

6. Ukrudt og afgrøde

- en naturlig cocktail

Jens Carl Streibig og Christian Andreasen

Indledning

Udviklingen af det moderne landbrug bygger på fem faktorer: Forædling af afgrøder, brugen af kemi i form af kunstgødning og pesticider⁷, mekanisering og den førte landbrugspolitik. Kombination af biologi, kemi og teknik har vist sig at være særdeles effektiv og har medført en markant produktionsstigning i de sidste 30 år. Denne udvikling har imidlertid også medført en kraftig påvirkning af det omgivende miljø og de arealer, vi i daglig tale betragter som den vilde natur.

På verdensplan er erfaringen, at fødevarerproduktion altid er gået forud for naturbevarelse. Vil dette fortsætte, eller er der andre måder, vi kan indrette vores landbrug på, og hvordan vil vi bekæmpe ukrudtet om 25 år? Det er nogle af de spørgsmål, vi vil forsøge at besvare i dette kapitel. Formålet er at give læseren et indtryk af, hvorledes landbruget bekæmper ukrudt, og hvilke udviklingstendenser der tegner sig i fremtiden. Det er imidlertid vigtigt at gøre sig klart, at fremskridt inden for biologi og økologi,

kemi og teknik ikke kan adskilles fra de politiske forhold. I langt de fleste lande er landbrug undergivet politiske styringsinstrumenter i form af kvoter, subsidier, toldmure og afgifter, som også vil få stor indflydelse på den fremtidige udvikling.

Ukrudt

Ukrudt er som kriminelle. En foragtet tyv, der i det skjulte udøver sine ulovlige aktiviteter, kan være en kærlig familiefar og en tilsyneladende god samfundsborger. Ukrudt udøver sin "ulovlige" aktivitet på marken ved at stjæle vand, lys og næringsstoffer fra afgrøden, men blomstrende ukrudt kan samtidig berige vores oplevelse af agerlandet og være værdifulde fødekilder for gavnlige insekter i afgrøderne.

Ukrudt forgår ikke så let, siges der i folkemunde, men kun inden for en snæver kreds af jordbrugere og energiske parcelhusejere er der en helt klar opfattelse af, hvad ukrudt egentlig er. For

7. Omfatter insekticider mod insekter, fungicider mod svampesygdomme, herbicider mod ukrudt og vækstreguleringsmidler.



Figur 6-1. Kæmpebjørneklo er et smukt syn. Der er hårdnakkede rygter om, at arten blev indslæbt her til landet sammen med Bertel Thorvaldsens statuer i 1800-tallet. Den har bredt sig over stort set hele landet og betragtes som et generende ukrudt på udyrkede arealer, fordi den forårsager allergi hos mennesker. Foto Gitte S. Poulsen.

landmanden og haveejeren er ukrudt simpelthen uønskede planter. Det vil sige, at den vilde flora på grøftekanter og overdrev ikke er ukrudt, men derimod en del af den naturlige danske flora. På udyrkede og naturarealer findes der dog også visse arter, vi generelt betragter som ukrudtsarter. Det gælder fx kæmpe-bjørneklo, fordi den kvæler andre arter og kan forårsage allergi hos mennesker, der kommer i berøring med den (figur 6-1).

Poéter har også prøvet at definere, hvad ukrudt er for noget, fx Emerson hævder, at ukrudt er planter, hvis gode egenskaber vi endnu ikke har opdaget. Dette falder godt i tråd med ukrudtets rolle for udviklingen af afgrøder, fordi ukrudt og vore kulturplanter har nydt godt af hinanden gennem landbrugets historie.

En del af vore værdifulde kornarter, fx

havre og rug, begyndte nemlig deres karriere på markerne som generende ukrudt. Lidt efter lidt fortrængte disse arter den oprindelige afgrøde og viste sig at have fortrinlige ernæringsmæssige egenskaber. Dette er mange år siden. I dag, hvor jordbruget er mere effektivt, vil sådanne utilsigtede, men for os gode hændelser, næppe finde sted. Hvis vi skal have nye kulturplanter, har vi ikke tid til at vente på en mere eller mindre tilfældig udvælgelsesproces, vi må selv ud og lede efter dem, eller via forædling forbedre dem, vi har.

Ukrudtet på marken minder os om, at det at dyrke jorden er et voldsomt indgreb i naturen. I Danmark er den "naturlige" plantevækst løvfældende skov, der er i ligevægt med klima og jordbund. Ukrudt er således den "naturlige" vegetations frontsoldater, dvs. dem, der først

etablerer sig, når jorden er blevet lagt øde af plov og harve. Hvis dette første plantesamfund imidlertid bliver overladt til sig selv, vil buske og træer gradvist vinde fodfæste, og landet "springer" i skov.

Mange ukrudtsarter vil nogle gange være forhadet af landmanden, fordi de sænker udbyttet og kvaliteten af afgrøderne, mens de andre gange vil være en velsignelse, fordi de sørger for, at jorden er dækket med planter, når der ikke er afgrøder til stede. Dermed beskytter de jorden mod erosion og hindrer næringsstoffer i at blive udvasket. Ukrudtet kan også bruges som værdifuldt foder til husdyr og mennesker i visse perioder. En plante kan således optræde som generende ukrudt i nogle situationer, og i andre er den slet ikke ukrudt, men derimod en værdifuld plante. Noget lignende gør sig gældende for afgrøder. I nogle situationer dyrker vi dem bevidst, men i andre situationer kan de optræde som generende ukrudt. Det er imidlertid vigtigt at slå fast, at det er os der bestemmer, hvad der er ukrudt.

Ukrudtsarternes frø og andre spredningsorganer invaderer og etablerer sig i et område, som har været udsat for forstyrrelser, fx i form af tilbagevendende pløjning. Vi finder derfor ukrudtsarternes naturlige voksesteder, hvor naturen selv sørger for hyppige forstyrrelser af jordbunden. Her i landet drejer det sig om tanglinier ved havet, den hvide og grå klit, skrænter, åbrinker og søbredder, hvor vand, vind, sandflugt og jordskred er hyppige gæster.

Halvdelen af vore ukrudtsarter har altid vokset i Danmark og betragtes som en naturligt forekommende del af den danske flora. Den anden halvdel er indslæbte arter, der utilsigtet er kommet med mennesket og dets afgrøder, eller

som er indslæbt i nyere tid med importeret frø, foder mv. Inden for de indslæbte arter er der også nogle, som med vilje er blevet bragt her til landet, fx skvalderkål (medicinplante) og spergel (gammel afgrøde). De har evnet at sprede sig til det dyrkede land, og nogle af dem er blevet generende ukrudtsarter.

Almindelig agerjord indeholder i gennemsnit ca. 27.000 ukrudtsfrø pr. m², som bare ligger og venter på at kunne spire, når forholdene bliver gunstige. Derfor er ukrudtet i afgrøder næsten altid til stede og skal bekæmpes hvert år for at undgå u hensigtsmæssig opformering.

På de danske marker er der fundet ca. 200 arter, som kan optræde som ukrudt. Kun ca. 30 af dem kan vi karakterisere som problematiske, selvom der godt kan være store regionale forskelle. Fx er ukrudtsfloraen på sandjorderne i Vestjylland væsentligt anderledes end ukrudtsfloraen på lerjorder i det østlige Danmark.

En anden faktor, som ser ud til at være vigtig for ukrudtsfloraens sammensætning, er afgrødevalget. Visse ukrudtsarter trives bedst i visse afgrøder. Dette har noget at gøre med den måde, afgrøderne vokser og udvikler sig på, og den måde, vi dyrker dem på. Vårsæd (fx vårbyg, vårhvede og havre) sås om foråret, og de ukrudtsarter, der vokser der, vil overvejende være sommer-enårige arter, der spirer om foråret og sætter frø om sommeren for derefter at dø. De efterårsåede afgrøder (fx vinterbyg, vinterhvede, rug, vinterraps) vil have en ukrudtsflora, der overvejende består af vinter-enårige ukrudtsarter, som spirer frem om efteråret og overvintrer for så at sætte frø og dø den efterfølgende sommer.

Der er også forskel på, hvorledes de enkelte afgrøder kan konkurrere med



Figur 6-2. Roer er dårlige konkurrenter over for ukrudt, fordi roebladene først på set sent tidspunkt dækker jorden mellem rækkerne og dermed hindrer lys at trænge ned til jordoverfladen. Ukrudtet kan derfor i begyndelsen vokse stort set uhindret og som her hæmme roernes vækst. På billedet er ukrudtet blevet så kraftigt at det ikke kan bekæmpes effektivt hverken med mekaniske eller kemiske metoder og landmanden vil ikke få noget udbytte af roerne.

ukrudtet. Fx er roer og kartofler rækkeafgrøder, der sås eller lægges om foråret og først sent dækker jorden med deres blade (figur 6-2). Derfor er disse afgrøder dårlige konkurrenter over for ukrudt. Vinter- og vårraps er også rækkeafgrøder, men deres blade dækker jorden ret hurtigt og er derfor langt bedre stillet i konkurrencen med ukrudtet.

Kornarterne er i relation til de nævnte rækkeafgrøder rimeligt gode konkurrenter, og man kan sige, at uanset om vi bekæmper ukrudt i korn eller ej, vil vi næsten altid i sidste ende få et udbytte. Dette er ingenlunde tilfældet med roer og kartofler, hvor der altid må gøres en aktiv indsats for at bekæmpe ukrudtet i første halvdel af vækstsæsonen.

Bekæmpelse af ukrudt

Bekæmpelse af ukrudt har haft landmandens bevågenhed lige siden de ældste tider, da vi begyndte at dyrke jorden for ca. 10.000 år siden. Figur 6-3 viser, hvorledes bekæmpelsen af ukrudt har

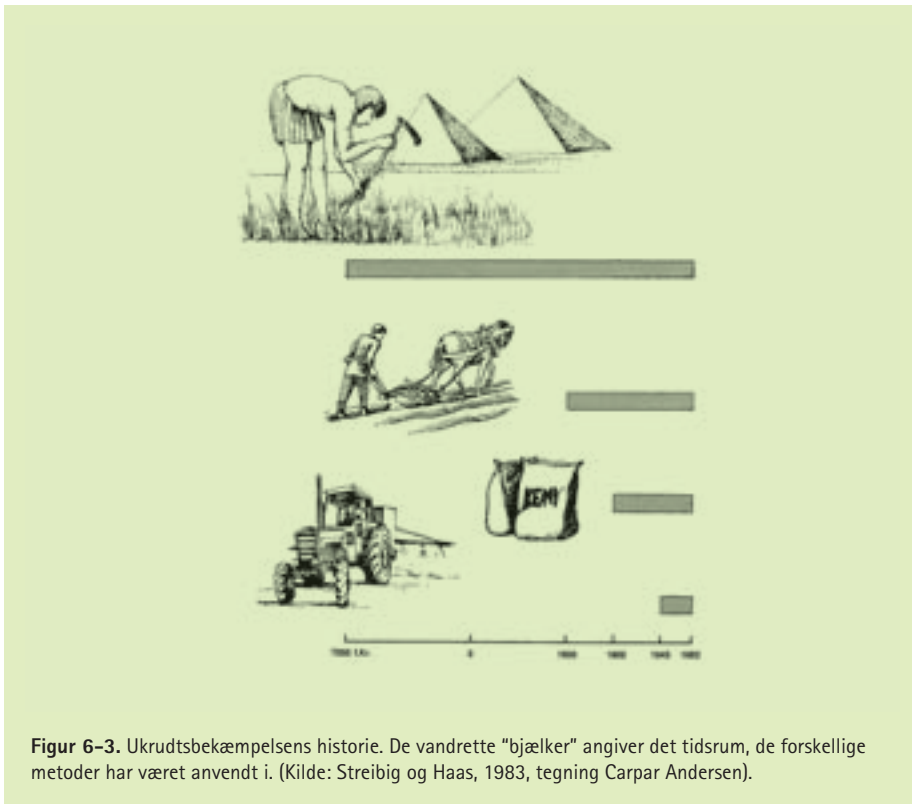
udviklet sig gennem tiderne. Landmanden har forsøgt at give afgrøden gode og ukrudtet dårlige vilkår ved at veksle mellem afgrøder, det såkaldte sædskifte, ved at pløje og harve, ved at luge med hånd

eller med redskaber, ved at gøde og på andre måder forbedre jorden, så afgrøden bedre kan tage kampen op mod ukrudtet. Først for knap 200 år side fik vi redskaber, som kunne afløse tidligere tiders håndlugning. I første halvdel af 1900-tallet fik vi simple kemiske midler (fx svovlsyre), og så sent som for 60 år siden fik vi mere specifikke kemiske bekæmpelsesmidler, de såkaldte herbicider. Den skitserede udvikling i figur 6-3 har imidlertid kun haft betydning i vores del af verden. På verdensplan er håndlugning i dag stadig den mest udbredte form for bekæmpelse af ukrudt.

I gamle dage var sædskiftet af stor betydning i ukrudtsbekæmpelsen. Man

kan groft sige, at brugen af bl.a. herbicider i dag er en substitut for tidligere tiders sædskifte, fordi herbiciderne kan klare de fleste ukrudtsproblemer, der opstår ved ensidig dyrkning af kun én afgrøde. I vore dages konventionelle jordbrug er sædskifte derfor mere drevet af udbud og efterspørgsel af en given afgrøde og af EU's landbrugsordninger end af sunde biologiske betragtninger. I økologisk jordbrug derimod er et fornuftigt sædskifte bydende nødvendig, fordi man har fravalgt brugen af kunstgødning og pesticider.

I tidligere tider brugte man også at braklægge marker for at kunne bekæmpe ukrudtet, men med den intensive

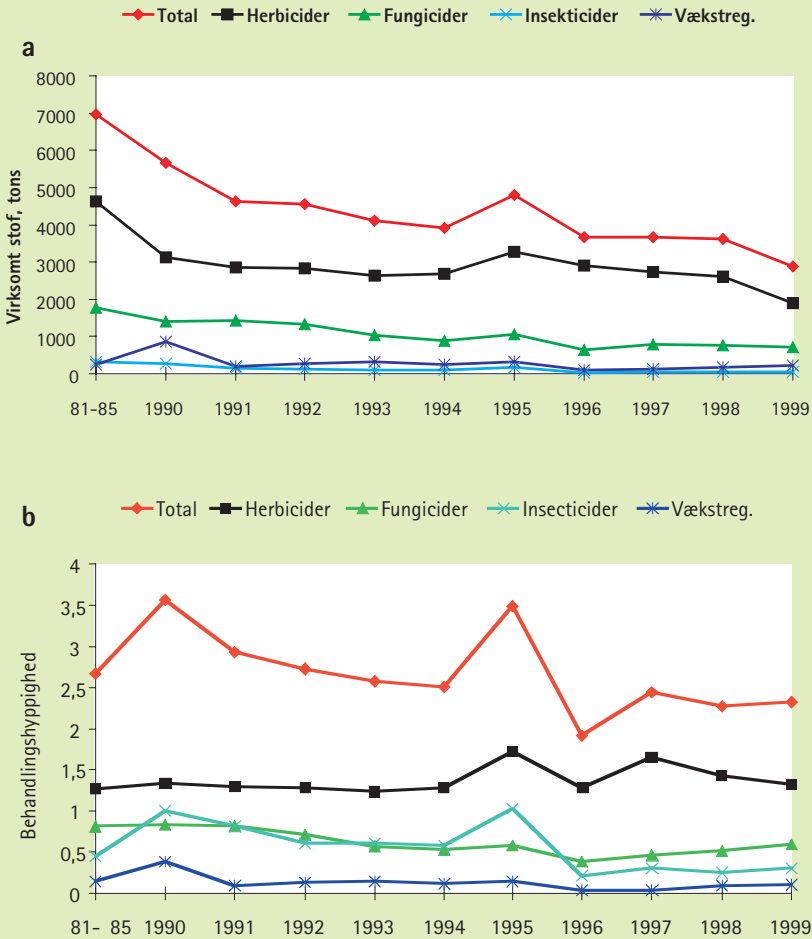


Figur 6-3. Ukrudtsbekæmpelsens historie. De vandrette "bjælker" angiver det tidsrum, de forskellige metoder har været anvendt i. (Kilde: Streibig og Haas, 1983, tegning Carpar Andersen).

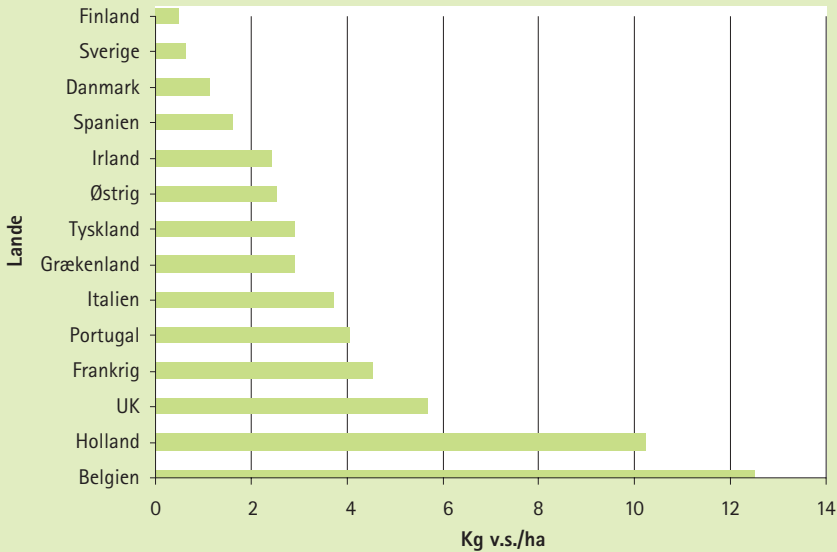
landbrugsproduktion i dag er braklægning ikke en metode, der bruges for sin ukrudtsbekæmpende effekt. Den braklægning, vi ser i disse år, er et politisk initiativ fra EU's side for at undgå over-

produktion og eventuel udvaskning af næringsstoffer til åer, søer og de kystnære områder.

Herbiciderne er den kemiske "hakke", som kan bekæmpe ukrudtet effektivt



Figur 6-4. a) Pesticidsalg og **b)** behandlingshyppighed (se tekst) i Danmark i perioden 1985-1999. Vækstreguleringsmidler bruges ikke til at bekæmpe skadevoldere i afgrøder, men derimod til, som navnet antyder, at regulere væksten af afgrøderne. De indgår imidlertid i Miljøstyrelsen oversigt over bekæmpelsesmidler (Miljøstyrelsen oversigt over bekæmpelsesmidler 2000).



Figur 6-5. Pesticidforbruget i EU i 1996. v.s. betyder virksomt stof som angiver den procentdel, det færdige pesticidprodukt indeholder af det aktive pesticid (kilde: Bichel-rapporten 1999).

uden at skade afgrøden. Herbicider bliver nærmere behandlet på side 117; her skal det kun nævnes, at når man sprøjter en afgrøde korrekt med herbicider, vil ukrudtet blive bekæmpet, mens afgrøden ikke vil tage skade. Denne egenskab kaldes selektivitet og er en af grundene til, at herbiciderne er blevet så populære i det moderne landbrug. Herbicidernes effektivitet medførte, at ældre tiders erfaringer med sædskifte og mekanisk bekæmpelse stort set er gået i glemmebogen.

I figur 6-4a kan man se, hvorledes udvikling i salget af bekæmpelsesmidler er forløbet siden 1980. Det fremgår tydeligt af figuren, at langt den største mængde bekæmpelsesmidler er herbiciderne. Det

tidskrævende, ensformige og ikke særlig meningsfyldte arbejde med at luge roer kan i stor udstrækning afløses af den "kemiske hakke".

Mediernes søgelys har i en årrække være fokuseret på det store pesticidforbrug i Danmark. Man kan spørge sig selv, hvor stort det danske forbrug er i forhold til andre lande i fx EU. Figur 6-5 viser, at selvom Danmark, trods sin liden størrelse, er et af de største landbrugslande i EU, ligger vores forbrug pr. hektar en del under de andre store landbrugslandes i EU, kun Finland og Sverige bruger mindre pesticid pr. hektar end Danmark.

Biologisk ukrudtsbekæmpelse anven-

der naturlige skadedyr og patogener til at reducere mængden af en eller flere uønskede plantearter til et økonomisk acceptabelt niveau. Man udnytter det forhold, at ukrudtsarternes naturlige fjender er i stand til at holde dem i skak. Ved klassisk biologisk ukrudtsbekæmpelse reducerer man udbredelsen af en indslæbt eksotisk plantearart ved at indføre og sprede skadegørere fra plantens oprindelige udbredelsesområde. Denne metode har vist sig succesrig mod få fremmede plantearter, der har bredt sig som alvorligt ukrudt på vedvarende græsningsarealer, fx i Australien og Nordamerika. Man har også udviklet såkaldte bioherbicer, hvor man periodisk frigiver en stor mængde af skadegøreren. Denne metode adskiller sig fra den klassiske metode ved, at ukrudtsplanterne påvirkes direkte af det udsprøjtede bioherbicid.

Allelopati til bekæmpelse af ukrudt har også påkaldt sig stor opmærksomhed. Allelopati betyder, at planter påvirker hinanden ved at udsondre nogle stoffer fra rod og blade, som hæmmer væksten af andre arter, en slags kemisk krigsførelse for overlevelse. Der har i mange år været forsket en del inden for dette område uden de store gennembrud. Tanken om at kunne bruge afgrøder, som billedlig talt danner deres egen naturlige herbicer for at bekæmpe det tyvagtige ukrudt, er besnærende. Desværre må vi konstatere, at gedigen fremadrettet forskning i allelopati er en mangelvare, og at der er særdeles få succeshistorier.

Når det drejer sig om ukrudt i Danmark, er vi i den heldige situation, at vi har fire ukrudtsundersøgelser, der strækker sig fra begyndelsen af forrige århundrede og op til ca. 1990. Med andre ord, vi kan dokumentere, hvorledes ukrudtsfloraen har ændret sig i løbet af næsten

hundrede år; netop i det tidsrum hvor det moderne landbrug udviklede sig, og den kemiske bekæmpelse tog sin begyndelse (se figur 6-3).

Disse undersøgelser godtgør, at drastiske ændringer i ukrudtsfloraen allerede kunne registreres længe før, vi begyndte at bruge kemiske ukrudtsmidler, de såkaldte herbicer. Dette skyldes udvikling af bedre maskiner til rensning af såsæd for ukrudtsfrø, jordbehandling og ukrudtsbekæmpelse og valg af afgrøder. Selv efter ca. 25 års intensiv brug af de moderne herbicer kunne vi omkring 1970 ikke godtgøre, at de havde påvirket ukrudtsfloraens sammensætning mere end andre driftsforanstaltninger. Det var først ved den sidste ukrudtsundersøgelse i slutningen af 1980'erne, vi tydeligt kunne se, at ukrudtsarternes hyppighed generelt var faldet med 60 procent i forhold til omkring 1970. I denne undersøgelse fandt vi i alt ca. 200 ukrudtsarter, samme antal som vi fandt i undersøgelserne 25 år tidligere.

Lige meget hvilken metode vi bruger i bekæmpelsen, vil den altid ændre ukrudtsfloraens sammensætning. Således vil arter, som bedre kan modstå de forhåndenværende bekæmpelsesforanstaltninger, klare sig bedre end andre, mere følsomme arter. Dette i sig selv ret banale forhold medfører, at vi ensidigt vil opformere arter, der vil overtage de mere svagelige arters plads. Dette er vaskægte darwinisme, og sådan har det været alle tider. Det har også været drivkraften i udviklingen af metoder, og landmanden ved af bitter erfaring, at ensidig brug af kun én bekæmpelsesmetode nok på kort sigt vil bekæmpe nogle problematiske ukrudtsarter, men på langt sigt vil det medføre opformering af andre arter, som vil dominere og give problemer.

Herbicer

Bekæmpelse af ukrudt i vores del af verden er stort set synonymt med brugen af herbicer. De udgør den største mængde af alle pesticider (figur 6-4a), og det er herbicerne, vi overvejende finder i grund- og drikkevand. Imidlertid er pesticiderne nogle af de bedst undersøgte kemiske stoffer, vi omgiver os med, og myndighedernes godkendelse af et givet pesticid bygger på særdeles omfattende toksikologiske og økotoxikologiske undersøgelser. Der vil altid være nogen usikkerhed omkring et stofs biologiske virkning, fordi vi aldrig kan bevise, at et givet kemisk stof ikke har en eller anden biologisk effekt. Denne mangel på eksakt viden gør, at vi ved brug af pesticider foretager et valg under usikkerhed og må opveje fordele og ulemper. Valget mellem at bruge pesticider eller ej er derfor som i alle andre af livets forhold et valg truffet under usikkerhed.

De moderne herbiciders historie begynder under 2. verdenskrig (figur 6-3), hvor man i USA og England i dybeste hemmelighed udviklede kemiske forbindelser, som kunne udsprøjtes uden at skade kornet, men effektivt bekæmpe ukrudtet. Som altid når vi finder nye metoder til at lette arbejdet, har vi en tendens til at tro, at træerne vokser ind i himlen. Forbruget af herbicer steg og steg indtil omkring 1980, og det samme gjorde mængden af herbicer i miljøet, hvor det ikke var meningen, at de skulle være. Omkring 1980 blev der udviklet nogle midler (minimidler), der kun skulle doseres i gram pr. ha, mens de "gamle" stoffer for at klare det samme job skulle doseres i kg pr. ha. Dette ses tydeligt i figur 6-4a i form af et fald. Med andre ord, faldet var et udtryk for en

teknologisk udvikling inden for sprøjtemidler.

I begyndelse af 1980'erne toppede forbruget af sprøjtemidler, og den intensive landbrugsproduktion medførte en generel utryghed i befolkningen, især brugen af pesticiderne blev beskyldt for at forarme naturen. Der blev iværksat politiske initiativer for at nedsætte forbruget, og vi fik i 1986 den første pesticidhandlingsplan, der krævede en halvering af forbruget over en tiårig periode i forhold til det gennemsnitlige forbrug i 1981-85. Dette lykkedes næsten, fordi vi havde fået de nye minimidler.

Imidlertid var der også en anden klausul; behandlingshyppigheden skulle også nedsættes til det halve af gennemsnittet fra 1981-85 (figur 6-4b). Behandlingshyppigheden er et mål for det antal gange, én hektar (ha) bliver sprøjtet med en godkendt dosering, som er fastsat af Miljøstyrelsen og Danmarks JordbrugsForskning. Fx vil sprøjtning med et minimiddel med en anerkendt dosering på 4 g herbicid pr. ha give en behandlingshyppighed på 1,0, mens et "gammelt" middel med en anerkendt dosering på 1000 g pr. ha ligeledes giver en behandlingshyppighed på 1,0. Med andre ord vægter behandlingshyppigheden de enkelte pesticider efter deres effektivitet (anerkendte dosering), uanset om der bruges 4 g eller 1000 g pr. ha. Filosofien bag dette er, at et middel, der i doser på gram pr. ha bekæmper ukrudt lige så effektivt som et middel, der bruges i doser på kg pr. ha, også belaster miljøet lige så meget som det sidstnævnte. Behandlingshyppigheden ændre sig således ikke, selvom vi bruger et nyere middel, som kun skal doseres i gram pr.

ha i forhold til de gamle midler, der dosering i kg pr. ha.

Det lykkedes ikke at nedbringe behandlingshyppigheden til det halve som foreskrevet i den første pesticidhandlingsplan (figur 6-4b). Rent faktisk ændrede den sig ikke særlig meget gennem disse 10 år. Dette udløste en gennemgribende kulegravning af hele jordbrugets pesticidforbrug og resulterede i en rapport (Bichel-rapporten), som er ret enestående, idet den grundigt undersøgte mulighederne for at: 1) forbyde al pesticidanvendelse, 2) nedsætte forbruget yderligere uden for store økonomiske tab og 3) indføre økologisk jordbrug. På grundlag af Bichel-rapportens anbefalinger har vi nu fået den anden pesticidhandlingsplan, hvor man ikke fokuserer på mængde, men kun på behandlingshyppighed. Planen kræver en nedsættel-

se af behandlingshyppigheden til under 2,0 i år 2002 og en yderligere reduktion til ca. 1,7-1,4 i løbet af de næste 10 år.

Danmark er på mange måde et forgangsland, når det drejer sig om at reducere forbruget af pesticider. Som nævnt tidligere er vi på trods af vores liden størrelse et af de "store" landbrugslande, men vores forbrug af pesticider pr. ha er et af den mindste i EU (figur 6-5). I Danmark er der gjort et stort formidlingsarbejde for at få landmændene til at sprøjte mindre end den anerkendte dosering pr. ha. Det kan nemlig godt lade sig gøre at få en lige så effektiv bekæmpelse ved at sænke doseringen, hvis blot man sprøjter på det rigtige tidspunkt, når ukrudtsplanterne er helt små. Herved kan landmanden spare penge til sprøjtemidler og samtidig reducere risikoen for utilsigtede miljøpåvirkninger.

Fremtidens bekæmpelse af ukrudt

Når vi dyrker jorden, har vi ukrudt, og hvis vi skal have noget ud af de fleste afgrøder, bliver vi nødt til at bekæmpe ukrudt. Hvorledes kan vi griber sagen an? Fra et teknisk synspunkt kan vi passende se på, hvorledes udviklingen vil kunne tænkes at forløbe set i relation til udviklingen i de sidste 60 år. Som nævnt tidligere er vi gået fra mekaniske til kemiske metoder, og resultatet er, at vi har effektiviseret bekæmpelsen i en udstrækning, som ingen troede var mulig, og samtidig har vi pådraget os nogle miljømæssige problemer, fx forurening af grundvand, som på smukkeste vis viser sandheden i Bernard Shaws udtalelse: "Videnskaben tager altid fejl. Den har endnu ikke løst et problem uden at skabe ti nye".

Målet med den fremtidige bekæmpelse af ukrudt er at minimere de miljømæssige konsekvenser af alle de bekæmpelsesstrategier, vi har til rådighed, kulturtekniske og mekaniske metoder, kemiske og biologiske metoder. Alle de nævnte metoder i de næste afsnit har deres fordele og ulemper såvel i landbrugs- som i miljømæssig sammenhæng. Mens der tidligere har været en tendens til at koncentrere sig om én eller få metoder, specielt de kemiske metoder, må vi i fremtiden integrere metoderne, så vi undgår ensidig opformering af problematiske ukrudtsarter og belastning af det omgivende miljø.

Det er en spændende udfordring, som det imidlertid kan blive svært at takle.

Kulturtekniske metoder og sædskifte

Jordforbedring i form af dræning og kalkning har været med til at bekæmpe tidligere tiders ukrudtsproblemer, så vi i dag næsten ikke finder ukrudtsarter, som kun kan vokse på vandlidende eller på sure jorder. Vi er formodentlig i dag kommet så langt inden for jordforbedring, at der ikke inden for en overskuelig fremtid kan forbedres yderligere med hensyn til ukrudtsbekæmpelse.

Derimod er der tendenser i landbruget til at gå fra den traditionelle jordbearbejdning med pløjning til det, vi kalder reduceret jordbehandling eller pløjefri dyrkning. Jordbearbejdning er relativt energikrævende, og hvis man kan dyrke afgrøder uden at skulle pløje, vil der kunne spares en omkostningstung arbejdsgang i marken. Om disse metoder vil have en fremtid i Danmark, er svært at sige, men én ting er sikkert: Ved at praktisere pløjeløs dyrkning får man nogle markant andre ukrudtsproblemer, end dem vi har i dag. Det drejer sig især om flerårige ukrudtsarter og græsser, som vil profitere på manglede pløjning. For at løse dette vil overgang til pløjefri dyrkning måske kræve et større forbrug af herbicider, og dermed stride mod intentionerne om at sænke forbruget af herbicider.

Kunsten i fremtiden, hvis pløjefri dyrkning skal være et bæredygtigt alternativ til traditionel jordbehandling, bliver at udvikle strategier, som kombinerer fordelene ved pløjefri dyrkning, fx mindre energiforbrug til jordbehandling, med mindre herbicidforbrug.

Mekaniske metoder

Alle afgrøder i det moderne landbrug er sået på rækker, og derfor har man mulighed for at luge mellem rækkerne med

forskellige redskaber. De bedst kendte er radrenseren i roerne og kartoffelhyppe- ren i kartofler. Hypning af kartofler tjener ikke kun til at hyppe kartoflerne, så knoldene ikke får lys, men tjener også til at bekæmpe ukrudt. Radrensning kan bruges i korn, som ellers sås med en meget lille rækkeafstand.

I korn kan man også bruge harver, idet kornet i begyndelsen af sin vækstperiode godt kan tåle mekanisk slid. Med ukrudtsharve og ukrudtsstrigle får man både reduceret mængderne af ukrudt i rækkerne og mellem dem. Et af de store problemer ved mekanisk bekæmpelse er ukrudtet i selve rækken. Her foretages der i øjeblikket et stort udviklingsarbejde for at finde egnede metoder, så redskaber i form af lugerobotter kan skelne mellem ukrudt og afgrøde (se også side 137). I fremtiden kan man skelne mellem to forskellige udviklingsmuligheder.

Den ene mulighed ligger i præcisions- såning, hvor man kan sikre sig, at planterne står på rækker både på kryds og tværs (skakbrætsåning), så radrenseren kan køre på langs og tværs og bekæmpe ukrudt såvel inden for som mellem rækkerne. Problemet er imidlertid at få det ukrudt, der står tæt på afgrødeplanten bekæmpet. Her vil udviklingen gå i retning af at udvikle sensorer eller videoudstyr, som kan skelne mellem ukrudt og afgrøde, så robotarme kan styre den mekaniske lugning også tæt på afgrøden.

For at dette kan blive en god metode, må man udvikle en såteknik, som med stor præcision kan angive hver afgrødeplantes position i marken, så man ved hjælp af signaler fra satellitter (GPS) kan styre sine redskaber helt tæt på den enkelte afgrødeplante. Systemer, der kan genkende ukrudt fra afgrøde, er et af de store uløste problemer, fordi vi endnu

ikke har computerprogrammer, der hurtigt og sikkert kan analysere et billede og identificere ukrudtet og dermed styre robotten. Med den hastige udvikling inden for computerteknologien og billedbehandlingsteknologien er det sikkert kun et spørgsmål om tid, før det vil være muligt.

Den anden metode, som har været anvendt i en del år, og som har fået en renæssance i bl.a. økologisk jordbrug er flammebehandling. Her drejer det sig om at luge i og mellem rækkerne på tidspunkter, hvor afgrøden enten ikke er kommet op, fx lige efter såning, eller hvor den kan tåle varmen fra flammekasteren, eller ved at afskærme afgrøden. Flammebehandling er en relativt dyr og energikrævende metode og anvendes derfor kun i såkaldte højværdiafgrøder.

Der forskes i andre, nye metoder til bekæmpelse af ukrudt, og her skal blot nævnes to: laserbestråling og UV-bestråling. I kombination med lugerobotter og billedbehandling kan laserteknologi måske blive en mulighed i fremtidens landbrug. Fordelen ved laser er, at den meget præcist kan styres til kun at ramme ukrudtet og ikke afgrøden. UV-stråling er farlig for planter og kan derfor bruges til at luge i rækkeafgrøder eller på bar mark.

Problemet med UV-lys og laser er, at det også er farligt for dyr og mennesker uden afskærmning, og det kræver ret megen energi for at få en tilstrækkelig bestråling af planterne. Udviklingen af disse metode kræver, at man kan afskærme strålingen effektivt og udvikle apparatur, der ikke kræver så megen energi. Metoderne er dog interessante, idet de ligesom flammebehandling ikke roder i jorden. Hver gang man roder i jorden, stimulerer man nemlig nye ukrudtsfrø til spiring.

Biologisk bekæmpelse

Interessen for at anvende naturligt forekommende patogener som bioherbicer i landbrugsafgrøder er stigende, og inden for dette område er der adskillige europæiske forskningsprogrammer i offentligt regi. Man kan fx påføre ukrudtsarterne et meget stort smittetryk af svampespore, som allerede findes i det naturlige miljø, men som kun under ganske specielle forhold hæmmer planten, fordi smittetrykket normalt ikke er stort nok til at skade planterne alvorligt. Under danske forhold kunne man forstille sig bioherbicer udviklet mod arter som fx ager-tidsel samt almindelig bjørneklo og kæmpe-bjørneklo (se figur 6-1).

Det er vores opfattelse, at vi nok i fremtiden kan udvikle visse biologiske metoder til nogle meget specifikke ukrudtsarter, men at disse metoder ikke vil kunne bruges over en bred kam i det danske landbrug. Der er udviklet og markedsført bioherbicer i Japan, Amerika og Australien, men kun mod ganske få ukrudtsarter.

Kemisk bekæmpelse

Mens den kulturtekniske, mekaniske og biologiske bekæmpelse som nævnt har mange år på bagen, er den kemiske bekæmpelse af nyere dato. Som det fremgår af figur 6-3 har vi kun haft effektive og selektive herbicer i ca. 50 år. Så i historiens lys må vi betegne denne form for bekæmpelse som en parentes i ukrudtsbekæmpelsens lange historie.

De agrokemiske firmaers renommé og den negative holdning til brugen af herbicer i befolkningen har medført, at stort set alle ser skævt til brugen af herbicer og de firmaer, der producerer dem. Men vi er ikke et øjeblik i tvivl om, at herbicerne er kommet for at blive, og at de også i fremtiden vil spille en vig-

tig rolle i det moderne landbrug, på nøjagtig den samme måde, som medicin spiller en vigtig rolle ved at kunne kure og lindre sygdomme. I øvrigt er det de samme firmaer, der laver herbicider og medicin.

Der er tre strategier for udvikling af herbicider. De fleste herbicider er opdaget ved at undersøge millioner af molekyler for herbicidvirkning. Denne metode har vist sig at være ret succesfuld, hvis man ser på, hvor mange herbicider der

er blevet udviklet i tidens løb: ca. 200 forskellige forbindelser. Den anden strategi er at designe et herbicid ud fra kendskabet til, hvorledes virkningsstedet i planten ser ud. Denne metode, der benævnes biorationel design, har indtil videre ikke været en succes. Vi kender kun ét herbicid, som er udviklet på grundlag af denne strategi (Bentazon). Den tredje strategi er at bruge naturstoffer som herbicider. Denne strategi, som er snævert knyttet sammen med allelopati, har ikke bidraget væsentligt til udvikling af herbicider, som kunne markedsføres, men har til gengæld været medvirkende til, at vi i dag kender en lang række naturprodukter, som har en vis effekt på planter.

De store agrokemiske firmaer vil også i fremtiden kunne levere midler mod stort set alle slags ukrudtsproblemer. Nye syntese- og screeningssystemer, de såkaldte "High throughput screening"-metoder, som kan analysere uhyrlige antal molekyler, vil måske i fremtiden kunne give effektive midler uden nævneværdige miljøeffekter til de danske landmænds evindelige ukrudtsproblemer. Nu er Danmark et lille marked for firmaerne, så i fremtiden vil de kun udvikle midler til de store afgrøder i verden, fx kornarterne byg, hvede, majs og den mere eksotiske ris samt citrus, sojabønne og bomuld. Og hvis tilfældet tillader, kan vi måske også bruge nogle af disse midler til andre, "mindre" afgrøder.

De naturstoffer, der især har påkaldt sig forskernes interesse, er såkaldte sekundære forbindelser, også kaldet sekundære stofskifteprodukter eller metabolitter. Som bekendt har planter ikke som dyrene noget veludviklet ekskretionssystem. Tidligere troede man, at planterne derfor var henvist til at sende disse "unyttige", sekundære metabolitter ind i vakuoler (et lille hulrum i cellesaf-



Figur 6-6. I fremtidens jordbrug vil herbicider fortsat spille en vigtig rolle for udbyttets størrelse. Foto E.S. Jensen.

ten omgivet af en membran, som bl.a. indeholder forskellige stofskifteprodukter), hvor de ikke kunne gøre skade. Nyere forskning viser imidlertid, at disse sekundære stoffer, fx nikotin, anvendes af planterne i forskellige sammenhænge (allelopatisk forbindelse hører også hjemme under denne gruppe).

Det har vist sig, at antallet af potentielle sekundære forbindelser i planter, som har herbicid-virkning, er stort, og fra at være et forskningsområde, som har været henvist til få entusiastiske grupper af plantefysiologer og naturstofkemikere, er landbruget og især den kemiske industri ved at få øjnene op for de muligheder, der ligger gemt her.

Drivkræfterne bag udviklingen af naturstoffer til bekæmpelse af ukrudt er ikke kun videnskabelig nysgerrighed, men også det faktum, at der i befolkningen er en større accept af naturens egne midler end den kemiske industris syntetiske midler. Desværre er naturstofherbicer ikke altid de vises sten, fordi mange af dem er særdeles giftige for dyr og mennesker. Vi er imidlertid ikke et øjeblik i tvivl om, at der er store potentialer i at udvikle herbicer af naturstoffer i fremtiden. Især vil udviklingen inden for allelopati (se næste afsnit) og naturstoffer i fremtiden give mange spændende muligheder for at give ukrudtsbekæmpelsen flere tangenter at spille på.

I dag foretager landmanden som regel ukrudtsbekæmpelse i hele marken. Men ukrudt er sjældent jævnt fordelt. I fugtige og kolde lavninger forekommer der måske meget tabsgivende ukrudsarter, mens der andre steder ikke er arter, der udgør en økonomisk trussel mod landmanden, og som det derfor ikke kan betale sig at bruge penge på at sprøjte. Derfor forskes der i at udvikle metoder til positionsbestemt sprøjtning af ukrudt.

Til det formål skal man i dag foretage en detaljeret ukrudtskortlægning, som er meget tidsrøvende. Derfor er det bydende nødvendigt at udvikle automatisk registrering af afgrøde og ukrudt, som kan give sprøjteudstyret direkte informationer om, hvornår og med hvilken dosering der skal sprøjtes på forskellige steder i marken. Herved sparer landmanden penge på sprøjtemidler samtidig med, at der opnås en miljøgevinst.

Allelopati

Selvom bekæmpelse af ukrudt med allelopati ikke kan fremvise store gennembrud, er der imidlertid håb forude. Nyere forskning, bl.a. inden for ris, har vist, at der findes visse sorter, som tydeligvis har en allelopatisk virkning på visse ukrudsarter. I samarbejde med naturstofkemikere isoleres fraktioner af rod-eksudater, som har biologisk aktivitet på andre planter.

I disse biologisk aktive stoffer prøver man at finde de(n) kemiske forbindelse(r), der er ansvarlig for virkningen. Når den aktive forbindelse er isoleret, identificeret og molekylestrukturen er klarlagt, prøver man med molekylærbiologiske metoder at identificere, hvilke gener der er ansvarlige for produktionen af den aktive kemiske forbindelse. Når dette mål er nået, kan planteforædlerne (se nedenfor) forsøge at inkorporere disse gener i afgrøder, så de kan syntetisere deres egne "herbicer".

Planteforædling

Planteforædling sigter som regel mod at producere sorter, der giver større udbytte, eller sorter, der er resistente over for forskellige plantesygdomme. Derimod har planteforædlerne kun i få tilfælde forsøgt at frembringe sorter, der er mere konkurrencedygtige over for ukrudt.

De moderne, højtydende kornsorter har et kort strå, så en større del af fotosyntesens produkter indlejres i kernerne og ikke i halmen. Imidlertid medfører et kort strå, at de moderne kornsorter er mere konkurrencesvage over for ukrudt end de gamle langstråede sorter. Man kan måske tillade sig at konkludere, at jo højere potentielt udbytte en kornsort har, jo dårligere klarer den sig i konkurrencen med ukrudtet (se side 328). Dette er dog en sandhed med modifikation, da afgrødernes konkurrenceevne over for ukrudt også er afhængig af andre faktorer end stråets længde.

På grund af det negative syn på herbicidforbruget i landbruget er der ved at være en gryende interesse for at benytte konkurrenceevne som et af mange forædlingsmål. Forbedret konkurrenceevne som forædlingsmål er imidlertid særdeles vanskeligt og kompliceret – selv i disse gensplejsningstider.

Derimod har færdighederne i gensplejsning givet industrien nye muligheder for at tilpasse biologien til kemien. Det drejer sig om kun at ændre ét arveanlæg til forskel fra de mange arveanlæg, der skal ændres, hvis konkurrenceevnen skal forbedres. Man kan nu relativt nemt gøre ellers følsomme afgrøder tolerante over for allerede kendte herbicider. De bedst kendte eksempler her i landet er gensplejsede roer og raps, som nu er blevet gjort tolerant over for ukrudtsmidlerne Roundup og Basta. Normalt vil sprøjtning med Roundup eller Basta i en afgrøde bekæmpe ukrudtet, men desværre samtidig skade eller slå afgrøden ihjel. Ved at gøre roen eller rapsen tolerant over for disse ukrudtsmidler, kan man slå to fluer med ét smæk.

Landmanden kan få en bedre ukrudtsbekæmpelse i disse afgrøder, og samtidig kan de agrokemiske industrier,

der producerer disse midler, udvide deres marked. Yderligere kan man kombinere biologi og kemi på en sådan måde, at man med gensplejsning og planteforædling kunne vælge at gøre afgrøder tolerante over for ukrudtsmidler, som ikke er så skadelige for sundhed og miljø.

I Nordamerika nyder de nye herbicidtolerante afgrøder: sojabønne, majs, bomuld og raps landmændenes bevilgenhed. Det amerikanske samfund accepterede stort set udviklingen, og der var ingen større modstand hos forbrugere og myndigheder. Analyser af den nye teknologis økonomiske fordele for producenter og forbrugere har vist, at ved at dyrke Roundup-Ready-sojabønner i USA scorede producenterne, Monsanto og frøfirmaerne, 30 % af kassen. De amerikanske landmænd fik 50 % af de økonomiske fordele, og de resterende 20 % kom forbrugerne til gode.

Der er ingen tvivl om, at dette område inden for planteforædling vil ekspandere, idet koblingen mellem agrokemisk industri og frøfirmaer i fremtiden vil kunne levere færdige bekæmpelsespakker, hvor herbicid og såsæd passer til hinanden som nøglen i en lås. Spørgsmålet er, om denne forskning kun kommer den vestlige verdens landbrug til gode, fordi det er her, landmændene har råd til at betale ekstra for såsæd og herbicider. Erfaringer med medicin viser, at der er flere penge i forskning i "livsstilsmedicin" end i medicin til bekæmpelse af alvorlige tropesygdomme. Vil den samme tendens gælde for planteforædling og kemi?

Det bliver imidlertid spændende at se, om vi med gensplejsning i fremtiden kan forbedre afgrødens konkurrenceevne over for ukrudtet. Dette er en lang hårdere nød at knække end at gøre afgrøder herbicidtolerante.

Bekæmpelse af ukrudt og EU's fælles landbrugspolitik

Fremtidens ukrudtsbekæmpelse i dansk landbrug er ikke udelukkende et spørgsmål om fremskridt inden for teknik, biologi, økologi og kemi. Landbrug er et særdeles reguleret område, som styres af EU og nationalstaterne. EU's protektio-

nistiske landbrugspolitik er imidlertid ved at ændre sig. Hvis kornprisen i EU falder, vil det sænke behovet for ukrudtsbekæmpelse, fordi landmanden alt andet lige kan tolerere mere ukrudt i afgrøden. Den forventede pris på en afgrøde bestemmer nemlig, hvor meget landmanden vil investere i at bekæmpe ukrudt.

Fremtiden kort fortalt

Mekanisk og kemisk ukrudtsbekæmpelse vil blive videreudviklet. Planteforædling vil forbedre dyrkningssikkerheden og vil stille afgrøder til rådighed, som er blevet gjort bedre skikket til at holde skadevoldere, herunder ukrudt, stangen.

Den teknologiske udvikling vil være styret af befolkningens holdning til moderne landbrugsproduktion, de rige vestlige landes fremtidige landbrugspolitik og befolkningsudviklingen i Verden.

Selvom der i skrivende stund synes at



Figur 6-7. De "vilde" planter på grøftekanterne er ikke ukrudt, og de udgør ikke en trussel mod afgrøderne. Foto E.S. Jensen.

være tilstrækkeligt med mad til at brødføde Jordens nuværende befolkning, ser fremtiden ikke for lys ud. Danmark har noget af verdens bedste landbrugsjord og nogle af verdens bedst uddannede landmænd. Hvis vi ikke udnytter ny landbrugsteknologi og øger produktionen på de eksisterende jorder, skal vi på verdensbasis inddrage enorme naturområder, ofte med dårlig jordkvalitet, til fødevareproduktion for at klare forsynin-

gerne de næste 20-30 år. Dette vil ødelægge mange uerstattelige naturværdier.

Hvilken vej skal vi gå? Skal vi producere til såvel det rige vestlige marked som til den del af verden, som uvægerligt vil komme i fødevareunderskud, eller skal vi som hidtil udelukkende koncentrere os om vore egen egocentrerede fødevareproduktion? Svaret blæser i vinden over de bølgende danske kornmarker.

