

Landbrug, anvendt biologi og kemi

Uanset om landbruget drives økologisk, dvs. uden brug af pesticider, kunstgødning og gensplejsede afgrøder, eller konventionelt med alt den nyeste teknologi, så er og bliver landbrug en menneskelig aktivitet, der ødelægger den oprindelige natur og lægger landet øde med plov og harve. I det tyvende århundrede revolutionerede kemiske hjælpemidler og planteforædling landbruget, og store dele af verden, som tidligere var hærget af hungersnød, blev selvforsynende med fødevarer. På verdensplan skal vi inden for de næste 40-50 år udvikle et landbrug, som kan brødføde ca. 10 milliarder mennesker. Det gælder derfor om at øge produktionen yderligere på den allerede eksisterende landbrugsjord ved hjælp af moderne teknologi, så vi kan undgå at opdyrke nyt land og dermed tabe uerstattelige naturværdier.

*Af Jens C. Streibig, professor ved Institut for Jordbrugsvidenskab,
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole*

Indledning	1
Forudsætninger for det moderne landbrug	2
Pesticider	2
Kunstgødning	4
Det moderne landbrug	5
Den grønne revolution	5
Fremtidens fødevarerforsyning	5
Det moderne landbrug og miljøet	6
Dansk landbrug og den globale fødevarerforsyning ...	7
Litteraturliste	8

Indledning

Hvem har ikke hørt om lurpaksmør, danske oste og dansk bacon, som gjorde Danmark berømt, og som kunne sælges alle steder til overpris? Fra at være et erhverv omgærdet med pastoral romantik, med køerne på kløverfyldte marker, grisene med krølle på halen, sande danske værdier og bølgende kornmarker, har dansk landbrug været ude for en social deroute, som savner sidestykke i den danske selvforståelse. Omkring 1960 var ca. 10 procent af befolkningen beskæftiget med at dyrke jorden, mens der i dag er ca. 3 procent. Denne enorme afvandring fra land til by inden for godt 50 år har medført, at fødevarerproduktion fra at være forstået af de mange, nu kun er forstået af de få.



Romantik på landet. Foto: Henny Rasmussen

På rationaliseringens og produktivitetens alter ofrede man i løbet af godt et halvt århundrede den danske „bondeidyl“. Vi har i dag et højteknologisk landbrug, der kan brødføde mellem 15 og 20 mio. mennesker; et erhverv, der ifølge brede kredse i befolkningen ikke benytter sig af økologi, og hvis produktionsformer sviner miljøet til med pesticider og kunstgødning og leverer dårlige produkter.

Hvad er der gået galt? Tænk landbruget virkelig ikke på miljøet, eller er det befolkningen, der fuldstændig har mistet jordforbindelsen med, hvad det vil sige at dyrke jorden med så få „ansatte“? Problemet i dette skisma ligger som sædvanlig et sted midt imellem. Landbruget har op gennem halvferdserne og firserne forceret produktionen, fordi forbrugeren ønskede gode og især billige fødevarer, og fordi EU styrede udviklingen med den fælles landbrugs politik. Det moderne landbrug bliver beskyldt for at være blevet et industrialiseret højteknologisk erhverv, som benytter sig af kemi og gerne vil dyrke gensplejsede afgrøder. Det økologiske landbrug, som per definition ikke benytter sig af pesticider og kunstgødning, betragtes som naturvenligt, det forurener ikke og leverer sunderede fødevarer. Det økologiske landbrug har med andre ord fra valgt agrokemikalier, to af de store teknologiske gennembrud i det moderne landbrug.

Al landbrug bygger på nogle naturgivne faktorer: jordbund, klima og arbejdskraft. Den bærende ide i landbruget er at give afgrøderne så gode forhold at vokse under som muligt ved bl.a. at bekæmpe skadedyrene (insekter, sygdomme og ukrudt) samt sørge for at forsyne afgrøden med plantenæringsstoffer. Som de fleste andre erhverv benytter landbruget sig af den moderne teknik. Det sker for at tilgodese afgrøden og få et godt og stabilt udbytte. Det er netop den moderne teknik, især den kemiske del, der påkalder sig befolkningens opmærksomhed.

På verdensplan skal vi inden for de næste 40-50 år udvikle et landbrug, som kan brødføde ca. 10 milliarder mennesker, hvor hovedparten vil leve i Asien og Afrika. I denne forbindelse er det vigtigt at skelne mellem to forskellige, men dog ikke helt adskilte problemer. Det første problem er at udvikle et landbrug, som producerer mere end dobbelt så meget, som det gør i dag. Det andet problem er at eliminere den kroniske fejlernæring og til tider direkte sult, som påvirker mange af vores medmennesker i en verden, hvor vi i øjeblikket har nok fødevarer til alle. Teknologiuudvikling i landbruget er svaret på det første, men kan ikke forventes at løse det andet store problem, som kræver fordelingspolitiske tiltag.

Temaet for denne artikel er at skitsere forudsætningen for det moderne landbrug, og hvordan vi med moderne teknologi kan løse det første problem uden at opdyrke nyt land og dermed undgå tab af uerstattelige naturværdier og undgå jorderosion uden sidestykke i verdenshistorien. I det efterfølgende vil jeg kort beskrive, hvilke kemiske hjælpemidler det moderne landbrug benytter sig af. Jeg vil prøve at skitsere, hvorledes kunstgødning og pesticider i samarbejde med planteforædling har revolutioneret landbruget ved at øge udbyttet og frigøre arbejdskraft til andre formål, f.eks. industri. Mit formål er at påvise, at uanset hvad vi kalder landbrugets driftsform, moderne eller økologisk, så er og bliver landbrug en menneskelig aktivitet, der ødelægger den oprindelige natur og lægger landet øde med plov og harve. Det gælder derfor om at øge udbyttet på den allerede eksisterende landbrugsjord. Til sidst vil de miljømæssige konsekvenser af det moderne land-

brug blive berørt, såvel i Danmark som på verdensplan.

Forudsætninger for det moderne landbrug

Det moderne landbrug, ofte kaldt konventionelt landbrug, betjener sig af de videnskabelige landvindinger inden for planteforædling, kemi og mekanisering. Mens mekaniseringen i landbruget strækker sig over flere hundrede år og ikke vil blive gennemgået her i detaljer, er den moderne planteforædling og brugen af agrokemikalier knap hundrede år gammel.

Der er to ret oversete, men vigtige begivenheder i landbrugets nyere historie, som lige må nævnes. Den første er indførelse af kløver i 1700'tallet. Den kan samle det vigtige plantenæringsstof kvælstof fra luften og dermed bidrage til de efterfølgende afgrøders kvælstofforsyning. Den anden er indførelse af svingploven i midten af første halvdel af 1800-tallet, som i forhold til den gamle hjulplov kunne pløje dybere og reducerede behovet for trækraft betydeligt.

De begivenheder i landbruget, vi ofte tænker på, er imidlertid det videnskabelige kendskab til arvelighedslæren og de kemiske hjælpemidler i form af kunstgødning og pesticider, som virkelig accelererede udbyttestigningerne i planteproduktionen. Vi kan forædle vore afgrøder til at give højere og bedre udbytte. Kunstgødning forsyner planterne med vigtige plantenæringsstoffer, mens pesticiderne beskytter afgrøderne mod insekter, ukrudt og plantesygdomme. Treenigheden: planteforædling, kunstgødning og pesticider har de sidste ca. 50-100 år været vigtige hjælpemidler til at øge landbrugets produktion, give et stabilt udbytte og stort set fjernet frygten fra tidligere tiders misvækst.

Især kunstgødning og pesticider, der produceres af kemiske firmaer, har medført en mistro til det moderne landbrug, og efter frigivelsen af den gensplejsede sojabønne i USA i 1996 har gensplejsning som hjælperedskab for planteforædlerne medført protester fra dele af befolkningen.

Pesticider

Pesticider omfatter kemiske forbindelser, som kan bekæmpe plantesygdomme forårsaget af svampe (fungicider), ukrudt (herbicider) og skadedyr (insekticider) i afgrøder. Allerede den græske forfatter Homer (ca. 800 før Kristus) nævner, hvordan afbrænding af svovl kan bekæmpe insekter, og Plinius i år 79 nævner, at arsen kunne bruges til at slå insekter ihjel. I de sidste 300 år har nikotin fra tobak være brugt til det samme formål. Så tidligt som i 1828 blev den giftige virkning på visse insekter af et naturligt forekommende stof pyrethrum, i en planteslægt af samme navn, nævnt første gang. Omkring 1850 blev sæbe brugt som middel mod bladlus, og svovl mod svampesygdomme. I 1874 blev DDT for første gang beskrevet af den østrigske farmaceut Othmar Ziedler, som i 1905 blev hædret med nobelprisen for sit arbejde. Den faglige interesse for opdagelsen var udelukkende kemisk, og ingen tænkte på at afprøve DDT's biologiske virkning.

I 1896 opdagede en fransk vinbonde, at ikke nok med at en kobberforbindelse (bordeauxvæske) bekæmpede svampesygdomme på vinstokke, men også at det bredbladede ukrudt døde af en dosis bordeauxvæske. Græskruddet tog ikke skade, og derfor kunne man bruge bor-



Sprøjtemist med valmuer. Foto: Henny Rasmussen

deauxvæske i korn, en græsart, til at bekæmpe det bredbladede ukrudt uden at skade kornet. Bordeauxvæske var med andre ord et selektivt herbicid, som kun slog ukrudtet men ikke kornet ihjel. Et år senere opdagede en anden franskmand, at også fortyndet svovlsyre kunne bruges til at slå ukrudt ihjel uden at skade kornet. På grund af sin hurtige virkemåde og den billige pris blev fortyndet svovlsyre et populært „herbicid“ til langt op i 1950'erne. Flere andre uorganiske forbindelser blev brugt til selektiv ukrudtsbekæmpelse i afgrøder, f.eks. jernvitriol og kalkkvælstof. Fælles for disse forbindelser er, at de er simple uorganiske molekyler.

Det første organiske herbicid kom på markedet i 1932. Det var igen franskmændene, der var på spil, og de fik patenteret DNOC (Di-Nitro-Ortho-Cresol) som herbicid. Stoffet var allerede kendt som et insekticid og blev i slutningen af 1800-tallet brugt som et gult farvestof i industrien. En af ulemperne ved midlet er, at det har næsten samme virkningsmekanisme i planter og dyr. Derfor er det ret giftigt og bruges heller ikke længere i Danmark.

Først i begyndelsen af 1940'erne kom der rigtig skub i udviklingen af nye pesticider. I 1939 blev DDT gensyntetiseret hos det schweiziske firma I.R. Geigy i firmaets bestræbelser på at finde effektive møl- og insektprægningssmidler. DDT viste sig at have en forbløffende virkning på insekter, som overfører sygdomme, f.eks. malaria, sovesyge og plettyfus. Denne opdagelse udløste endnu en nobelpris i 1948. Under Anden Verdenskrig blev DDT brugt til at bekæmpe nogle af de store tropiske insektbårne sygdomme, malaria og gul feber, blandt de allierede tropper. DDT's evne til at bekæmpe insekter, der medførte alvorlige sygdomme under krigen f.eks. en plettyfusedemi i Napoli i vinteren 1943/44 og insektbårne tropiske sygdomme i Asien, skabte en eufori. Winston Churchill udtrykte det på følgende måde: "...The excellent DDT-powder... yield astonishing results...". Der var knaphed på fødevarer over det meste af verden, og det var derfor nærliggende at DDT også blev brugt til at bekæmpe insekter i afgrøder efter at de militære behov var blevet dækket. Resultatet var, at mere end 80 % af det producerede DDT blev brugt mod insekter i afgrøder lige efter afslutningen

af Anden Verdenskrig. Begejstringen for DDT's virkning på insekter i afgrøder og dets giftige virkning på malariamyg holdt sig op gennem halvtredserne.

Problemet med DDT, som formodentlig har reddet flere menneskeliv end penicillin, er, at størstedelen af DDT omdannes til en ikke insektgiftig fedtopløselig forbindelse, DDE, som kun i ringe omfang nedbrydes yderligere. DDE ophobes derfor i fødekæderne til meget høje koncentrationer. Hos visse fuglearter vil selv en moderat DDT belastning kunne betyde en øget omsætning af hunligt kønshormon, som medfører ændringer af fuglenes normale seksuelle adfærd samt produktion af golde eller tyndskallede æg. Alle disse bivirkninger kom først langsomt til vores

kendskab, efter at vi stort set havde spredt DDT over hele kloden.

I bakspejlet må vi i dag konstatere, at hvis DDT kun var blevet brugt til bekæmpelse af insektbårne sygdomme, havde vi ikke fået de problemer på halsen, den landbrugsmæssige udnyttelse af dette stof medførte. Det vi troede var et vidundermiddel mod skadelige insekter, viste sig åbenbart at have nogle mindre gode egenskaber, bl.a. fordi vi ikke var opmærksomme på, at det ophobes i fødekæderne. Og vi havde endnu ikke forstået, at fordi et middel er godt, bør vi ikke bruge løs af det hele tiden.

Under Anden Verdenskrig havde England et fødevarerproblem. Englænderne kunne ikke uhindret importere fødevarer fra resten af verden, og derfor var man interesseret i at kunne øge den hjemlige fødevarerproduktion. I 1920'erne havde man opdaget, at visse stoffer i meget små mængder fremmer plantevækst. Disse vækststoffer findes naturligt i planter. Man havde også fundet ud af, at nogle syntetiske stoffer havde samme virkning, og ideen var så, at man skulle sprøjte afgrøden med disse syntetiske vækststoffer for at høste et større udbytte. Desværre viste det sig, at afgrøderne ikke voksede stærkere ved at blive behandlet med det syntetiske vækststof. Imidlertid blev forskerne opmærksomme på, at vækststofferne havde en anden effekt end den tilsigtede. Selv om afgrøden ikke blev påvirket, skete der det besynderlige, at det bredbladede ukrudt døde. Lignende undersøgelser blev udført med næsten de samme stoffer i USA. Perspektiverne var enorme, og man satte en storstilet forskning i gang, som pga. krigen blev hemmeligholdt og først frigivet i 1945. En af de første til at udnytte denne viden var det danske firma Kemisk Værk Køge, som hurtigt fik en produktion i gang og med tiden blev en af verdens største producenter af disse herbicider, de såkaldte phenoxy-syrer.

En ny æra i bekæmpelsen af ukrudt så dagens lys. Det kemiske lugejern. Man kunne nu ved hjælp af syntetiske forbindelser kemisk luge ukrudtet væk uden at skade afgrøden, med andre ord, de selektive herbicider var blevet opfundet. Ideen blev grebet af mange kemiske firmaer, og inden vi så os om, havde vi fået en lang række midler på markedet til stort set alle vigtige afgrøder i verden.

Herbiciderne er formodentlig en af de nyskabelser i landbruget, der har haft størst betydning for udviklingen af det moderne landbrug. Det er også den gruppe af pesticider, der bruges i størst mængde, mere end 60 procent. De har sænket arbejdskraftbehovet markant og øget dyrkningssikkerheden. For eksempel var arbejdskraftbehovet per ha (10.000 m²) i sukkerroer ca. 140 timer i 1960, men kun ca. 5 timer per ha. i 1980. Det skyldes udvikling af specialfrø, som gjorde udynding af roerne i rækkerne overflødig, forbedret mekanisering og ikke mindst brugen af effektive herbicider til bekæmpelse af ukrudt.

Udviklingen har været drevet af landbrugets behov for nye og bedre midler og den kemiske industris udvikling af screeningsmetoder. Behovet for den „kemiske“ hakke har været stort, og nogle af de mere profitable segmenter i de store kemiske firmaer har været inden for agrokemikalier. Når et middel havde bekæmpet en række ukrudtsarter, overtog nye deres plads på marken, og midlet blev afløst af nye midler, som netop kunne klare det nye problem osv.

Den agrokemiske industri gennemgår i øjeblikket en særdeles omfattende reorganisering. Firmaer slår sig sammen eller sælger dele af virksomheden til hinanden, og hvis udviklingen forsætter, vil der være meget få firmaer tilbage til at udvikle nye herbicider i fremtiden. Årsagerne til denne uro i branchen er mange. En af dem er, at det i dag er blevet så dyrt at udvikle pesticider, fordi man skal undersøge mellem ti- og hundredetusindvis af kemiske forbindelser for at finde bare ét, der måske kan komme på markedet. En anden årsag er, at udviklingen af herbicider har været så succesfuld, at markedet i den vestlige verden, hvor landmændene har råd til at købe midlerne, er mættet. Man kan sige at branchen har sejret ad helvede til, for nu at bruge en lettere omskrivning af en bramfri udtalelse om fagforeningernes virke i 1970-80'erne af den tidligere formand for LO, Thomas Nielsen. En helt tredje årsag er, at herbicidresistente afgrøder er kommet på markedet i Nord- og Sydamerika og Australien, og dette har næsten monopoliseret visse firmaers produkter i afgrøder med stort herbicidforbrug.

Når de store agrokemiske firmaer har konsolideret sig, vil de også i fremtiden kunne levere midler mod stort set alle slags ukrudtsproblemer. Nye syntese- og screeningsystemer, de såkaldte „High throughput screening“ metoder, som kan analysere uhyrlige antal molekyler, vil måske i fremtiden kunne levere effektive midler uden nævneværdige miljøeffekter til landmændenes evindelige ukrudtsproblemer. I fremtiden vil der kun udvikles midler til de store afgrøder i verden. Kornarterne, byg, hvede, majs og den mere eksotiske ris samt citrus, sojabønne og bomuld vil være de afgrøder, hvor vi vil se nye midler komme til i fremtiden. Og hvis tilfældet tillader det, kan vi måske i Danmark, som er et lille marked for firmaerne, også bruge nogle af

disse midler til andre „mindre“ afgrøder. Yderligere har landbruget og den agrokemiske industri lært lektionen af DDT og andre bioakkumulerende pesticider. I dag kommer der ikke pesticider på markedet, som opkoncentrerer i fødekæderne; udviklingen går efter mere specifikke virkningsmekanismer på skadedyderne, så de miljømæssige virkninger kan blive mindre end tidligere.

Fund af især herbicider i grund- og drikkevand og de agrokemiske firmaers renommé i befolkningen har gjort sit til, at man ser skævt til brugen af pesticider og de firmaer, der producerer dem. Pesticiderne er imidlertid kommet for at blive og vil også i fremtiden spille en vigtig rolle i det moderne landbrug, på nøjagtig den samme måde som medicin spiller en vigtig rolle i bekæmpelsen af sygdomme. I øvrigt er det ofte de samme firmaer, der producerer pesticider og medicin.

Kunstgødning

Det var gennem en lang tidsperiode et mysterium, at tilsyneladende livløse tørre frø optager vand, spirer og blive til afgrøder og store træer, uden at man kunne finde ud af, hvad disse vækster rent faktisk levede af. Var der en speciel kraft i jorden? Allerede i landbrugets barndom vidste man, at gødskning med døde dyr, blod og planterester øgede en jords frugtbarhed, men mekanismerne bag forstod man ikke. I romertiden var der en ret omfattende litteratur om dyrkning af afgrøder, som blev samlet i 1200 tallet med efterfølgende utallige revisioner. Det var standardværker helt frem til det 16.-17. århundrede. Senere kom der andre afhandlinger bl.a. fra Italien, hvor Palissy i 1563 påpeger: „Du må indrømme, at når du udbringer gødning på din jord, er det, som om du giver noget tilbage til jorden, som er blevet fjernet.... Enhver slags plante uden undtagelse indeholder en slags salt.... I asken (fra halm) vil man finde det salt, som halmen fjernede fra jorden“. Disse iagttagelser er nogle af de første, hvor man nærmer sig en forståelse af, at planter har behov for visse stoffer i jorden. I lang tid troede man, det var jordens vand i sig



Mark med mange kornblomster. Foto: Henny Rasmussen

selv, der gav planterne kraft til at gro. Senere troede man, at planterne fik deres kulstof og andre næringsstoffer fra jordens organiske fraktion, ofte kaldt humus. Det var imidlertid først i 1840, da Justus von Liebig postulerede, at planterne får langt det meste af deres kulstof fra luften og planterne optager næringsstoffer fra jorden, at sammenhængen mellem plantevækst og jord materialiserede sig. For at opretholde jordens frugtbarhed var det derfor nødvendigt at tilføre de næringsstoffer, som afgrøden havde optaget fra jorden. Liebig's bog blev oversat til mange sprog, og i 1851 udkom der en dansk udgave. Liebig patenterede rent faktisk en kunstgødning og sendte den på markedet uden større succes, fordi han havde en tyrkeretro på, at det kun var nødvendigt at tilføre alkalimetaller, fosfat og svovl. Liebig overså desværre, at det oftest er kvælstof, der er meget mangel på. Senere udviklede Liebig teorien om de udbyttebegrænsende faktorer; manglede der et næringsstof, var det manglen på dette, der bestemte udbyttet. Selv om Liebig i visse henseender var galt afmarcheret, har hans arbejder haft enorm betydning for forskningen inden for planteernæring og agrikulturkemi.

Landmændene var imidlertid ret tøvende overfor at bruge de såkaldte kemiske gødninger, og de mente i lang tid, at det nok kunne stimulere afgrøden, men i det lange løb vil det udpine jorden. Fastliggende forsøg på Rothamsted i England påbegyndtes i 1843 og har været dyrket udelukkende med hvede og kunstgødnet hvert år. Selv efter over 150 års hvededyrkning med kunstgødning produceres der



Bladlus. Foto: Henny Rasmussen

stadig gode afgrøder. I Danmark har vi på Askov forsøgsstation haft lignende langvarende forsøg, som viser det samme.

I slutningen af 1800-tallet var den naturlige forekomst af kalksalpeter fra Chile, det såkaldte chilesalpeter, næsten opbrugt, og derfor var udvinding af luftens kvælstof den næste store opdagelse, som kom til at påvirke landbruget. I 1905 fremstillede nordmændene Birkeland og Eyde salpetersyre ud fra luftens kvælstof ved at sende elektriske gnister gennem luft, så der dannedes kvælstofoverilte. Det gav startskuddet til fremstilling af gødninger, som indeholdt det livgivende kvælstof. Fremstilling af kvælstof ud fra luft er en særdeles energikrævende proces, men med de store mængder vandkraft, man havde til rådighed i Norge, og kalkminer tæt på vandkraften kunne man opløse kalksten i salpetersyren og få kalksalpeter. Birkeland og Eyde's opfindelse medførte oprettelsen af firmaet Norgesalpeter A/S. Birkeland havde visioner om at kunne brødeføde verden med sin opfindelse, og på den tid var det særdeles aktuelt. Der var mangel på fødevarer i store dele af Europa, f.eks. var der direkte sult i Småland i Sverige. I 1908 blev den forbedrede Harber-Bosch metode udviklet til at fremstille ammoniak ud fra luftens kvælstof, og de første gødningsfabrikker blev bygget i Tyskland i 1913. Harber-Bosch's metode var langt mere effektiv og krævede mindre energi end Birkeland og Eyde's metode. Firmaet Norgesalpeter var ved at gå konkurs, men blev reddet på målstregen ved at indgå en aftale med I.G. Farbenindustrie om den nye teknologi. Det blev enden på Norgesalpeter A/S, som skiftede navn til Norsk Hydro. Efterhånden fandt man ud af, at flere og flere grundstoffer er vigtige for planters vækst.

Brugen af kunstgødning har haft en særdeles stor indflydelse på udbytterne og den globale fødevarereproduktion. Udviklingen var, som for pesticidernes vedkommende, drevet af teknologiske landvindinger i industrien mere end af fremskridt i landbrugsforskningen. Den teknologiske udvikling til at fremstille salpetersyre via luftens kvælstof var dog ikke kun drevet af ønsket om billige kvælstofgødninger, men måske også drevet af menneskets evindelige behov for krudt, og senere blev vandfrit salpetersyre et vigtigt oxidationsmiddel i raketbrændstof.

Virksomheden af den billige kvælstofgødning overraskede hvedeforædlerne, fordi hvedesorter med et langt strå ikke længere var gode i en verden med billig og rigelig kvælstofgødning. Ved tildeling af kvælstof blev de gængse sorters strå så langt, at det knækkede, eller også lagde kornet sig ned på jorden (lejesæd), så høsten blev besværliggjort, og en del af kornet kunne ikke høstes. Den nye situation medførte, at man i forædlingen måtte famle sig frem til bedre hvedesorter; der var ingen erfaringer for planterforædlerne at hælde deres hoved til. Landbrugsforskere havde ikke kunnet forudse, hvad dyrkning med rigelige kvælstofmængder medførte. Efter forskellige forsøg lykkedes det at indføre de såkaldte „dværggener“ i hvede- og rissorter, og det næste fremskridt i udvikling af højtydende sorter skulle så gå via et kort strå, som ikke så let gik i leje ved tildeling af kvælstof.

Det moderne landbrug

Hvad har det moderne landbrug, som benytter sig af de nyeste landvindinger inden for biologi og kemi, så givet os? Ifølge diskussionen i medierne tyder det mest på, at



Traktorsprøjte. Foto: Henny Rasmussen

vi er ved at blive forgiftet af pesticider, landet er forurenet med kvælstof og fødevarerne er elendige. De positive virkninger af det moderne landbrug kommer sjældent til udtryk, og de vil her blive kort skitseret.

Mens verdens befolkning voksede til 4 milliarder, kom de første synlige tegn på, at treenheden planteforædling, kunstgødning og pesticider kunne forbedre udbytterne. Det var planteforædlerens udvikling af de kortstråede ris- og hvedesorter i 1960'erne. Som mange andre fremskridt var eksperimenter med disse såkaldte dværger sorter sket langt tidligere, men deres betydning kom først til fuld udfoldelse, efter at forbruget af kvælstofgødning steg, og udviklingen af herbicider gjorde det muligt at bekæmpe ukrudtet. De kortstråede sorter betalte langt mere for kvælstof end de gamle sorter. Men kortstråede sorter har en dårligere konkurrenceevne over for ukrudt, og derfor kunne man ikke forvente et større udbytte, hvis man ikke fik bekæmpet ukrudtet effektivt. Det samlede udbytte (kerne + halm) steg ikke, når man gik fra langstråede til kortstråede sorter, men forholdet mellem kerne og halm, det såkaldte høstindeks, ændrede sig markant. Høstindekset var for hvede og ris ca. 0,32 omkring 1900 og steg til lidt over 0,50 i 1980. Med andre ord, en større del af fotosyntesens produkter blev indlejret i kerner og ikke i halm. Det var især i ulandene, nærmere betegnet Asien, der var et stigende behov for korn for at mætte de mange munde, og dyrkningen af de nye kortstråede kornsorter øgede produktionen langt mere, end man havde forventet. Dette er i en nøddeskal, det vi kalder Den Grønne Revolution. Men alting har sin pris eller som amerikanerne siger „there is no free lunch“. Prisen var, at man skulle bruge mere kunstgødning og flere pesticider, især herbicider.

I ulandene er der et velorganiseret marked for profitabel planteforædling og handel med udsæd. Charles Darwin og W. J. Beal opdagede, at krydsninger (de såkaldte hybrider) mellem to indavlede linier af majs gav et bedre udbytte end forventet. I lang tid efter opdagelsen skete der ikke rigtig noget. Først i 1924 blev den første kommercielle majs-hybrid, Copper Cross, lanceret, og succesen medførte dannelse af Pioneer Hy-Bred Corn Co., et af verdens stør-

ste planteforædlingsfirmaer, der så dagens lys i 1926. Der var tre årsager til, at hybridmajs blev så populær og øgede udbyttet pr ha; fra at udgøre knap 1 procent af majsarealet i USA i 1933, voksede det til mere end 50 procent 10 år senere. Den første årsag var, at mange små forædlingsfirmaer begyndte at producere hybrider, tilpasset de lokale dyrkningsforhold, ud fra indavlede linier. Den anden årsag var, at hybridernes ensartede vækst og placering af majs-kolberne indbød til udvikling af mekanisering af høsten og derved reducerede arbejdsomkostningerne. Den tredje årsag var den efterhånden noget udpinte jord på de amerikanske prærier. Denne udpining havde medført et stagne-

rende eller faldende udbytte i majs indtil midten af 1930'erne. Denne udbyttetilbagegang kunne standses ved at dyrke hybridmajs, tilføre kunstgødning og efter 1945 bekæmpe ukrudtet med herbicider. De indavlede linier var ejet af få forædlingsvirksomheder og sikrede derfor en fortjeneste som blev investeret i forskning i planteforædling. I dag har vi en lang række hybrid-sorter i mange afgrøder. Eksemplet viser på smukkeste vis, at i landbrugets historie er det ofte den synergistiske virkning af forskellige nye teknologiske landvindinger, der leder til hurtige ændringer.

Den Grønne Revolution

Ved hjælp af de nye kortstråede ris- og hvedesorter, kunstgødning og pesticider, eliminerede Den Grønne Revolution stort set tidligere tiders fødevarerknaphed og hungersnød i Asien. Med Den Grønne Revolution i ulandene, dyrkning af hybridmajs og den forbedrede landbrugsteknologi i den industrialiserede verden, kunne produktionen af fødevarer holde trit med befolkningstilvæksten uden at inddrage nye uberørte naturarealer i dyrkningen. Tidligere måtte man for at mætte de sultne munde opdyrke nye arealer, som svarede til tre gange Danmarks areal per år. Den Grønne revolution standsede til dels denne rovdrift på naturen. Beregninger viser at Den Grønne Revolution sparede opdyrkning af jomfruelige naturarealer på størrelse med USA, Brasilien og Europa tilsammen. Med andre ord, Den Grønne Revolution reddede enorme naturarealer fra at blive ødelagt af landbrug. For ulandene som helhed steg fødevarerproduktionen per indbygger frem til begyndelsen af 1980'erne for så at holde sig på et konstant niveau i næsten 10 år. Siden da har der været en svag faldende tendens.

Den Grønne Revolution har således givet især ulandene i Asien et pusterum i forsyningen af fødevarer uden at udvide landbrugsarealet synderligt. Men den grønne revolution har ikke bidraget til at løse de grundlæggende problemer om en mere retfærdig jordfordeling for de fattigste småbønder. Disse problemer er ofte af økonomisk og poli-

tisk karakter, som ikke vil blive yderligere berørt her.

Ligesom med forbruget af bl.a. DDT i halvtredserne og tresserne medførte Den Grønne Revolution, på grund af uvidenhed og grådighed, desværre også visse steder et kraftigt overforbrug af pesticider og kunstgødning med deraf følgende konsekvenser for sundhed og miljø.

Fremtidens fødevarerforsyning

Befolkningstilvæksten har endnu en gang indhentet fødevarerproduktionen. Resultaterne af Den Grønne Revolution er ved at være spist op. Vi må finde nye måder at dyrke og forædle afgrøder på, hvis vi ikke skal til at inddrage ny jomfruelig jord til dyrkning. FN's fødevarerorganisation, FAO, har beregnet, at kun 11 procent af verdens landområder kan opdyrkes uden problemer, resten er enten for våde, for tørre, ligger hen i permafrost, har for tyndt jordlag eller har problemer med plantenæringsstoffer eller plantegiftige grundstoffer. De 11 procent gode jorder er for længst opdyrket. Så hvis vi skal klare fremtidens fødevarerforsyning for en befolkning på mellem otte og ti milliarder mennesker, må vi udnytte de teknologiske muligheder for at undgå at inddrage jomfruelig jord af dårlig kvalitet, for at undgå at rydde skove, stepper og halvørkner med alt, hvad dette indebærer af ødelagte naturlige levesteder for planter og dyr. Yderligere vil denne rovdrift på følsomme naturområder medføre erosion af jorder, som blæser væk ved det mindste vindpust, eller som forsvinder i floderne ved første større regnskyl.

Skal vi løse fødevarerforsyningen i fremtiden, må landbrug og den agrokemiske industri endnu engang arbejde sammen. I ilandene har landbruget været ude for store strukturændringer, færre dyrker større og større landområder. Den agrokemiske industri har gennemgået kraftige omstruktureringer, især fordi udvikling af pesticider og forædlede afgrøder ved hjælp af gensplejsning er så dyr, at kun de helt store firmaer kan magte opgaven. Guleroden for de tilbageblevne firmaer i øjeblikket er, at man nu kan fremstille afgrøder, som er blevet gjort tolerante over for herbicider og dermed markedsføre såvel såsæd som herbicider, der passer sammen som nøglen i en lås. Den største succes indtil videre er de Round-Up-Ready sojabønner- og bomuldssorter. Disse sorter har ved hjælp af gensplejsning fået indført et arveanlæg, der har gjort dem tolerante over for herbicidet glyphosat, den aktive forbindelse i produktet Roundup. De andre agrokemiske virksomheder har her set baghjul og mistet markedsandele, der netop har ført til, at de må slå sig sammen for at tage konkurrencen op. Insektresistente afgrøder er også kommet på banen; det drejer sig om afgrøder, der kan producere deres eget „pesticid“ og dermed ikke blive ødelagt af insektangreb. Succesen her er dog begrænset pga. af hurtig resistensudvikling hos skadedyrene.

Mens gensplejsningen inden for medicin fremstilling stort set er accepteret af alle, står det mere sløjt til, når det drejer sig om gensplejsede afgrøder i hvert fald i EU. I USA nyder de gensplejsede afgrøder, sojabønne, majs, bomuld og raps landmændenes bevågenhed, selv om de skal acceptere en skrap kontrakt med firmaerne, som leverer såsæd og herbicider. Det amerikanske samfund accepterede stort set udviklingen, og der var ingen større modstand hos forbrugere og myndigheder. Analyser af den nye teknologiske økonomiske fordele for producenter og forbrugere har vist, at ved at dyrke Round-Up-Ready sojabønner

i USA, scorede producenterne, Monsanto og frøfirmaerne 30 procent af kassen. De amerikanske landmænd fik 50 procent af de økonomiske fordele, og de resterende 20 procent kom de amerikanske forbrugere til gode. Mens kun hver femte forbruger i USA mente, at gensplejsede afgrøder var skadelige for sundheden, var mere end halvdelen af de europæiske forbrugere bange for disse afgrøders skadelige virkninger.

I EU ser man noget anderledes på sagerne. Ved at påkalde sig de store formodede økologiske og sundhedsmæssige farer er der dannet en stærk og vedvarende opinion mod gensplejsede afgrøder, som har udmøntet sig i politisk tovtrækkeri og forbud mod at dyrke disse afgrøder. At landbruget kan bekæmpe ukrudtet mere effektivt tæller ikke med i regnskabet, fordi effektiv ukrudtsbekæmpelse er en eksklusiv beskæftigelse for de få. De økonomiske fordele for forbrugere i EU druknede formodentlig også i de amerikanske producenters uvillighed til at skelne mellem gensplejsede og ikke-gensplejsede sorter, så ønsket fra forbrugernes side om at kunne vælge produkter med eller uden gensplejsede afgrøder kunne ikke gennemføres.

Sammenligner man Den Grønne Revolution med Den Genteknologiske Revolution (gensplejsning), er der flere forskelle, der springer i øjnene. Den Grønne Revolution blev udviklet i offentlig regi af de internationale centre for landbrugsforskning og skete i ulandene. Disse centre stiller forædlingsmateriale og dyrkningsmetoder gratis til rådighed for alle, så teknologien kan sprede sig som ringe i vandet. Den Genteknologiske Revolution derimod er udviklet af det agroindustrielle kompleks; den foregår i den vestlige verden, og den er omfattet af en sky af patenter, så firmaerne, der ejer patenterne, kan få deres enorme investeringer hjem og få en konkurrencefordel på markedet.

Det moderne landbrug og miljøet

Det synes at være et historisk faktum, at fødevarerforsyning har forrang for naturbeskyttelse. Historien viser det gang på gang. En del af miljøødelæggelserne allerede i oldtiden i Middelhavsområdet kan tilskrives menneskets rovdrift på naturressourcer. Babylons hængende haver og store dele af Mellemøsten er i dag halvørken eller ørken, hvoraf en del skyldes den menneskelige rovdrift på ressourcerne. I nyere tid er der eksempler fra den tørre del af de Nordamerikanske prærier, hvor store landområder kom til at lide af jorderosion på grund af uforstandig opdyrkning og jordbehandling.

I Centralasien har vi lignende grupvækkende eksempler. Omkring 1960 var Aralsøen den 4. største indsø i verden, hvori to floder udmunder, Amu Dary i syd og Syr Darya i nord. Søen leverede ca. 40.000 ton fisk om året og havde 550.000 ha marsk og vådområder. Man begyndte så i stor stil at dyrke bomuld, „det hvide guld“, i området. Befolkningen steg i løbet af 20 år til det dobbelte, og det samme gjorde brugen af vand til overrisling. På grund af dårligt ingeniørarbejde var der en lav vandudnyttelse, og i skøn forening med dårligt landmandskab steg forbruget af kunstgødning og pesticider til helt uacceptable højder. Resultatet er, at i dag eksisterer Aralsøen stort set ikke mere, fiskeriet stoppede allerede i 1982, saltindholdet i den resterende sø og på markerne steg markant, og de helt uhyrlige mængder af kvælstof og pesticider forurenede jord og floder, hvoraf en del i dag er tørret ud.

Som det fremgår af ovenstående er der ikke mangel på eksempler på miljøkatastrofer pga. landbrug, heller ikke når det drejer sig om det moderne landbrug. Mange andre eksempler kunne fremdrages, men i dag er de største miljøproblemer i relation til landbrug måske ikke dem, der kommer fra det moderne højteknologiske landbrug, men fra subsistenslandbruget i f.eks. Afrika hvor befolkningstilvæksten er for stor i forhold til landets ydeevne. F.eks. området der grænser op til det sydlige Sahara, det såkaldte Sahelområde, hvor befolkningstætheden ikke er overvældende, men hvor traditionelt landbrug og husdyravl gør megen skade på et særdeles følsomt økosystem.

I forhold til den tørre del af de Nordamerikanske prærier, de Centralasiatiske stepper og Afrikas Sahel lever vi her i Vesteuropa i et særdeles robust økosystem. Vores jorde er godt 15.000 år gamle. De har derfor ikke været udsat for vind og vejr som mange andre steder på jordkloden, hvor man har landbrug på jorder med millioner af år på bagen. Vores jorde er derfor ikke så udvaskede, og med den rigelige nedbør og en fornuftig jordbearbejdning kan de tåle en intensiv dyrkning uden alt for store problemer. Problemet i vores del af verden er mere, at det moderne landbrug dækker så store landområder, i Danmark noget over 65 procent af landets areal. Landbruget sætter derfor sit „fingeraftryk“ stort set alle steder. Når vi bruger kunstgødning og pesticider, får vi påvirkning af det omgivende miljø, de nære havområder, grund- og overfladevand.

Pesticiderne har i de sidste 7-8 år været på dagordenen. I 1980 kom der et EU-direktiv om pesticider i drikkevand. Filosofien bag direktivet var, at man ikke ønskede uacceptable forureninger af drikkevand med disse stoffer, og derfor satte man en politisk grænse ved 0,1 µg per liter drikkevand. Det var den laveste koncentration, det var muligt at måle omkring 1980. I dag er de kemiske analyser blevet mere end 50 gange bedre, og vi kan måle rester af pesticider i størrelsesorden 0,005 µg per liter vand. I f.eks. USA benytter man sig af toksikologiske grænseværdier og ikke politiske grænseværdier; grænseværdien for f.eks. atrazin, et nu forbudt herbicid i Danmark, er på 3 µg og for glyphosat 700 µg per liter. Sandsynligheden for at komme så højt op med glyphosat i dansk grundvand er forsvindende lille, fordi glyphosat bindes kraftigt til jord.

Dette fremskridt inden for analytisk kemi har medført, at herbiciderne stort set kan findes alle steder, og jo mere man måler, jo mere finder man. Vi må til at indse, at alle menneskelige aktiviteter kan spores alle steder i miljøet, det er et spørgsmål om kemikernes evne til at måle lavere og lavere koncentration i miljøet. Hvis vi ønsker drikkevand fuldstændig fri for pesticider og andre kemikalier, bør vi forbyde disse stoffer. Vi troede den danske muld var en fantastisk si, som stort set fjerner alle væmmelige stoffer i drikke- og grundvand. Det har nu vist sig at „sien“ er fyldt med store huller. For at kunne forholde sig til kemikernes resultater er det vigtigt at se på, hvilke uønskede biologiske virkninger stofferne har i de fundne koncentrationer. Vi skal altså kæde fund af pesticidrester sammen med biologi. Og her er der frit slag i bolledejen, fordi toksikologi og biologi er ikke eksakte videnskaber. Eksperterne kan her rigtig boltre sig ved at bære ved til frygtens bål eller det modsatte. Hvis de er rigtige eksperter, ved de godt, at alting er giftigt, og intet er ugiftigt, det er mængden, der afgør giftigheden af et stof. Ligeledes er det et uomtvistelig faktum, at man altid kan bevise, et givet stof er giftigt, det er et

spørgsmål om størrelsen af dosis, men man kan aldrig bevise at et stof er fuldstændig uskadeligt for sundhed og miljø uanset, hvor lille dosis er.

Resultatet af den store medieomtale af fund af herbicider i drikkevand har medført forbud mod at bruge en lang række stoffer, fordi de kan genfindes i grund- og drikkevand. Yderligere blev der sat et særdeles ambitiøst udredningsarbejde i gang, i daglig tale kaldt „Bicheludvalget“, som skulle afdække, hvad der ville ske, hvis vi forbød brug af pesticider. For at gøre en lang historie kort, endte udvalget med nogle anbefalinger, som gik ud på, at det moderne landbrug ikke kan undvære pesticiderne, hvis der skal være en rentabel landbrugsproduktion, men at man skulle forsøge at sænke forbruget over en årrække ved at udvikle bedre metoder til at bekæmpe insekter, ukrudt og sygdomme. Med andre ord må vi leve med små rester af sprøjtemidler i vores grund- og drikkevand, for så vidt de overholder EU's drikkevandsdirektiv.

Det skal lige for en ordens skyld nævnes, at selv om Danmark er et af de virkelig store landbrugslande i EU, vores lille land taget i betragtning, er vores forbrug af pesticider pr. ha. kun lidt større end forbruget i Sverige og Finland og under halvdelen af, hvad der bruges i andre store landbrugslande i EU, f.eks. England, Frankrig og Tyskland, og seks til syv gange mindre end forbruget i Holland og Belgien.

Man kan spørge sig, hvorfor pesticider og drikkevand så har fået så stor en plads i den danske debat i forhold til andre lande, vi gerne vil sammenligne os med? Det skyldes formodentlig, at vi her i landet har det princip, at vi ikke må rense vores grundvand, før det bruges til drikkevand. I de andre lande er drikkevand ofte overfladevand, og her skal det renses før det sendes ud til forbrugerne.

Ironisk nok er det herbicidet, dichlorbenil, som i øjeblikket lukker flest vandværker. Det er et særdeles effektivt herbicid med den uheldige egenskab, at det let siver ned i jorden, og det er derfor blevet forbudt i Danmark. Det interessante ved dette herbicid er, at det ikke bruges på markerne i den almindelige landbrugsproduktion, men på ikke dyrkede arealer. Men hvem får skylden for disse forureninger?

Dansk landbrug og den globale fødevarerforsyning

Hvilken rolle spiller det effektive danske højteknologiske landbrug i den globale fødevarerforsyning? Vi kan som sagt magelig brødføde ca 15-20 mio. mennesker, eller 3-4 gange så mange mennesker, som der lever i Danmark. Men hvem får glæde af denne produktion? Overvejende folk i de rige ilande. Dette skyldes den animalske produktion, der er forbeholdt de få, og at EU's fælles landbrugspolitik, med forskellige subsidier og med toldmure ikke levner megen fri konkurrence fra tredjelande. Et aktuelt eksempel på dette er, at EU vil give en række af verdens fattigste ulande muligheder for at eksportere sukker, som sagtens kan konkurrere med sukkerroerne i det nordlige Europa. Det billige rørsukker vil medføre, at vi bliver nød til at opgive sukkerproduktion nord for Alperne, men så kan vi måske dyrke andre afgrøder, hvor vi står os godt i konkurrencen. F.eks. er vi gode til at producere korn og kan sagtens konkurrere med tredjelande. Med en mere fri og retfærdig handel i verden skal vi måske i fremtiden til at eksportere korn til ulande i den tørre del af Afrika, hvor vand er den begræn-

sende faktor for landbrugsproduktion.

På grund af lave temperaturer i Danmark bruger vårsæd ca. 600 l vand for at producere 1 kg korn. I et varmt klima er fordampningen ca. fem gange større, og der bruges dér ca. 3000 l vand pr kg korn. For hvert kg korn, vi eksporterer til tropenerne og subtropenerne, følger der rent faktisk ca. 3.000 l (virtuel) vand med. Vand er dyrebart mange steder i de tørre subtropener og tropener, så måske er det en bæredygtig forretning, hvis vi eksporterer en del af vores korn, og modtagerne af kornet kunne begynde at bruge deres dyrebare vand til at producere sunde grøntsager og proteinafgrøder.

Uanset hvad der sker i fremtiden med handlen med landbrugsvarer, er der ingen tvivl om, at det moderne landbrug, som benytter sig af treenigheden: planteforædling, kunstgødning og pesticider, vil være den mest bæredygtige form for landbrug, fordi vi ikke behøver at inddrage nye store naturområder af tvivlsom jordkvalitet til fødevarerproduktion for ca. 10 milliarder mennesker. Vi må indse, vi ikke kan leve så mange mennesker på jorden uden at sætte os spor, også i form af rester af agrokemikalier i miljøet. Vi skal imidlertid også gøre os klart hvilken vej, vi vil betræde i fremtiden? Skal vi producere til såvel det rige vestlige marked som til den del af verden, der uvægerligt vil komme i fødevarerunderskud, eller skal vi som hidtil udelukkende koncentrere os om vor egen egocentrerede syn på fødevarerproduktion?

Litteraturliste

Evans, L.T. 1998 „Feeding the ten billion. Plants and population growth. Cambridge University Press.

Jensen, C.R. 2000, Med vandet i centrum. Jord og Viden, Nr. 21, side 12-14.

Jacobsen, C.S., Andersen, S.M., Mortensen, H.S., Bossi, R. & Streibig, J.C. 2000, Nedbrydning af lavdosis-herbicide i danske jorde, Naturens Verden, Særnummer Pesticider-konsekvenser for miljøet, 24-27.

Madsen, K. H. & Streibig, J. C. 1994, „Genetisk modificerede herbicidresistente planter - forbrug og miljømæssige konsekvenser“. I: Rapport over Udredningsarbejde, Miljøstyrelsen, København, Danmark.

Liebig, J. 1851 *Agricultur-Chemie eller chemien anvendt paa agerdyrkning og physiologie*. Boghandler J.H Cibes Forlag. København.

Denne artikel er en lidt ændret udgave af et kapitel med samme titel i bogen: „Det forkælede samfund“, som er redigeret af Carl Th. Pedersen og udgivet af Akademisk Forlag i 2002.