøtter å trenge igjennom.



Blokkstruktur. Her er aggregatene kompakte og kantete. Dette er en struktur som typisk dannes når vi bearbeider leirjord på feil tidspunkt.



Magnesiumovermettet jord gir dårlig struktur med harde leirklumper.

Faktorer som bygger opp god jordstruktur

- Frysing – tining
- Svelling – tørking
- Balansert jordkjemi (særlig Ca – Mg – S)
- Rikelig fotosyntese hele vekstsesongen som fører mikrolivet i jorda
- Legge til rette for soppen i jorda
- Minst mulig forstyrning av sopphyfene.
- Grønn bru slik at soppen overlever vinteren
- Allsidig plantesammensetning
- Redusert bruk av lettløselig N-gjødsel
- Redusert bruk av plantevernmidler som forstyrrer jordlivet
- Behandling av husdyrgjødsel før spredning (Unngå forråtnelse av gjødsla)
- Tilførsel av god kompost.



Erosjon i moldholdig sandjord som mangler grynstruktur.

Litteratur:

- NEAL KINSEY ET.AL. 2013 HANDS-ON-AGRONOMY. 57 – 58.

1.12. Plantenæringsstoffene

Oksygen, karbon, hydrogen og nitrogen er ikke-mineralske næringsstoff. Disse kommer opprinnelig fra luft og nedbør og utgjør ca. 98 % av plantevekta.

Det er beskjedne mengder av næringen som kommer fra mineralene i jorda. Like fullt er disse svært viktige for å få optimal plantevekst. Mineralsk plantenæring tas opp av plantene enten som anioner (negativ ladning) eller som kationer (positiv ladning).

Element	Kjemisk symbol	Opptas i plantene som	Konsentrasjon i plantene	
Oksygen	O	O ₂ , H ₂ O	45 %	Makronæring
Karbon	C	CO ₂	45 %	
Hydrogen	H	H ₂ O	6 %	
Nitrogen	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	1,5%	
Kalium	K	K ⁺	1,0 %	
Kalsium	Ca	Ca ⁺⁺	0,5%	
Fosfor	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HP _O ₄ ⁻	0,2%	
Magnesium	Mg	Mg ⁺⁺	0,2%	
Svovel	S	SO ₄ ⁻	0,1%	
Silisium	Si	H ₄ SiO ₄	0,02 – 2 %	Mikronæring
Jern	Fe	Fe ⁺⁺⁺ , Fe ⁺⁺	0,01%	
Klor	Cl	Cl ⁻	0,01%	
Mangan	Mn	Mn ⁺⁺	< 0,005%	
Sink	Zn	Zn ⁺⁺	< 0,005%	
Bor	Bo	Bo ₃ ⁻ , Bo ₄₇ ⁻	< 0,005%	
Kobber	Cu	Cu ⁺ , Cu ⁺⁺	< 0,005%	
Molybden	Mo	MoO ₄ ⁻	< 0,005%	
Nikkel	Ni	Ni ⁺⁺	< 0,005%	
Kobolt	Co	Co ⁺⁺	< 0,005%	

Oksygen til fotosyntesen kommer fra vann og ikke fra CO₂ i lufta som tidligere antatt.

Karbon. Mesteparten av karbonet blir tatt opp gjennom lufta som karbondioksid (CO₂). Fotosyntesen som foregår i klorofyllet, sørger for at gassen ved hjelp av solenergi omdannes (reduseres) til energirike sukkerforbindelser. Økt CO₂- konsentrasjon i lufta gir økt plantevekst. I veksthusbransjen er et vanlig å dra nytte av denne effekten ved å tilføre ekstra CO₂ i det regulerte klimaet.

Hydrogen. Hovedmengden av hydrogenet blir tatt opp gjennom røttene som vann, men også noe kommer luftveien som vanndamp.

Nitrogen. Atmosfæren inneholder 78 % nitrogen. Det vil si at luftsøyla over 1 dekar inneholder 7 800 tonn N.

Plantene kan ikke nytte nitrogenet direkte, men gassen må omdannes til forbindelser som plantene kan bruke. Nitrogenfikserende organismer kan gjøre denne jobben med enzymer. Nitrogenet blir så en del av aminosyrer og humus. Dette er stabile molekyler som ikke lekker ut i jorda. Roteksudater med sukker fra plantene gir energi og karbon til prosessen. Det er ikke bare de kjente knollbakteriene på belgvekster som har denne evnen til å binde nitrogen fra lufta. Det viser seg at frittlevende N-fikserende mikroorganismer også har denne egenskapen. De ser ut til

å ha et mye større potensial til å samle N enn belgvekstbakteriene. Utfordringen er å få jorda i en slik skikk at den laster ned alt det nitrogenet som plantene har behov for.

Nitrogenet i jorda er gjennom historien bygget opp av planter og andre levende organismer. Det er diskusjon om hvorvidt humus i jorda kommer fra nedbryting av organisk materiale, eller om det dannes direkte ved mikrobiell omdanning av roteksudater fra planterøttene. (Særlig når soppbiologien er til stede.) Sluttproduktet blir den mørkfargede humusen (mold). Denne inneholder om lag 5% nitrogen. I ei jord med et moldinnhold på 5 %, er det en nitrogenbank på ca. 600 kg N pr dekar.

Hvert år blir litt av disse N-reservene frigjort som ammoniumforbindelser (NH_4^+) og omdannes så til nitrat (NO_3^-). Det er mikrobiologien som frigjør nitrogenet fra det organiske materialet. Til denne prosessen treng det energi som mikroorganismene henter fra tilgjengelig karbon i omgivelsene. Godt omdannet humus i ei mineraljord har ofte et C/N-forhold på 10/1.

Det er vanlig å forklare at nitrogenet tas opp i planterøttene enten aktivt som ammonium eller passivt med vannstrømmen som nitrat. Mesteparten av ammoniumnitrogenet blir omdannet i røttene til aminosyrer eller enklere N-forbindelser før de blir transportert videre opp i plantene. Nyere forskning fra James White om rhizofagi, viser at plantene også kan ta opp nitrogen i form av hele mikrobeceller. Det vil si som aminosyrer.



*Kornplanter som er nitraternært (t.v.)
og i hovedsak ammoniumernært (t.h.)*

Nitrogen er en nødvendig ingrediens i protein, i klorofyll og i mange andre organiske forbindelser.

Tilstrekkelig N-tilgang er avgjørende for god vekst. En forutsetning er at behovet for andre næringsstoffer er dekket.

De første symptomene på N-mangel viser seg som blekning og gulning av eldre blad.



Byggåker med symptomer på nitrogenmangel.

Fosfor har viktige oppgaver i stoffskiftet, ved proteindannelsen (RNA) og inngår i DNA (arvestoffet). Fosfor er avgjørende for overføring av energi i plantene. Fosfor inngår også i cellemembranene som fosfolipider.

Vanligvis blir fosfor sterkt bundet i mineraljord. Mikroorganismer (bakterier) har evne til å løse fosfor som er sterkt bundet og transportere det til planterøtter via rotsopp. For mye lettløselig fosfor kan virke negativt på mikrolivet i jorda. Særlig virker fosfor hemmende på den jordlevende soppbiologien. Soppen er også ansvarlig for å danne jordstruktur, og denne evnen kan da skades. Overskudd av fosfor har også en strek evne til å immobilisere mikronæringsstoffene.

Kalsium blir kalt kongen blant næringsstoffene og er nødvendig for en rekke funksjoner i plantene. Kalsium er avgjørende for transportsystemet for næring i plantene. Videre er det viktig for transporten av ioner gjennom cellemembraner. I tillegg er kalsium aktivator for en rad ulike enzym og nødvendig for celledeling og oppbygging av cellevegger. Det er viktig at plantene får tak i nok kalsium i startfasen. Dette kan sikres ved å tilføre 20-30 kg lettløselig kalsium pr dekar ved spiring.



Calciprill

Magnesium har viktige funksjoner i klorofyllmolekylet, proteinproduksjon og enzymaktivitet. Tilstrekkelig Mg-forsyning er svært viktig. Imidlertid bør ikke Mg- nivået i jorda være for høyt. Det kan gjøre at jorda blir tett og fast og kan begrense planteopptaket av Ca og K.

Svovel er en komponent av humus og er nødvendig for proteindannelse i plantene. Det er derfor svært viktig å ha tilstrekkelig svovelnivå i jorda. Svovel er et anion (negativt ladet partikkel) og er derfor utsatt for utvasking. Svovel må som regel tilføres utenfra, siden det har blitt vasket ut når humusinnholdet er blitt tapt. For å sikre nok S-forsyning, anbefales å tilføre ca. 3 kg svovel pr dekar og år.



Elementært svovel

Jern er det mikronæringsstoffet som plantene trenger mest av. Jern er blant annet nødvendig for elektrontransport i fotosyntesen, klorofylldannelse, samt celleånding og nitrogenfiksering. Tilstrekkelig jerninnhold i jorda er viktig. Er jernverdiene før høye, kan det binge opp fosfor i jorda. Jern er det nesten alltid store mengder av i jorda, men det skjer ofte at det er på feil form, dvs. at det har rustet eller oksidert og er ikke lenger plantetilgjengelig.

Klor er et nødvendig sporstoff i fotosyntesen og har betydning for saftspenningen til plantene. Klormangel er svært sjelden.

Mangan er en aktivator for en rekke enzymreaksjoner som vannspalting i fotosyntesen, dannelse av aminosyrer og proteiner, samt dannelse av cellemembraner. Mangan er det også som regel godt innhold av i jorda, men mangan kan også «ruste» ved oksidative forhold, f.eks. overløsning av jorda, og bli utilgjengelig for planteopptak.

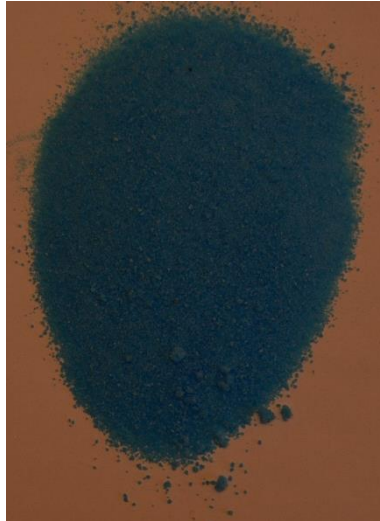
Sink inngår i de fleste mikrobielle enzymer og er nødvendig for dannelse av veksthormoner, særlig auxin og for nitrogenomsetning. Sinkopptaket kan bli hemmet ved sterk N-gjødsling og kald vår.

Bor er et næringsstoff som aktiverer det biokjemiske stoffskiftet i plantene. Det er således det første næringsstoffet som trengs når planteveksten starter. Bor kan betegnes som en gasspedal som presser saft opp i plantene. Bor er viktig for god transport av sukker (energirike karbonforbindelser) som skilles ut som roteksudater av plantene, og derfor avgjørende for at mikrobene rundt røttene får nok mat og energi. Bor er også kalsiumsynergist. Videre er bor viktig for humusdannelsen

Borat-ionet har negativ ladning (anion). De er derfor ikke festet til leirkolloidene, men er bundet til det organiske materialet.

Borinnholdet i norsk jord er lavt. Hovedmengden av bor er oppløst i jordvæska og vaskes derfor lett ut. Bor er immobilt i plantene, men mobilt i jorda. Plantene må derfor få tilført nok bor hele tida.

Kobber er viktig for at fotosyntesens elektrontransport skal fungere. Det har dermed en sentral rolle i fotosyntesen. Videre er kobber et koenzym i proteindanning og nødvendig for frøutvikling. Kobber er også viktig for lignindannelsen som gir stråstyrke (= mindre legde).



Kobbersulfat

Molybden er et mikronæringsstoff som trengs i ørsmå mengder. Det inngår i mange sentrale prosesser i plantene som N-omdanning, N-fiksering i rotknoller, i enzymer og elektrontransport. Molybden er kofaktor i enzymet nitratreduktase i plantene. Uten Mo klarer ikke plantene å omdanne NO_3^- til NH_4^+ .

Nikkel inngår i enzymet urease som spalter urea til ammonium og CO_2 .

Silisium har tradisjonelt ikke vært regnet med som et nødvendig plantenæringsstoff, men har like fullt viktige oppgaver i en del planter. Silisium finnes blant annet i cellevegger og bidrar til mekanisk styrke og beskyttelse mot ytre stressfaktorer. Vekster som sneller, gras og starr inneholder mye silisium. Silisium tas opp som kiseltsyre. Det er alltid mye Si i jorda, men opptaket er avhengig av mikrobiell aktivitet. Si gir mekanisk styrke og er viktig for legderesistens/stråstyrke. NO_3^- er antagonist til Si.

Silisium er også viktig for å gjøre plantene sjukdomsresistente.

Kobolt er ikke direkte nødvendig for plantevekst, men er viktig for mikroorganismer ved biologisk nitrogenfiksering. Koboltmangel kan derfor vise seg som manglende nitrogentilførsel hos plantene. Videre er kobolt sentralt ved dannelsen av vitamin B-12. Kobolt er kofaktor i vitamin B12.



Det aller meste av tørrmassen til denne eika er lastet ned fra lufta.

Enkelte plantevernmidler (eks. glyfosat) viser seg å ha kelaterende effekt. Det vil si det kan oppstå kjemiske kompleksdannelser der enkelte mikronæringsstoff blir så hardt bundet at plantene ikke får tak i denne næringa. Ett eksempel er binding av mangan som fører til blokkering av shikimate-banen i plantene. Dette har igjen innvirkning på produksjonen av essensielle aminosyrer. Og dermed for plantenes sjukdomsresistens.

Planter med Mn-mangel blir lettere sjuke og blir lettere angrepet av sopp f.eks. Fusarium. Glyfosat er trolig en underkjent faktor for Fusarium og andre soppsjukdommer.

Litteratur:

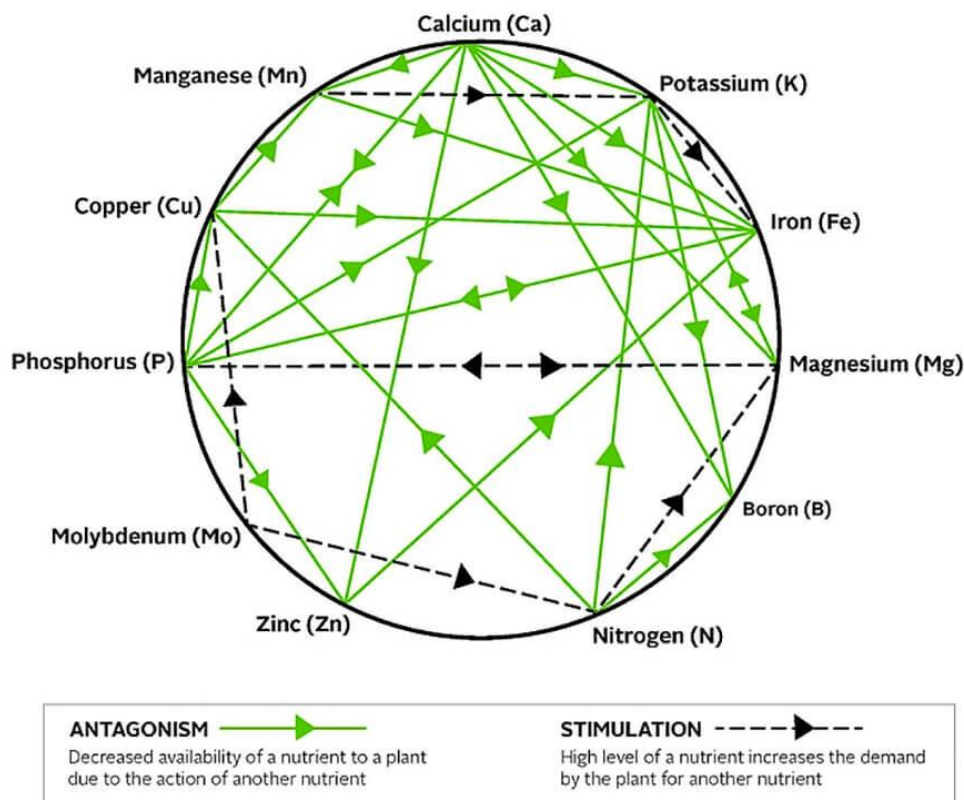
- IVAR AASEN 1986. MANGELSJUKDOMAR OG ANDRE ERNÆRINGSFORSTYRRINGAR HOS KULTURPLANTER. LANDBRUKSFORLAGET.
- WILLIAM MCKIBBEN 2012. THE ART OF BALANCING SOIL NUTRIENTS. USA. 1 - 12
- DR. ARDEN B. ANDERSEN 2000. SCIENCE IN AGRICULTURE. USA 230 - 242

1.13 Antagonisme og stimulans mellom næringsstoffer

Noen næringsstoffer stimulerer tilgjengelighet av hverandre, mens andre kombinasjoner virker hemmende. Dette går fram av Mulders diagram. Faste, grønne linjer indikerer at høye verdier av ett næringsstoff fører til problem med opptaket av de næringsstoffene som pekes på.

For eksempel kan høye verdier av nitrogen redusere plantenes evne til å ta opp kobber (Cu), bor (B) og kalium (K). På samme vis kan høye nivåer av nitrogen stimulere opptaket av magnesium (Mg).

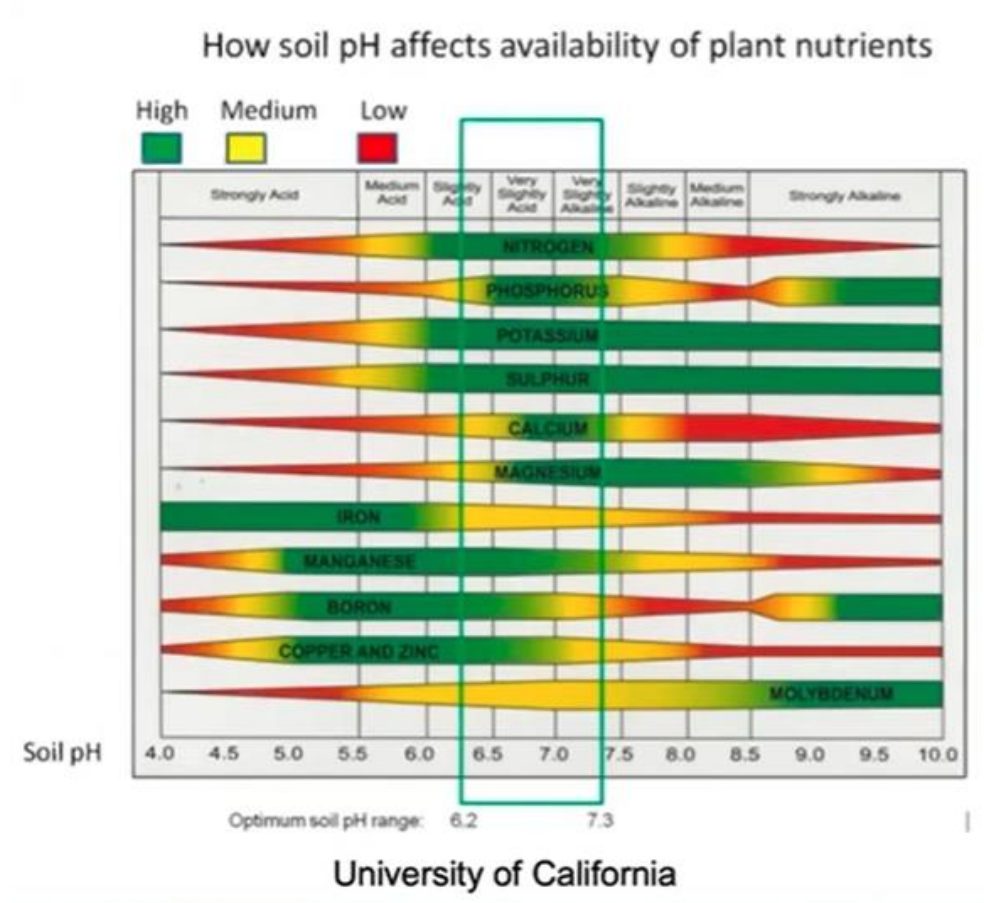
Kalsium er nødvendig for en lang rekke funksjoner i plantene og blir kalt kongen blant næringsstoffene. Dette er grunnen til at kalsium er plassert øverst i diagrammet.



Mulders diagram. Kilde: Nutriag.com

1.13. Redoks-reaksjoner og pH

I jordkjemien har det tradisjonelt blitt lagt stor vekt på sammenhengen mellom pH i jordsmonnet og tilgjengeligheten av de enkelte plantenæringsstoff. Figuren nedenfor er en klassisk illustrasjon av dette.



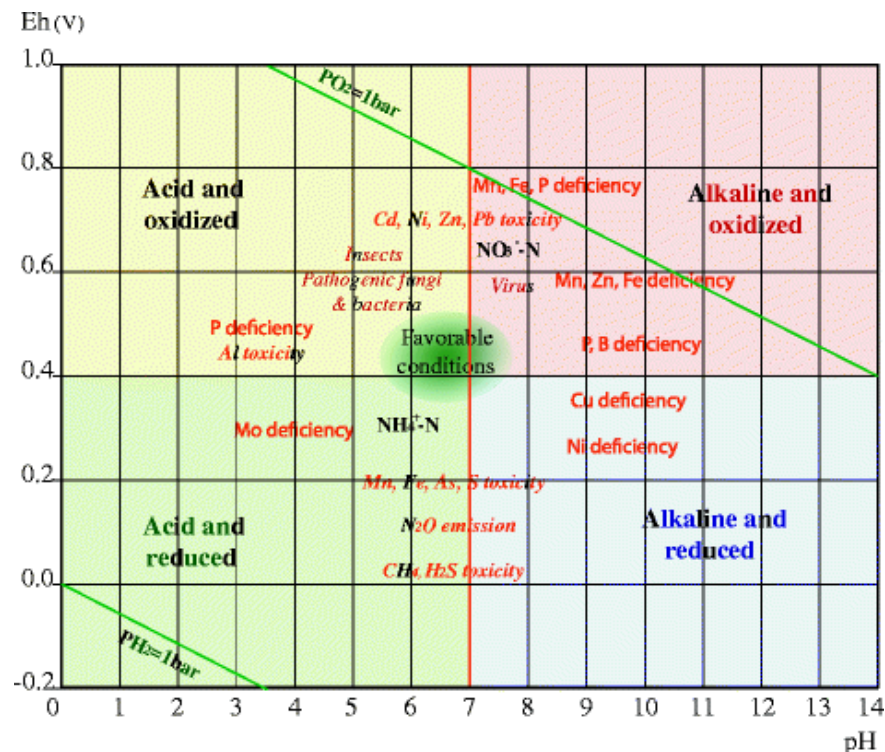
Nyere forskning og praksis viser at pH bare er en del av bildet om næringstilgang. Like viktig er de kjemiske reaksjonene der energi i form av elektroner overføres, såkalte reduksjons- oksydasjonsreaksjoner eller redoksreaksjoner. Slike reaksjoner er vanlige i både jord og planter.

I alle stoffskifteprosesser blir det samtidig frigjort og bundet energi i form av elektroner eller H^+ -ioner. Et elektron er en negativ ladning som kretser rundt en atomkjerne med positiv ladning. Elektronet kan ta opp eller avgi energi i form av elektromagnetisk stråling eller fotoner. H^+ -ioner oppstår når vann H_2O spaltes i H^+ og OH^- . I biologien kalles det å lagre energi en reduksjon, mens oksidasjon vil si å tappes for energi. Den parten som opptar elektroner eller H^+ -ioner blir redusert, mens den andre parten blir oksidert (tæring, forbrenning). Dette kan sammenlignes med et akkumulatorbatteri som vi lader opp og taper ned.

Ved oksidasjon av reduserte forbindelser frigjøres det energi som blir brukt i stoffskiftet i cellene.

Redokspotensialet er mål på reduksjonskraften til et materiale. Det blir målt i volt (V) eller i millivolt (mV). De levende organismene skaffer seg energi og eksisterer på potensialsprang på redoksskalaen. Ei oksidert (aerob) jord har et redokspotensial omkring + 0,8 volt, mens i ei redusert (anaerob) jord er redokspotensialet rundt minus 0,35 volt.

Ulike vekstfaktorer for plantene har ulike optimumsområder både når det gjelder pH og redokspotensial. Figuren nedenfor viser hvordan dette arter seg for plantenæringsstoffene.



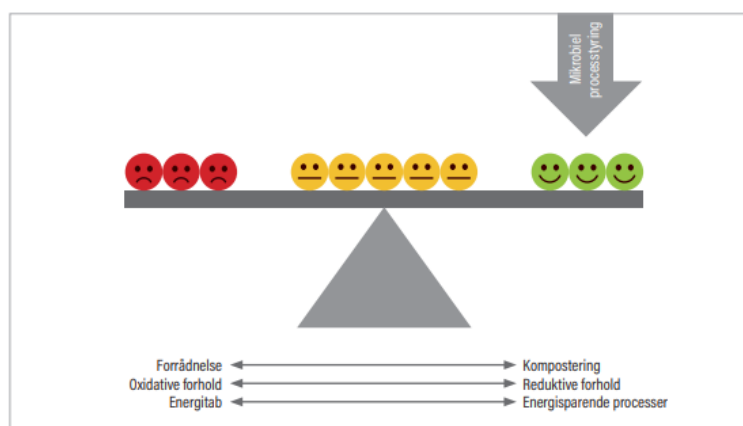
Modell for optimale forhold for plantevekst avhengig av jord Eh og pH. Kilde: Olivier Husson

Jordene her i landet er som regel for oksiderte. Det trengs lett reduserte forhold for å få god plantevekst og ei sunn jord/jordbiologi. (Ikke svært reduserte forhold som tilfelle er for rismarker).

Mikronæringsstoffer som mangan og jern blir utilgjengelige for plantene under oksidative forhold. Plantene kan bare nyttiggjøre seg den reduserte formen for mangan, altså når den opptrer som Mn^{2+} . Ved oksidative forhold og høye fosfatnivåer opptrer mangan som Mn^{4+} og er da utilgjengelig for plantene.

Jern opptrer i jord både som toverdig, Fe^{2+} og som treverdig, Fe^{3+} (rust). Under oksidative forhold er det den treverdige formen som dominerer. Plantene tar opp jern når det er i den reduserte formen – altså Fe^{2+} . Reduksjon fra treverdig til toverdig jern kan skje ved hjelp av bakterier i jorda.

Mikroorganismene i jorda påvirker energiforholdene og kan styre prosessene enten i oksidativ eller reduktiv retning. Dette er illustrert i figuren på neste side.



Mikrobevippa. Kilde: Martin Beck.

Mikrobevippa viser balansen mellom ulike mikroorganismer i jorda. De røde trekker i oksidativ retning, og de grønne i reduktiv. De gule i midten (fakultativt anaerobe) kan bevege seg i begge retninger og vil trille mot den siden som får overtaket. Systemet er lett å vippe i begge retninger. Ved å tilføre reduktive bakterier på grønn side, kan vi styre systemet i reduktiv retning med f.eks. en liten dose melkesyrebakterier.

Ved å ta et spadestikk i jorda kan vi observere hvordan stoffskiftet i jorda i hovedsak foregår:

Oksidasjon	Reduksjon
Vond lukt, eller noen ganger luktløst.	God jordlukt eller ingen lukt.
Flekkete jord.	Ensfarget jord.
Vått, dårlig infiltrasjon, dammer på jorden.	Jorda kjennes fuktig, men er ikke våt.
Økende jordpakking, fet jord.	Utvikling av grynstruktur.
Plantene blir brune ved stråbasis. Nakne røtter uten «rotpels».	Røttene er hvite og har mange rothår med «rotpels».
Tydelig ugrastrykk. Ugraset prøver å dominere.	Minsket ugrastrykk. Ugraset blir svekket.
Økning av bitende insekter (fluelarver, stankelbein, smellere og snegler m.m.)	Lite insekter i jorda.

Praktiske tiltak for å bygge opp et reduktivt miljø:

- Grønt plantedekke hele året.
- Fastgjødsl komposteres og bløtgjødsl behandles med ferment før spredning.
- Gjødsla spres oppå bakken på grønne planter i vekst. Ingen nedfelling.
- Sørg for at plantene får nok svovel, kalk og bor.
- Flatekompostering av grønnmasser.
- Undergrunsløsning med fermentinnsprøyting.

Litteratur:

- OLIVIER HUSSON. 2019. YOUTUBE: FOLLOW THE ELECTRONS!. REDOX POTENTIAL (EH) AND PH AS INDICATORS OF SOIL, PLANT AND ANIMAL HEALTH AND QUALITY.
https://yt.d0.cx/watch.php?v=qZstiT5_gEA
- DIETMAR NÄSER 2020. REGENERATIVE LANDWIRTSCHAFT 90 – 97.

1.14. Den biokjemiske rekkefølge i planteernæringa

Plantenes utvikling kan beskrives som et hierarki, en rekkefølge der noen funksjoner starter opp og må fungere før neste overtar osv. Næringsstoffene som trengs tidlig i denne sekvensen må være til stede og fungere godt før plantene kan nyttiggjøre seg neste næringsstoff. Når plantene blir ernært på denne måten, får vi friske planter som også gir god avling.

For at ei plante skal utvikle seg optimalt, er det grunnleggende viktig med et velfungerende rørsystem for intern næringstransport. For å få en næringsløsning til å strømme oppover i vedvevet mot tyngdekraften, kreves et overtrykk. Dersom dette ledningsnett har små dimensjoner og svake vegger, favoriserer det frakt av lettløselig næring. Kalium-nitrat gir liten motstand og flyter lett gjennom rørsystemet. Næring som er tyngre løselig, som magnesium, kalsium og aminosyrer har derimot lett for å bli værende igjen og ikke tatt opp.

I jordbruket kortslutter vi typisk denne naturlige rekkefølgen ved å fokusere på makronæringsstoffene N, P og K. Vi får da planter som blir feilernært og dermed mer utsatt for plantesjukdommer. Eksempelvis ser vi at grønnsaker ofte har en løs cellestruktur med høyt vanninnhold, lavt næringsinnhold og dårligere lagringsevne.

I ungdomsfasen har plantene behov for næring i denne rekkefølgen:

0. Svovel er, i tillegg til varme, en klassisk katalysator som setter i gang biokjemien til jorda. Svovel aktiverer overflatene til jordpartikler der mineraler reagerer med vann, luft og varme.

1. Bor er det første næringsstoffet i plantenes stoffskifte. Bor er en aktivator (gasspedal) som setter i gang de påfølgende prosessene. Videre samhandler bor med silisium på innsiden av ledningsnett, slik at strømmen av næringsstoffer stimuleres.

2. Silisium er nødvendig for dannelsen av et robust ledningsnett i plantene som tåler det væsketrykket som er nødvendig for å få fram tungt løselige næringsstoffer. Silisium er kalt motorvegen (Hugh Lovel) som transporterer andre næringsstoffer.

3. Kalsium har en helt sentral posisjon i næringskjeden. Den kan sammenlignes med en lastebil som kjører på motorveien. Den samler og transporterer med seg næringsstoffene som følger etter i den biokjemiske sekvensen. Kalsium, sammen med oksygen, danner den sterkt reaktive lasten som strømmer gjennom transportsystemet. Kalsium balanserer ladning i proteiner og er spesielt viktig i celledeling, noe som er det første som skjer i frukt- eller frødannelse etter pollinering. Videre er kalsium viktig for nitrogenfiksering og aminosyrekjemi.

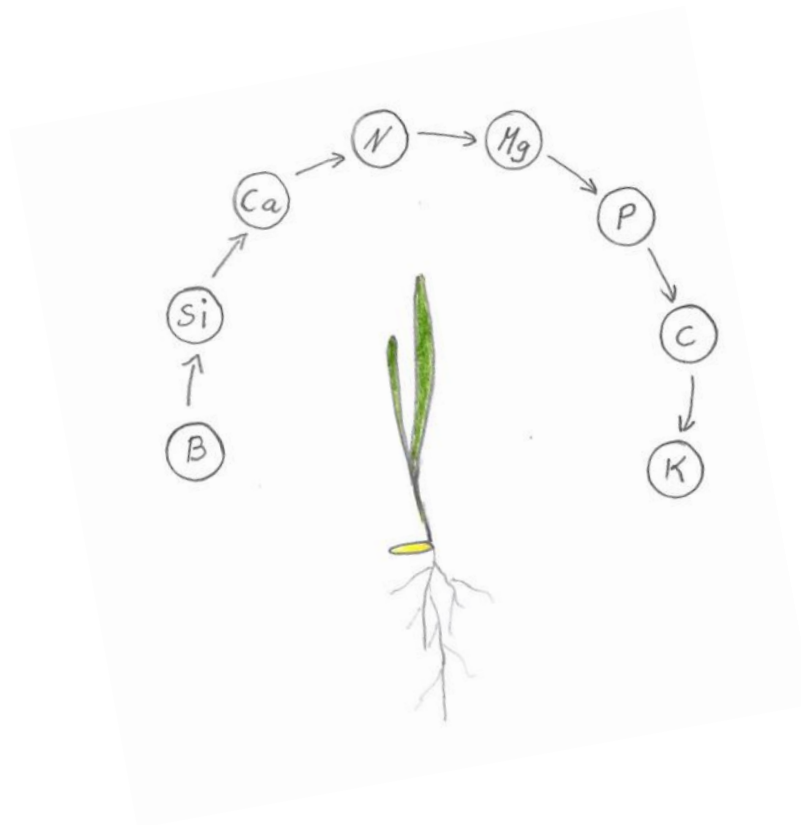
4. Nitrogen blir med på kalsiumtransporten, og det settes i gang produksjon av alle slags proteiner, enzymer og hormoner. Videre settes i gang svært komplekse prosesser med sporstoffer.

5. Magnesium. Fotosyntesen krever magnesium som dermed er den femte i den biokjemiske sekvensen. Magnesium kommer dermed foran de resterende mikronæringsstoffene

6. Fosfor sørger for at energien fra fotosyntesen overføres til å produsere sukker fra CO₂ og vann. Dersom planten mangler fosfor, brenner klorofyllet opp og bladene får en vinrød farge.

7. Karbon. Så lenge det er nok fosfor, er karbon engasjert som karbondioksid. Energien overføres fra klorofyll via fosfor for å kombinere karbondioksid med vann, lage sukker og frigjøre oksygen.

8. **Kalium.** På dette tidspunktet passerer glukosen inn i plantens saftstrøm hvor kalium opptre som elektrolytt og guider sukkeret dit det trengs mest..



Litteratur:

- HUGH LOVEL: THE BIOCHEMICAL SEQUENCE
<https://quantumagriculture.com/2016/04/27/hughs-best-article-ever-on-biochemical-sequence-and-plant-growth/>

1.15. Virkningen til lettløselig næring på mikroorganismene*

Nitrogen

Tilførsel av mye lettløselig nitrogengjødsel viser seg å tære på jordas karbonlager.

Mikroorganismer som skal omdanne nitrogen, er avhengig av et bestemt C/N-forhold for å ha en fullverdig diett. Når gjødsla mangler energi, C, tærer en på karbonet i jorda og moldinnholdet går ned.

Lettløselig nitrogengjødsel (kunstgjødsel) og ammoniakk har oksyderende virkning på jorda og kan virke ødeleggende på jordlivet.

Store mengder uorganisk N i jorda hemmer mikroorganismene i å gjøre jobben med biologisk nitrogenfiksering.

Mykorrhiza-soppene fikserer ikke nitrogen, men er likevel en viktig del av N-forsyningen. Soppen er transportvei for flytende karbon fra plantene og sender organisk bundet nitrogen tilbake.

Når lettløselig N tilføres, hemmes karbonstrømmen til de N-fikserende organismene. Når jordlivet ikke får nok mat og energi, får plantene dårligere tilgang på mineraler, vitaminer og hormoner. Plantene blir svekket og får lavere næringsverdi. Planteveksten over jorda kan se normal ut, mens jordstrukturen etter hvert brytes ned.

Sukkerinnholdet i plantesafta kan enkelt måles med et refraktometer (Brix-verdi). Dette er et godt mål på fotosynteseaktiviteten.

Nitrogenet kan tas opp i plantene både som NH_4^+ (ammonium) og som NO_3^- (nitrat). Ammonium kan bindes til negativt ladede leirmineraler, mens nitrat er oppløst i jordvæska og vaskes lett ut.

Plantene fordøyer nitrogen på ulikt vis. Opptak av nitrogen i form av aminosyrer bidrar med energi til plantene. Når derimot nitrat skal opptas, bruker plantene både energi og vann til fordøyelsen.

I plantene tas nitrat passivt opp gjennom vannstrømmen, mens ammonium tas aktivt opp. Nitrat er et salt og kan ha giftvirkning på plantene. Cellene suger mye vann og svulmer opp. Plantene kan ikke skille ut nitrat. Det er en stor metabolsk påkjenning for planten å fordøye mye nitrat. Hvis nitratinholdet er over 55%, kommer bladlusa. Bladlusa kan derimot ikke fordøye ammonium eller aminosyrer. Det samme gjelder for snegler.

Fosfor

Når ei plante får tilgang til lettløselig fosfor i starten av vekstsesongen, fjernes behovet for et symbiotisk forhold mellom planterøtter og mykorrhiza -soppen. Lettløselig fosfor opptrer som et anion i jordvæska og vaskes lett ut. Resultatet kan da bli at planten kommer i manko på fosfor seinere i sesongen når det ikke er mer P i jordvæska.

Litteratur:

- DR. CHRISTINE JONES. NITROGEN – DET TVEEGGA SVERDET. ARTIKKEL I FAGBLADET ØKOLOGISK LANDBRUK 12.12.2016.

1.16 Ugras

I nyere agronomi tenker man annerledes om ugras enn man tradisjonelt har gjort. Man forsøker nå å forstå hvorfor det aktuelle ugraset vokser der det gjør, og hvilken rolle det har. De fleste ugrasartene er pionerplanter (jfr. suksesjoner side 14) og prøver å reparere en ubalanse i jorda. I stedet for å bekjempe ugraset, prøver vi å hjelpe det med å reparere jorda og dermed gjøre det overflødig. Når vi setter oss inn i ugrasenes voksemønster, forstår vi at de er viktige indikatorplanter.

Mye frøugras er ofte et tegn på at kalsium er vanskelig tilgjengelig for kulturplantene. Dette skjer når jorda har mistet evne til å puste. Mange ugras har evnen til å skille ut stoffer som løser opp kalsium. Meldestokk, balderbrå og linbendel er eksempler på dette. De får en spiringsimpuls når kalsiumtilgjengeligheten er dårlig.

Rotugras viser seg å slå til der det er langvarig mangel på jordmikrobiologi. Særlig utsatt er pakket jord med kantete aggregater og platestruktur. Mikrobielle eller mineralske tiltak som fremmer jordbiologien, viser seg å gi mindre rotugras.

Tabellen nedenfor viser hva noen vanlige ugras «forteller oss» og beskriver aktuelle tiltak.

Ugras	Indikasjon	Tiltak
Meldestokk	Kalsium kan være fortrent av kalium. Meldestokken har sukkerrike roteksudater som frigjør kalsium. Dette stimulerer jordåndinga.	Toppdressing ved såing med kalsium og bor. Vent med kalium til busking. Spre husdyrgjødsel kun i voksende bestand.
Balderbrå	Jordpakking i overflata. Dette reduserer Ca-tilgjengeligheten. Balderbrå gjør Ca og S tilgjengelig igjen.	Allsidig forgrøde. Flatekompostering m/ferment. Unngå jordpakking ved såing. Tromle først ved busking. Toppdressing med Ca, S og B.
Kveke	Kan skyldes overløsning av jorda med påfølgende pakking. Si- og Ca- mangel hos kulturplantene.	God tilgang på Ca, S, Si og B. Artsrik underkultur. Tilfør soppbologi (eks kompost m/sopp). Flatekompostering.
Åkertistel	Nedpløyd organisk materiale. Mye nitrat i jorda. Jordpakking.	Undergrunnsløsning med ferment. Så artsrike, vintergrønne fangvekster.
Høymol	Pakking. Ca-mangel eller fortrenkning. Kan skyldes for mye K eller Mg. Oksalsyre fra rota bryter pakkesåler og løfter opp næring fra dybden.	Utbalanser forholdet mellom Ca, Mg og K. Jordløsning m/ferment. Beitelufter kombinert med Ca- og B-tilførsel.



Mye balderbrå indikerer dårlig tilgang på kalsium og svovel som følge av skorpedanning på overflata. Jorda puster ikke.

Litteratur:

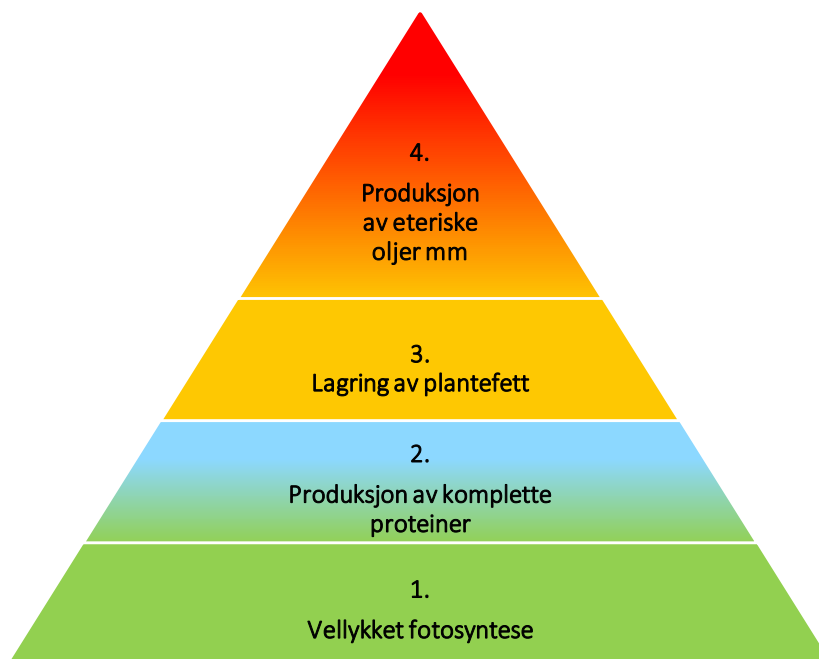
- EHRENFRIED E. PFEIFFER. 2012. WEEDS AND WHAT THEY TELL US. FLORIS BOOKS. UK.
- VIBHODA HOLTEN. 2021. «UGRASET» - HVA SIER DET OSS? LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENTER, BUSKERUD. 422 – 427.

1.17. Soppsjukdommer og skadedyr

Sjukdommer og skadedyr er en del av naturens renovasjonsvesen som sørger for å bli kvitt svake planter. Når ei plante er fullstendig frisk, er det svært vanskelig for en sjukdom å angripe den. Insekter fatter heller ikke interesse for den. Forklaringen er at ei frisk plante omdanner sukkerproduksjonen raskt til komplekse stivelsesforbindelser og lignin. Dette er stoff som sopper og insekter ikke kan bruke. De kan bare nyttiggjøre seg av enkle sukkerarter og nitrat-nitrogen.

Videre vil nitrat-N som blir tatt opp av ei sunn plante, raskt bli omdannet til aminosyrer og protein. Ei svekka plante vil ha et høyt innhold av nitrat i bladene. Dette er ettertraktet mat for insekter. De vil oppdage det, lande på planten og forsyne seg av den.

Planenes motstandskraft (immunsystem) kan være på flere nivå. Den amerikanske rådgiveren John Kempf har lansert plantehelsepyramiden som illustrerer dette:



Nivå 1 og 2 er passiv immunitet basert på balansert kjemi.

Nivå 3 og 4 er aktiv immunitet basert på livskraftig biologi.

Litteratur:

- JOHN KEMPF. PLANTEHELSEPYRAMIDEN.
<https://www.advancingecoag.com/plant-health-pyramid>

1.18. Plantevernmidler

De mange midlene mot ugras, sopp og skadedyr har ulik innvirkning på jordhelsen. Det fører for langt å gi en systematisk oversikt her. I stedet har vi konsentrert oss om å beskrive ugrasmiddelet glyfosat som er verdens mest brukte herbicid. Det viser seg å ha effekter på jorda og jordlivet som vi tidligere ikke har vært klar over.

I 1961 ble glyfosat patentert i USA som et avkalkings- og kelaterende middel til bruk i vannrør og varmtvannsbereidere.

I 1970 oppdaget en forsker ved Monsanto Company at glyfosat hadde god effekt som ugrasmiddel, og firmaet hadde patent på framstilling til dette bruk fram til år 2000. Middelet blokkerer produksjonen av tryptofan i planter og mikrober. Det ble i starten vurdert som lite akutt giftig for folk og dyr. Unntaket var vannlevende organismer. Det ble hevdet å ha rask nedbryting i naturen. I Norge er det mye brukt til å bekjempe kveke.

Eter 40 – 50 års bruk, har det etter hvert blitt dokumentert at herbicidet nok ikke er så harmløst som først antatt. Professor emeritus Don Huber hevder at glyfosat er lite akutt giftig, men ekstremt kronisk giftig.

Virkning i jord. Under nedbrytingen av glyfosat dannes mellomproduktet aminometylfosfosyre (AMPA). Dette kan ha nokså lang nedbrytingstid. Både Glyfosat og AMPA har sterk evne til å kelatere (binde sterkt) enkelte mikronæringsstoffer f.eks. mangan. Ofte ser vi at manganopptaket i plantene blir blokkert.

Videre viser det seg at herbicidet har en selektiv virkning på mikrolivet i jorda. Eksempelvis risikerer man å slå ut mye av pseudomonas-bakteriene. Dette kan resultere i at jordbiologien kommer i ubalanse og vi kan få oppblomstring av patogene organismer (eks. fusarium-sopp).

I kroppen til folk og dyr er det mye som tyder på at glyfosat virker negativ på tarmfloraen. Det er for tiden stor diskusjon at glyfosatbruk kan medvirke til sykdommer som astma, Alzheimer og kreft.

Tryptofan er en essensiell aminosyre som vi er avhengig av å få tilført gjennom kosten. Glyfosat blokkerer syntesen av tryptofan i planter og mikrober.

Glyfosat sin kelaterende effekt antas å føre til lavere innhold av mineraler i maten som produseres.

Litteratur:

- PROF. ROBERT J. KREMER/JOHN KEMPF. 2021 QUALITY AGRICULTURE USA VOL.1 s. 63 – 81.
- PROF. EM. DON HUBER/JOHN KEMPF. 2020. SUPPRESSING DISEASE FOR FUTURE CROPS. QUALITY AGRICULTURE. USA, 21 – 46.
- <https://funksjonellmedisin.no/2020/11/plantevernmiddelet-glyfosat-kan-pavirke-tarmmikrobiotaen-viser-ny-studie/>

Del 2. Verktøy og teknikker

2.1. Spadeprøve

En vanlig spade ett av de viktigste redskapene for en gårdbruker. Ved å ta et spadestikk i jorda, kan vi på en enkel måte skaffe oss mye nyttig informasjon om jordhelsen på stedet. Her er noen eksempler på hva vi enkelt kan undersøke:

Jordfasthet. Antall tramp for å få ned spaden er en god indikator på hvor pakket jorda er. Ett til to tramp er et godt resultat.

Lukt. God jordlukt tyder på ei god jordhelse. Den spesielle jordlukta kommer av noen jordorganismer som kalles actinomyceter. Er det derimot sur lukt, tyder det på ei for tett jord med manglende gassutveksling.

Struktur. Fine, avrundede og løse aggregater er et godt tegn.

Rotutvikling. Dersom plantene har «rotpels» viser det at mikrobiologien er aktiv i overgangen mellom rothår og jord.

Saltsyretest. Ved å dryppe en løsning med 15% saltsyre (HCl) på jorda, kan vi sjekke kalsiumtilgjengeligheten. Når saltsyre kommer i kontakt med kalsiumkarbonat, vil den reagere. Dersom det er tilgjengelig kalsium for plantene, vil vi se at syredråpen begynner å bruse når den får kontakt med jorda.

2.2. Penetrometer

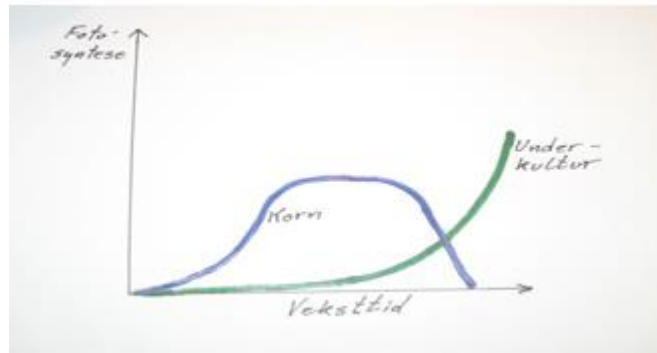
Dette er et enkelt redskap som vi presser ned i bakken for å observere jordfastheten og pakkingssjikt. Et penetrometer kan vi enkelt å lage selv av 10 mm rundjern. I handelen fins også mer avansert utstyr der jordmotstanden vises på en skala



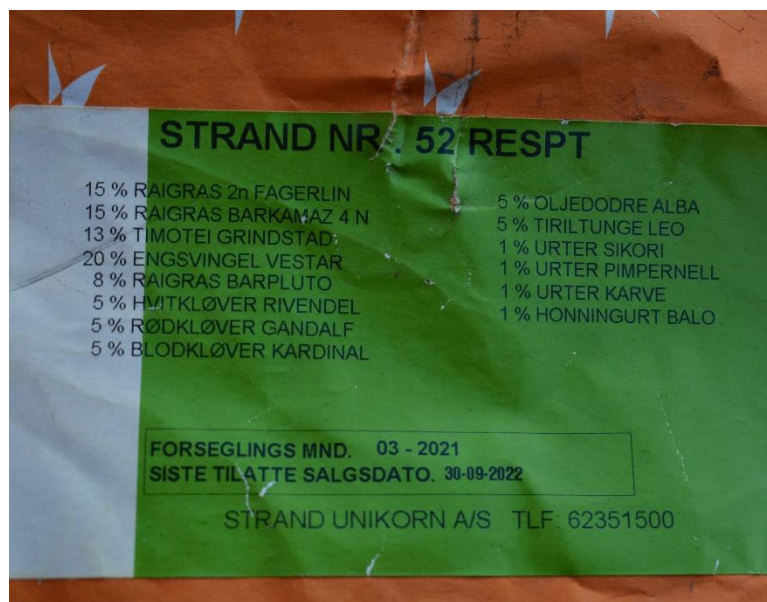
2.3. Underkultur

Når ei kornplante skyter, avtar produksjonen av roteksudater. Dette reduserer mattilgangen for mikroorganismene i jorda. Når den samme åkeren seinere mister grønnfargen, stopper fotosyntesen helt, og det samme gjør mattilførselen til mikrolivet. Resultatet blir at sesongen for fotosyntese og CO₂-fangst avkortes med 1 – 2 måneder i forhold til full veksttid. Videre sultefores mikrolivet utover høsten, og den viktige mykorrhiza-soppen blir satt sterkt tilbake.

Underkultur er et viktig verktøy for å bøte på dette. Når kornplantene begynner å modne, overtar underkulturen jobben med å mate mikrolivet. Etter at kornet er tresket, utvikler underkulturen seg og vil fortsette å fange CO₂ og produsere sukker så lenge det er vekstforhold før vinteren.



Hver planteart stimulerer sin spesifikke mikroflora i jorda. En artsrik underkultur bidrar til å øke det biologiske mangfoldet og gjøre økosystemet mer robust. Jo flere arter og plantefamilier vi blander inn, jo bedre blir resultatet.



Eksempel på allsidig frøblanding til underkultur.

Soppen i jorda er viktig for å bygge humus. Det viser seg at soppen er avhengig av enfrøblada planter (grasarter) for å utvikle seg godt. Videre trenger soppen tid og kontinuitet for å etablere seg. En allsidig underkultur inkludert grasarter som overlever vinteren er slik sett et viktig tiltak (grøn bru).

Såing

For å unngå at underkulturen blir for dominerende i kornåkeren, anbefales å utsette såtida av underveksten. Dette gjelder særlig for lysåpne kornslag som vårhvete og toradsbygg. I høstkorn bør underkulturen såes inn så tidlig som mulig om våren.

Det er god erfaring med å holde seg til laveste anbefalte såmengde. (f.eks. 0,6 kg)

Etter tresking

Etter at kornet er tresket, har man flere muligheter.

- Underkulturen vokser ei tid før den avsluttes. Deretter såes høstkorn.
- Underkulturen blir stående urørt gjennom vinteren. Om våren avsluttes den med f.eks. ei flatekompostering eller fortsetter som kortvarig eng.
- Beiting høst og/eller vår. Gjødning fra drøvtyggere stimulerer mikrolivet i jorda og humusdannelse.

Litteratur:

- <https://vitalanalyse.no/underkultur-viktig-verktoy/>

2.4. Grønngjødsling

Grønngjødsling vil si å bruke plantemateriale som jordforbedring og som gjødsel. Dette kan gjøres på forskjellige måter:

- Som hovedkultur en hel vekstsesong. Hensikten er å bygge opp jordfruktbarhet og sanere ugras. Dette er særlig aktuelt i økologisk drift med ensidig planteproduksjon. Mekanisk jordløsning på forsommeren, i kombinasjon med etablering av allsidig grønngjødslingsblanding, er en god metode for å reparere pakket jord.
- Som forkultur i en kortere del av sesongen. Man kan ha grønngjødsel i forkant av f.eks. grønnsaker som såes/plantes i juni, eller før høstkulturer, f.eks. høstkorn.
- Som underkultur i korn for å hindre erosjon, fange CO₂, stimulere jordliv og bygge struktur. Se nærmere omtale side 41.
- Som etterkultur om høsten. Dette er aktuelt etter tidlig høsting av f.eks. poteter og grønnsaker.
- Grønngjødsel som jorddekke. Man høster da plantemassen fra et annet areal og legger det som et toppdekke f.eks. i en radkultur.

Vekster

Hvilke vekster man skal velge må tilpasses behovet og den aktuelle dyrkingsmåten.

Skal veksten overvintre, må man velge arter som tåler dette. Vil vi stimulere soppen i jorda, bør vi ha med grasarter som har mye roteksudater, f.eks. raigras. Er vi ute etter å løsne jorda i dypere lag, bør vi så planter med kraftig pålerot, f.eks. korsblomstra vekster. For å sikre nitrogenforsyninga, bør vi ha med belgvekster.

Generelt kan vi si at jo mer allsidig frøblanding er, jo bedre effekt har den på jorda.

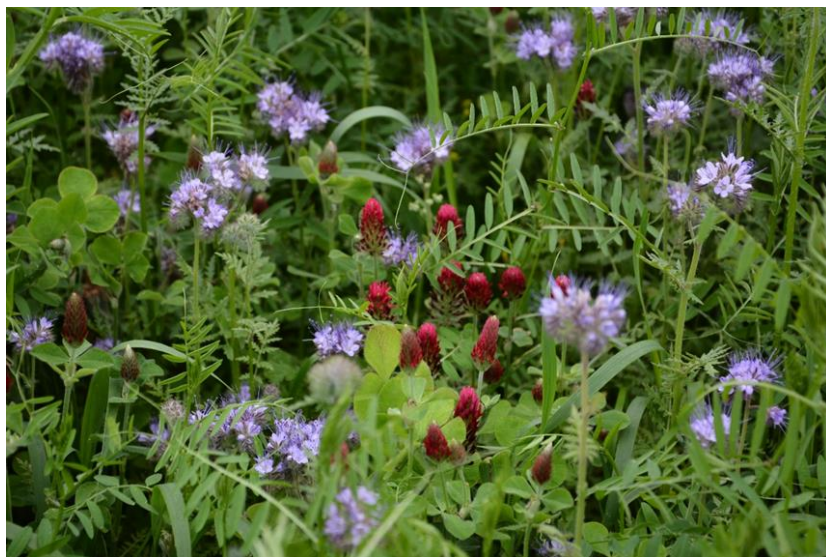
Når vi velger frøblandinger, må vi også ta hensyn til at noen arter er storvekster og kan dominere i et bestand. Det er da viktig å ha en lav nok andel av slike frø i blandingen.

Høsting/avslutning

En grønngjødsling kan høstes/avsluttes på flere måter.

- Beiting med storfe eller sau er en meget god måte å nyttiggjøre plantemassen på. Når planter fordøyes av en drøvtygger, starter en gunstig, humindannende prosess allerede i vomma. Når så gjødsla havner på bakken og eksponeres for sollys, fortsetter de gunstige prosessene og bidrar til å stimulere jordbiologien.
- Et annet godt alternativ er flatekompostering. Grønt plantemateriale har en aminosyresammensetning som gjør at det i utgangspunktet ikke er jord-kompatibelt. Flatekompostering er en aerob prosess der vi ved hjelp av melkesyrebakterier styrer nedbrytingen av det organiske materialet over i en oppbyggende (reduktiv) fase som bygger huminstoffer. Dermed unngår vi mineralisering og tap av næringsstoffer.

- Er plantemassen stor, bør den knuses med f.eks. en beitepusser like før man kjører fres, skumplog o.l..
- Flere gangers slått og la massen bli liggende oppå bakken. Dette er en teknikk som har vært vanlig der man bruker grasmark som grønngjødsling. Denne metoden stimulerer meitemarken, men tar ellers lite vare på næringsstoffene i bladmassen.
- Nedpløying har vært en vanlig måte å avslutte ei grønngjødsling. Pløying er effektivt for å hindre gjenvekst, men det medfører en del ulemper for jorda. Djup nedpløying gjør at plantemassen nedbrytes under anaerobe forhold. Vi får da en forråtnelse der næringsstoffene i plantemassen mineraliseres og har lett for å lekke ut i omgivelsene.



Grønngjødsling med pionerblanding: Honningurt, vintervikke, blodkløver og raigras.

Litteratur:

- NÄSER DIETMAR 2020. REGENERATIVE LANDWIRTSCHAFT. 45 – 55.

2.5. Kjemiske jordanalyser

Det er viktig å være klar over at kjemiske jordanalyser ikke gir noe komplett bilde av vekstbetingelsene til plantene. Planter som vokser i jord med perfekt balansert jordkjemie kan fortsatt være næringsmessig underernært dersom jordbiologien ikke fungerer. Videre ser vi at dersom jorda er i god biologisk vigør, kan plantene mestre/takle ubalanse i jordkjemien.

Standard jordanalyser

Justus von Liebig's minimumslov danner grunnlaget for den rådende tenking når det gjelder plantenes næringsforsyning. Det er her om å gjøre at mengden av de enkelte plantenæringsstoffene er oppe på et visst nivå. Videre er det fokus på hvilket næringsstoff som er den begrensede faktor for plantevekst.

Her i Norge er det mest brukt å ta kjemiske jordanalyser etter AL-metoden. Man benytter da en ammoniumacetatløsning til å finne ut hvor mye lettløselig P, K, Mg, Ca og Na det er i prøven.

Albrecht jordanalyser

Dette er en analysemetode som er oppkalt etter den amerikanske jordforskeren William A. Albrecht (1888 – 1974). Metoden er omstridt blant forskere og rådgivere. Mange avviser den, mens andre igjen mener den er interessant og et nyttig verktøy. Den blir også kalt *basemetningsanalyse*.

Metoden legger vekt på balansen mellom ulike næringsstoffer i jorda. Dette har betydning både for plantevekst, mikroliv og strukturdannende prosesser. I mange år analyserte Albrecht og hans medarbeidere naturlig, fruktbar jord som gav avlinger av høy kvalitet. De fant at jordas kjemi var svært lik i disse tilfellene.

Ut fra dette ble det laget anbefalinger om et optimalt kalsiumnivå på 60 – 70 % og magnesiumnivå på 10 – 20 % av kationbyttekapasiteten (CEC) i jorda. Videre lanserte de retningslinjer for innholdet av andre makro- og mikronæringsstoffer.

Dersom analysen viser ubalanse med hensyn til tilgang på næringsstoffer, er det vanlig å sette opp en plan over 2-3 år for å rette opp dette. Analyser her til lands viser at en del av leirjorda har et ugunstig forhold mellom kalsium og magnesium. Eksempelvis har vi en del marin leire i Østfold som er magnesiumovermettet.

Litteratur:

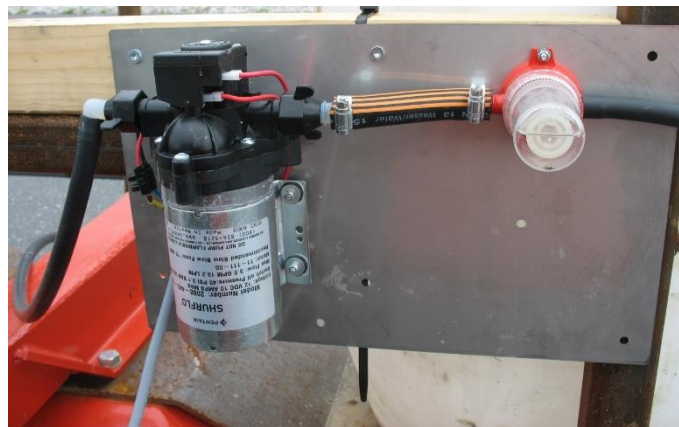
- HAUGERUD ØYSTEIN 2021. ALBRECHT JORDANALYSER. LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENER, BUSKERUD. 428 – 430.
- <https://www.agricology.co.uk/field/blog/base-cation-saturation-ratio-albrecht-soil-analysis-what-it-you>

2.6 Ferment

Bruk av ferment i landbruket er en relativt ny teknikk. Det kan brukes både som jordforbedring og til behandling av husdyrgjødsel.

Det var den japanske professoren Teruo Higa som på 1980-tallet oppdaget og viste hvordan mikroorganismer kunne få ny anvendelse i landbruket. Et ferment av melkesyrebakterier, fotosyntesebakterier og gjærsopp viser seg å ha mange nyttige effekter. Det er en antioksidant som brukt i jord styrer miljøet i reduktiv retning. Dette kan dreie de nedbrytende forråtnelsesprosessene over i en mer oppbyggende fase der det blir dannet huminstoffer.

Ferment har også positive effekter når det benyttes i husdyrgjødsel. I bløtgjødsel anbefales å tilsette 1 liter ferment pr kubikkmeter gjødsel. Dette vil stabilisere gjødsla i lagerkummen slik at en unngår forråtnelse. Dermed får man tatt bedre vare på energien og næringsstoffene i gjødsla, særlig N og S. Samtidig reduseres luktplagene.



Pumpe og filter til utsprøyting av ferment.



Brygging av ferment i utrangert melketank.

Litteratur:

- <http://envismadrasuniv.org/pdf/em.pdf>
- <https://vitalanalyse.no/bruk-av-ferment-i-landbruket-for-oekt-jordhelse/?lang=da>

2.7 Biokull

Biokull framstilles ved oppvarming og forgassing (pyrolyse) av tørt treverk. Sluttproduktet har en rekke gode egenskaper. Biokull er et svært bestandig materiale som virker både som en antioksidant og som lager for næringsstoffer. Det kan brukes både som et jordforbedringsmiddel og som tilsetning til husdyrgjødsel og kompost.

Biokull kan framstilles med enkle midler i småskala, eller med avansert maskineri i stor målestokk. I sin enkleste form kan man benytte et halvt oljefat i stål (ca. 100 liter). Dette fylles med finkløvd tørr lauvved som tennes på. Fatet må være tett i bunnen slik at det ikke kommer inn trekk der. Oppvarmingen vil drive ut brenngassene, og disse vil brenne av på toppen av fatet der det kommer oksygen til. Etter ei tid vil vedstykkene forkulle helt. Når det dannes grå aske på toppen, er det tid for å slukke. Dette gjøres ved å fylle opp karet nedenfra med vann. Når massen blir brått slukket og avkjølt på denne måten, skjer det en såkalt crunching inne i kullbitene. Da vil de ekspandere og få et stort innvendig overflateareal – ca. 500 kvm pr gram biokull.

Biokull er i utgangspunktet sterilt. Før bruk må det lades med mikroliv og/eller plantenæring for å gi god effekt som jordforbedrer. Dette kan vi oppnå ved å blande kull inn i kompost eller i gylle.



Biokull. Demo av low-tech produksjon.



Biokull som er ferdig crunchet.

Litteratur: <https://www.renmat.no/artikler/2019/hva-er-biokull>

2.8 Undergrunnsløsning

Dette er en teknikk som er aktuell for å løsne opp kompakt jord i litt djupere lag, for eksempel en plogsåle. Metoden krever at jorda har plantedekke og er tilstrekkelig tørr og varm. Best tidspunkt er i en gras-underkultur/gjenlegg i august-september.

Metoden er beskrevet av Walter Witte og går ut på å åpne opp/løfte jorda ved hjelp av grubb eller lignende. Det dannes da vannrette sprekker der planterøtter kan bre seg ut og skape mer liv i jorda. Når luft suges ned i spalten, starter en gunstig mikrobiell prosess som produserer CO₂. Innsprøyting av ferment sikrer prosessen. Straks etter at jordløsneren er brukt, må jordoverflata lukkes slik at CO₂-gassen ikke lekker ut. Dette kan gjøres med ei lett harv eller en trommel. Gassen blir så omdannet og det dannes maursyre og huminstoffer. Denne metoden blir også kalt reduktiv jordarbeiding, fordi det er en mekanisk måte å oppnå de ønskede reduktive forholdene i jorda.

Redskap

For å få god virkning er det viktig at redskapet har riktig konstruksjon. Poenget er at jorda skal løfte forsiktig med minst mulig trekraft samtidig som jorda ikke skal vendes/blandes.

For at sprekkedannelsen skal bli best mulig, er det viktig at løsneren kjøres forholdsvis sakte – maks 5 km/t.

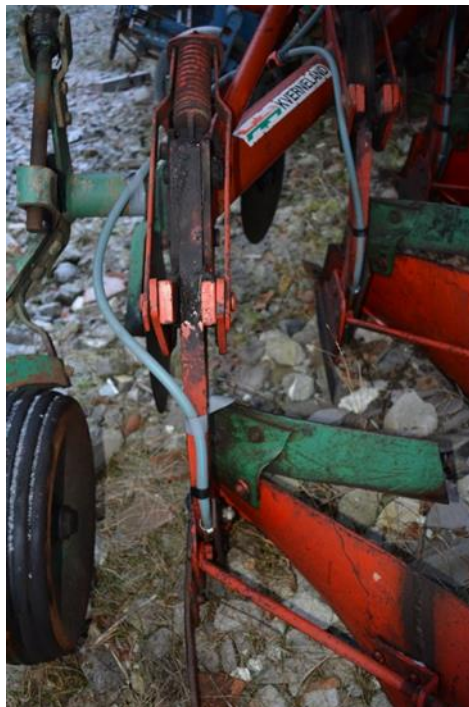
Ferment kan tilføres vsed hjelp av frontmontert tank, elektrisk pumpe og slanger/rør fram til dyser i bakkant av tindene. Væsketrykket må være under 2 bar for at mikroorganismene ikke skal ta skade. Anbefalt væskemengde: 10 – 20 liter pr dekar.



Undergrunnsløsner.



Dybedeløsning med grubb og ferment.



Tilførsel av ferment på plogsåle.

Litteratur:

- NÄSER DIETMAR 2020. REGENERATIVE LANDWIRTSCHFT. 34 – 44.

2.9 Kompostering

Ordet kompost (latin) betyr sammensetning, sammensatt.

Kompostering kan defineres som biologiske metoder der organisk materiale blir omdannet til næringsrik jord og humus. Kompostering er en konstruktiv prosess

En god kompost viser seg å ha en gunstig virkning på jorda.

C/N-forholdet i organisk materiale

C/N-forholdet gjenspeiler hvor mange karbonatomer det er i forhold til ett nitrogenatom.

Bakterier er nitrogenrike og trenger N-rikt materiale for å øke i antall. (C:N = 5 : 1). En del sopp trenger mer karbon for blant annet å lege stive cellevegger. (C : N = 20 : 1)

Materiale	C : N - forhold
Sagflis	150 – 500 : 1
Rughalm	80 : 1
Havrehalm	70 : 1
Furunåler	30 : 1
Høy	24 – 40 : 1
Kumøkk	18 : 1
Landbruksjord	8 – 14 : 1
Plenklypp	7 : 1

Tabell: Forholdet mellom karbon og nitrogen i ulike materialer.

To eksempler på omdanning:

- Fersk sagflis (C : N = 500 : 1) Her går nedbrytingen svært sakte. Mikroorganismene er avhengige av å «stjele» nitrogen fra omgivelsene for å fordøye flisa.
- Grønt kløvergras (C : N = 10 : 1). Her blir det frigitt nitrogen i form av ammoniakk (NH₃). Resultat blir at materialet lekker nitrogen til omgivelsene.

Varmkompost etter CMC- metoden (Controlled Microbial Composting)

Ideell sammensetning av varmkompost:

- 30 – 40 volum % strukturmateriale (høy, halm, flis)
- 30 – 40 % ferskt materiale (graskutt, silo, grønnsakavfall)
- 10 % leirholdig jord
- 10 – 15 % god kompost

C/N- forholdet skal være rundt 30 : 1.

Råvarene legges lagvis i en ranke. Denne vendes helst hver dag de første 14 dagene. Til dette kan man benytte kompostvender, frontlaster m/steinsvans o.l. Temperaturen skal opp i minst 50 – 60° C i minst tre dager for å knekke ugrasfrø og sykdomssmitte. Unngå temperatur over 60° C, da kreperer nyttige sykdomsorganismer. Selve komposteringen er ferdig etter 6 – 8 uker.

Umoden kompost kan virke spirehemmende. Ranken bør derfor ligge og ettermodne i ytterligere 6 uker før den spres på jordet. Ta gjerne en spiretest før komposten kjøres ut. Det kan gjøres ved å strø ut f.eks. karsefrø på komposten. Dersom de spirer, er prosessen ferdig.



Kompostvender i arbeid.

Komposten kan vi med fordel spre ganske tynt, 0,5 – 1 tonn pr dekar og gjerne i underkultur i september. Det er huminstoffene og mikrobiologien vi først og fremst er ute etter, og ikke nødvendigvis næringselementene i komposten.

Litteratur:

- HAUGERUD ØYSTEIN 2021. KUNSTEN Å LAGE GOD KOMPOST. ARTIKKEL I LEVENDE MATJORD. EN BOK OM LIVET I JORDA. GRØNT FAGSENTER. BUSKERUD. 132 – 321.



Stor varmeutvikling i massen.



Kompostranke.

Reduktiv kompostering / MC-kompost (Mikrobiell karbonisering)

Dette er en komposteringsteknikk utviklet av Walter Witte. Metoden går ut på å anlegge en kompoststakk der omdanningen skjer uten at massen vendes/luftes. Den skal heller ikke tildekkes. MC-kompost kan anlegges uten kostbart spesialutstyr. Man kommer langt med traktor med lesseapparat og en tørrgjødselspreder.

Omdanningen som skjer, er mer en fermentering enn det en vanligvis forbinder med tradisjonelle kompostmetoder. Mye av omdanningen skjer i gassfase. Metoden antas å være meget effektiv for produksjon av huminstoff. Den går ut på å omdanne organisk materiale til huminstoffer i stedet for å lekke ut i atmosfæren som CO₂.

Oppskrift

1. Utgangsmateriale: 1/3 proteinrikt + 2/3 ligninholdig ved ca. 30 – 50 % fuktighet.
Proteinrikt: fersk husdyrgjødsel, fersk grønnmasse eller fersk grønn treflis (helst lauvtre)
Ligninholdig: hvete- eller bygghalm, tørket eller fersk treflis (helst lauvtre)
Preparat: ferment, kompostpreparat o.l.
Ca 10 % leirmineral eller steinstøv.
2. Bland godt: (f.eks. med tørrgjødselspreder eller kompostvender).
3. Sett opp trapesformet stakk, 1 – 3 meter høy og med jevn, fast overflate. (En trekantformet stakk tørker ut pga. skorsteinseffekten).
4. Dekk overflaten med en hud av bløtgjødsel eller jord.
5. La stakken ligge i ro i minst 6 – 8 uker.
Kontroller temperaturen. Ca 35 – 55° C er normalt.
Er den for varm: vanning og/eller trykk fastere.
Hvis kompoststakken ikke går i gang, bland på nytt med mer N-holdig materiale og sett opp.



MC-kompost hos Runar Sørli i Skjeberg 2021.

Nærmere om prosessen som skjer i stakken

En stor del av omdanningen skjer i gassfase. Treflis skaffer hulrom. Huden ytterst er viktig for å holde på gassene. Videre skal stakken utsettes for direkte sollys. Da vil fotoautotrofe cyanobakterier (= blågrønnalger) etablere seg. Dette ser vi ved at overflata blir grønn. Disse bakteriene er viktige for prosessen som skjer inni stakken. Disse algene danner hydrogenase, et enzym som kan spalte vann til H_2 og O_2 . Videre utfører algene fotosyntese, dvs. de binder CO_2 . I stakken reduseres denne gassen med H_2 til $H-COOH$ (maursyre). Maursyra kobles sammen til huminstoffer – fulvosyre og fremmer fruktbarheten.

Innblanding av leirmineral er nyttig for mikrobiologien. Den liker å starte på en mineralpartikkel når den skal bygge opp humuskolloid.

Ferdig kompost bør spres i små mengder (inntil 1 tonn/dekar) oppå jorda i voksende grøde. Det ideelle er å spre den om høsten. Hovedhensikten er poding av jorda med mikrobiologi samt gjødsling med karbon (energi).



Demo-stakk av MC- kompost på Kalnes 2021.

Litteratur:

- <https://www.agropub.no/publikasjoner/mer-karbon-igjen-i-komposten-mikrobiell-karbonisering>

Flatekompostering

Dette er en metode som brukes for å få til en aerob omdanning av grønt plantemateriale. I stedet for forråtnelse og mineralisering, ønsker en å styre omdanningen slik at en kommer over i en mer oppbyggende mikrobiell prosess som bygger humus. Bruk av ferment viser seg å ha en gunstig effekt på denne prosessen – iallfall de første årene.

Metoden er mest aktuell for å gå over fra én hovedkultur til den neste. Den går ut på å bearbeide jorda ganske grunt (3-4 cm) for å skjære av vekstpunktene til plantene og blande plantematerialet med litt jord. Til dette er det mest vanlig å bruke fres, men også skumplog, skålharv o.a. kan brukes.

Jord og plantevekst

Jorda må være laglig for at flatekomposteringen skal bli vellykket. Det vil si at jorda må være passe tørr og jordtemperaturen minst 6 grader i 5 cm dybde

Det må videre være tilstrekkelig med friske karbohydrater i grøden som skal komposteres. Er grønnmassen stor, bør den kuttes med beitepusser e.lign. i samme operasjon.

Redskap

Fres med L-formede kniver er aktuelt og effektivt i jord som ikke har for mye stein. Velegnet på leirjord. For å få til eksakt arbeidsdybde på 2-3 cm, er det viktig med dybdehjul på fresen.

Ved første gangs kjøring anbefales høyt turtall på knivene. Videre skal bakklaffen stå helt åpent for at plantedeler skal havne øverst på jorda etter fresen.

For å sikre en god og hurtig flatekompostering, kan prosessen påskyndes ved å sprøyte ut et egnet preparat – f.eks. 10 - 15 liter ferment pr dekar. Sprøytebom foran på traktoren anbefales. Dette gir mindre korrosjon enn om man har dyser montert direkte på fresen.



Demonstrasjon av flatekompostering på Bygdøy kongsgård.

Skumplog (Ecomat o.lign.) er redskap som passer godt på sandjord, men er mindre egnet på tung leire. Plogen stilles grunt (8 – 12 cm dybde) og slik at velta danner en krumming med et luftfylt hulrom under pløgsla. Det er viktig at pløgsla er tett slik at CO₂ som produseres ikke lekker ut.

Videre arbeid

Etter bearbeiding skal jorda ligge i ro i 5 – 14 dager for at prosessen skal virke.

Etter fresing kan man så direkte i jorda slik den ligger, eller frese/harve én gang til for å få det nødvendige såbed. Bruker man fres, bør turtallet på denne reduseres og bakklaffen legges ned.

Etter skumpløying bør man unngå ytterligere jordarbeiding – dette går i så fall ut over jordstrukturen.

Det anbefales å vente med tromling til kornet har nådd buskingsstadiet. Jorda er da bedre gjennomvevd av røtter og tåler mer. Tromling på dette stadiet stimulerer buskingen.



Flatekompostering av eldre eng på Kalnes.

Litteratur:

- NÄSER DIETMAR. REGENERATIVE LANDWIRTSCHAFT. 56 – 73.
- <https://vitalanalyse.no/flatekompostering-effektiv-metode-til-humusbygging/>

2.10 Plantevitalisering/bladgjødsling

For å øke plantenes fotosyntese og trivsel, kan vi oppnå god effekt å tilføre næringsstoffer og andre plantestimulanter på bladverket. Særs viktig er det at plantene får en god start allerede fra spiring. Det er mange ulike komponenter som kan brukes. Det er viktig å gjøre det enkelt i starten. For eksempel kan man i til å begynne med bruke kun mineralske ingredienser.

Her er en enkel oppskrift på vitalisering i vårkorn:

1. vitalisering på 2-3-bladstadiet. 0,2 kg finmalt sprøytekalk + 0,5 kg melasse i 15-20 liter vann pr dekar.
2. vitalisering etter busking. Magnesiumsulfat + Natriumborat + Mangansulfat.

For å få god effekt, bør bladsprøytingen skje på kveldstid når plantene ikke utsettes for direkte sollys.

Det er viktig å bruke rent vann til bladgjødsling. Er vannet eksempelvis for hardt, vil næringsløsningen binde seg til kalken slik at effekten svekkes. Helst bør vannet ha en hardhet under 70 ppm. (mg/l). Regnvann er velegnet til dette bruk.

Litteratur:

- JOHN KEMPF. 2020. FOLIAR FEEDING OF PLANT NUTRIENTS.
<https://johnkempf.com/foliar-feeding-of-plant-nutrients/>
- Dietmar. Näser 2020. Regenerative Landwirtschaft. 98 – 127
- <https://vitalanalyse.no/jordhelse-i-bedring/>

2.11 Oppsummering

Er det mulig å få til ei jord som gir god avling og samtidig tilføre minimalt med næring? Dette er et stort spørsmål som krever et omfattende svar. Nøkkelen er å skape ei så sunn jord at plantene kan utvikle et stort og djupt rotsystem og dermed trekke ut de næringsstoffene de trenger. Det er et stort hav av næring tilgjengelig. Mykorrhiza-sopp hjelper godt til med å utvide denne rotsonen.

Det er en rekke tiltak som kan gjøres som er med på å bygge opp ei sunn jord. Samtidig er det viktig å være klar over at det er fort gjort å påvirke i negativ retning.

Utvikling i ønsket retning kan være en lang prosess. Det er mye nytt å sette seg inn i, og det finnes ingen kvikk-fiks. Det er derfor viktig å sette seg realistiske mål. For eksempel at i løpet av 5 år skal vi se gode forbedringer både agronomisk og økonomisk. Det kan lønne seg å se på dette som en langsiktig investering i jordbanken. Da er det lettere å akseptere merarbeid og merkostnader i starten. Som en ekstragevinst opplever mange at agronomien blir mye mer spennende og inspirerende enn tidligere..

Nærende tiltak

Her er ei liste med tiltak som er med på å bygge opp jordhelsa:

Jord og jordarbeiding

- Ta spadeprøver og bli kjent med jorda.
- Forstyr soppen i jorda minst mulig. Pløy grunt (10 – 15 cm) dersom man må pløye.
- Tilfør gunstig soppbiologi og andre mikroorganismer. (Kompost, granulater).
- Jordarbeiding når jorda er laglig. Minimum 6°C i 10 cm dybde.
- Undergrunnsløsning – gjerne med ferment.

Plantenæring

- Ta basemetnings-analyser og utbalanser næringsstoffene i jorda.
- Behandle husdyrgjødsel for å stabilisere den (kompostering, ferment, biokull).
- Spre husdyrgjødsel/kompost oppå bakken og i voksende grøde. Gjerne sensommeren – august/september.
- Flatekompostering av grønt plantemateriale.
- Toppdressing med S, B og Ca ved såing.
- Bruk bladsaftanalyser for å sjekke ernæringsstatus.
- Ta i bruk bladgjødsling for å speede opp fotosyntesen. Dette gir mer roteksudater som igjen stimulerer mikrolivet i jorda.

Plantevekst

- Mest mulig allsidig plantesammensetning – biodiversitet.
- Gi plantene optimale forhold i ungdomsfasen. Bladgjødsling.
- Sørg for fotosyntese hele vekstsesongen. Eksempel underkultur i korn.
- Grønn bru over vinteren med både enfrøblada og tofrøblada vekster.

Tærende tiltak

Dette er faktorer som virker i negativ retning og er med på å forringe jordhelsen.

Jord og jordarbeiding

- Jordpakking med tunge maskiner.
- Jordarbeiding på kald jord.
- Jordarbeiding på rå jord.
- Høstpløying og svart jord gjennom vinteren.
- Brakking uten plantedekke (lenger enn 2 uker).
- Hyppig og intensiv jordarbeiding (gir oksidative forhold).

Plantenæring

- Bruk av plantevernmidler som hemmer næringsopptak i plantene og skaper ubalanse hos mikrolivet i jorda.
- Bruk av lettløselig N- og P-gjødsel.
- Nedmolding av husdyrgjødsel (fører til mineralisering.)

Plantevekst

- Beising av såfrø.
- Ingen underkultur i korn.

Hvor skal vi starte?

Med all den nye kunnskapen som har kommet om jord og jordliv, må vi erkjenne at god agronomi er mye mer avansert og kunnskapskrevende enn vi tidligere har forestilt oss. Man kan bli rent overveldet av de kompliserte prosessene og alle nye tiltak. Her er det viktig å starte i den rette enden og høste de lavthengende fruktene først.

Vi må ikke forstrekke oss og ha ambisjoner om å kunne gjøre alt riktig på én gang. Da kan vi lett gå på en smell. Vi må heller se på dette som en svært interessant prosess der både agronomen og jorda trenger tid og erfaring for å omstille seg. Som rådgiver Martin Beck pleier å si det: «Framskritt framfor perfektjon».

Her er forslag til 10 tiltak som kan være praktisk å gjennomføre de tre første årene:

1. Grønt dekke hele vekstsesongen. Underkultur i korn.
2. Biodiversitet der dette er praktisk. Flere arter/sorter samtidig.
3. Grønn bru gjennom vinteren.
4. Kutt ut sprøytemidler som skader jordliv og næringsopptak.
5. Reduser eventuell lettløselig N- og P-gjødsel.
6. Reduser jordarbeidinga – eventuelt flatekompostering.
7. Toppdressing med Ca, S og B ved såing av vårkorn.
8. Husdyrgjødsel behandles før utkjøring og spres oppå bakken og i voksende grøde.
9. Utbalansering av jordkjemien.
10. Undergrunsløsning med ferment.

6