

MAD TIL MILLIARDER



## KOLOFON

Institut for Plante- og Miljøvidenskab  
Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet,  
Københavns Universitet  
Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg C  
Udgivet 2013  
ISBN: 978-87-996274-0-0  
*Digital version optimeret til iPad*

## Redaktør

Rikke Pape Thomsen

## Skribenter

Rikke Pape Thomsen, Søren Husted og  
Andreas de Neergaard

## Layout/Design/3D

Hans Christian Asmussen/Nation.dk



## Rikke Pape Thomsen

– er uddannet biolog og arbejder med kommunikation og forskningsformidling.



## Søren Husted

– er professor i plantenæringsstoffer. Han forsker i plantens biokemiske processer, som jordens grundstoffer styrer. Den viden anvendes til at udvikle planter, der kan vokse på de mange ufrugtbare jorde på kloden.



## Andreas de Neergaard

– er professor og arbejder med bæredygtig planteproduktion i udviklingslande med fokus på næringsstoffer, jordkvalitet og kulstoflagring. Han er studieleder for bacheloruddannelsen Naturressourcer og for kandidatuddannelsen Agricultural Development, som handler om landbrug i udviklingslande.

# FORORD

Frem mod år 2050 vil det globale befolkningstal stige fra 7 til 9.5 milliarder mennesker, hvilket svarer til næsten 40 % flere, end vi er på kloden i dag. Hvordan skal det lykkes at brødføde så mange mennesker i en verden, hvor næsten 900 millioner sulter, og 3 milliarder allerede lider af fejlernæring, fordi den føde, de indtager, indeholder for få næringsstoffer?

Udfordringen virker overvældende, fordi vi de næste 40 år skal producere flere fødevarer, end vi samlet set har produceret i de foregående 12.000 år. Hvordan sikrer vi, at der ikke opstår en omfattende mangel på fødevarer, når klodens befolkning stiger så voldsomt?

En ting er sikker. Det er helt nødvendigt at øge planteproduktionen nu og i fremtiden. Men er der landbrugsjord nok, når tørke og ørkendannelse er omfattende i store dele af verden? Kan klimaet og miljøet mon holde til den ekstra belastning, en øget produktion fører med sig? Er løsningen at benytte mere kunstgødning i jordbruget? Skal vi satse på at indføre genmodificerede afgrøder eller dyrke

flere arealer økologisk? Eller findes løsningerne et helt andet sted? Der er meget stor forskel på udfordringerne i Danmark og de øvrige industrialiserede lande i Nord i forhold til udviklingslandene i Syd.

I denne bog præsenterer vi en række grundelementer, der knytter sig til de mange problemstillinger omkring global fødevarerproduktion og en bæredygtig udnyttelse af klodens ressourcer.

De væsentlige biologiske og agronomiske elementer, der kan bidrage til denne enorme udfordring, bliver gennemgået. De kvalificerede svar opstår kun, hvis du får solid indsigt i vilkårene for planteproduktion i det moderne industrilandbrug og i det tropiske landbrug.

## Besøg sitet – [madtilliarder.dk](http://madtilliarder.dk)

Du vil i bogen møde fire jordbrugere, der dyrker planter under meget forskellige forhold og forudsætninger. Hvis du vil lære de to danske jordbrugere Carsten Søgaard og Nick de Neergaard, samt afrikanske Jimmy Olupot og

brasilianske Braz da Silva nærmere at kende, kan du læse om dem bagerst i bogen og på hjemmesiden.

Bogens tabeller, figurer og referencer kan du finde på hjemmesiden.

Til udgivelsen hører et gymnasiebesøg: 'Mad til Milliarder - tæt på økologi og jordbrug', som vi udbyder i SCIENCES gymnasiebesøgsordning. Her understøtter mundtlige oplæg og praktiske øvelser nogle af bogens kapitler.

## Tak

Tak til Undervisningsministeriet for at yde økonomisk støtte, så det er blevet muligt at lave denne bog til brug i undervisningen på de gymnasiale uddannelser. En særlig tak skal rettes til Grethe Hestbech og Anders Liboriusen fra Christianshavns Gymnasium og Karin Frykmann fra Ordrup Gymnasium for at give konstruktiv feedback på bogens manuskript. Også tak til Hans Asmussen, nation.dk, for uvurderlig støtte og solid faglig sparring omkring det visuelle udtryk og layout.

# INDHOLDSFORTEGNELSE —

Tryk på kapitlets titel for at åbne det...

## 1 Mere mad til milliarder af mennesker . . . . . 7

Befolkningstilvæksten er stærkt stigende . . . . . 8

■ Kan man begrænse befolkningstilvækst? . . . . . 9

■ Kan man øge landbrugsarealet? . . . . . 9

■ Kan man øge høstudbyttet? . . . . . 15

■ Kan kostens sammensætning omlægges? . . . . . 17

Konklusion . . . . . 17

*Faktaside:* Den grønne revolution . . . . . 18

## 2 Plantenæringsstoffer og jordens frugtbarhed . . . . . 21

De essentielle plantenæringsstoffer . . . . . 23

Grundstoffernes vigtighed— Liebigs minimumslov . . . . . 23

De essentielle næringsstoffer har vigtige roller . . . . . 25

Plantenæringsstoffernes tilgængelighed og optagelse . . . . . 26

Dansk landbrugsjord er blandt den mest frugtbare i verden . . . . . 27

Tropiske jorde er ofte udpinte og ufrugtbare . . . . . 27

Kvælstof begrænser i Danmark – fosfor i troperne . . . . . 27

Alle planter har et udbyttepotentiale . . . . . 28

Konklusion . . . . . 29

## 3 Økologiske og konventionelle dyrkningssystemer . . . . . 31

Det konventionelle jordbrug med kunstgødning og pesticider . . . . . 33

Debatten om GM afgrøderne . . . . . 34

Det økologiske jordbrug sigter på lukkede næringsstofkredsløb . . . . . 37

Kvælstoftilførsel varierer imellem dyrkningssystemer . . . . . 38

Økologi på ufrugtbare jorde kan give gode udbytter . . . . . 39

Økologien giver gode produktionsresultater . . . . . 40

Økologi er bæredygtigt og har en stor fremtid . . . . . 41

Konklusion . . . . . 41

*Faktaside:* Genmodificerede afgrøder . . . . . 43

## 4 Kvælstof – i luften, på land og til vands . . . . . 47

Kvælstofs funktion i planter . . . . . 48

Kvælstofs fiksering fra luften . . . . . 48

Plantens kvælstofoptag . . . . . 51

Kvælstoffikserende afgrøder i jordbruget . . . . . 53

Næringsstofbalancen i dansk jordbrug . . . . . 54

Næringsstofbalancen i et tropisk jordbrug . . . . . 56

Eutrofiering og vandrammedirektiver . . . . . 56

Konklusion . . . . . 57

*Faktaside:* Kvælstoffiksering . . . . . 58

*Faktaside:* Fremstilling af kunstgødning . . . . . 59

## 5 Fosfor – fremtidens guld . . . . . 62

Fosformangel giver lavere udbytter . . . . . 64

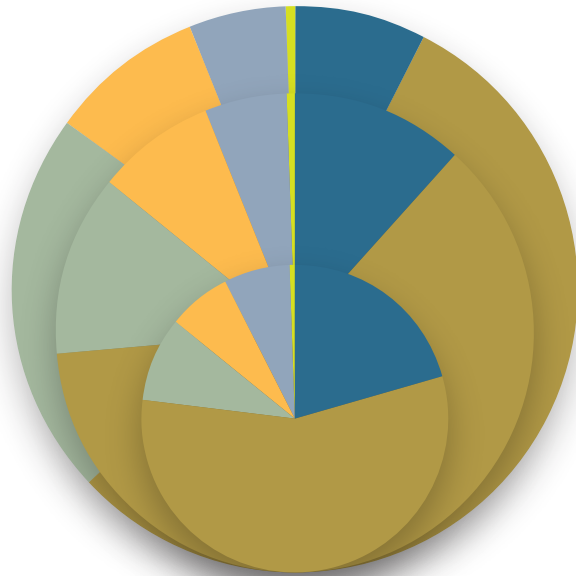
Fosfors funktion i planten · · · · ·	64	Lav biotilgængelighed forårsager fejlnæring · · · · ·	90
Fosfors kredsløb · · · · ·	64	Planteforskning kan forbedre biotilgængeligheden · · · · ·	91
Fosfor i jordvæsken · · · · ·	65	Konklusion · · · · ·	92
Adsorberet P · · · · ·	65	<i>Faktaside: Bioaktive forbindelser</i> · · · · ·	94
Tilførsel af P som kunstgødning · · · · ·	65	<i>Faktaside: Biofortifikation af afgrøder</i> · · · · ·	97
Svært tilgængeligt, fikseret uorganisk fosfor · · · · ·	65	<b>Efterord. Milliarder kan blive mætte</b> · · · · ·	<b>101</b>
Fosfor i fødevarerproduktionen · · · · ·	66	Små landbrug skal kunne producere mere · · · · ·	103
Klodens fosforreserver slipper op · · · · ·	67	Det moderne jordbrug skal være bæredygtigt · · · · ·	103
Strategier for øget fosforudnyttelse · · · · ·	71	Kunstgødning koster energi og belaster klimaet · · · · ·	103
Dyrkningsstrategier · · · · ·	71	Størst potentiale hos dem, der høster mindst – udviklingslandene	104
Udvikling af fosfor-effektive planter · · · · ·	72	Genmodificerede afgrøder vinder indpas ... · · · · ·	105
Forbedret recirkulering af fosfor · · · · ·	74	Hvad gør vi nu? · · · · ·	106
Konklusion · · · · ·	75	Hvad kan du gøre? · · · · ·	108
<i>Faktaside: Fra guano til gylle</i> · · · · ·	78	<b>Cases. Mød fire jordbrugere</b> · · · · ·	<b>110</b>
<i>Faktaside: Klimaforandringer og jordbrug</i> · · · · ·	79	En konventionel dansk planteproducent – Nick de Neergaard · · ·	111
<b>6 Sunde fødevarer giver sunde mennesker</b> · · · · ·	<b>82</b>	En konventionel bonde i Uganda – Jimmy Olupot · · · · ·	115
Mennesket er afhængig af planter · · · · ·	84	En økologisk grønsagsproducent i Danmark – Carsten Søgaard · ·	119
Fødevarerindtag varierer globalt · · · · ·	86	En økologisk jordbruger i Brasilien – Luiz Fernando Braz da Silva	123
Planter forsyner mennesket med livsnødvendige næringsstoffer · · · · ·	87		
Ensartet kost giver fejlnæring · · · · ·	89		
Plantens næringsstofindhold varierer en del · · · · ·	90		

<b>Bliv ekspert i bæredygtighed</b> · · · · ·	<b>127</b>
Naturressourcer (Bacheloruddannelse) · · · · ·	127
Agricultural Development (kandidatuddannelse) · · · · ·	128
Agriculture (kandidatuddannelse) · · · · ·	129
science.ku.dk – hvis du vil vide mere om os · · · · ·	130

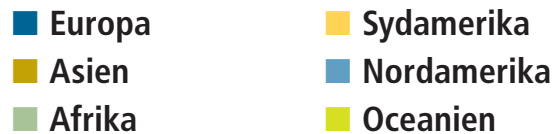
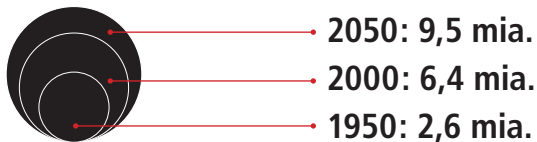
**KAPITEL I**

**MERE MAD  
TIL MILLIARDER  
AF MENNESKER**

Det globale befolkningstal stiger voldsomt. Der hvor væksten i befolkningstallet er størst er uheldigvis også der, hvor jorden er mindst frugtbar, og hvor klimaændringerne påvirker fødevarereproduktionen mest. Det er bekymrende, fordi milliarder af mennesker på kloden allerede i dag sulter og er fejlernærede. Hvordan kan jordbruget producere nok fødevarer til alle disse mennesker nu og i fremtiden? Kan vi inddrage mere jord til opdyrkning? Kan vi øge høstudbyttet på den eksisterende landbrugsjord? Er der brug for, at vi ændrer vores kostvaner? Og hvordan vil det mon gå, når stigende velstand i tidligere udviklingslande øger efterspørgslen på energi, vand og kød? Det er nogle af de spørgsmål, du kan finde svar på i dette kapitel.



**Figur 1.1.** Den globale udvikling i befolkningstallet for perioden fra 1950 til 2050 fordelt på verdensdele.



## Befolkningstilvæksten er stærkt stigende

I dag lever der næsten 7 milliarder mennesker på kloden, hvoraf mere end 60 % lever i Asien. Estimerterne for den fremtidige befolkningstilvækst tyder på, at befolkningstallet vil stige til

9,5 milliarder mennesker omkring år 2040-2050. Dog vil befolkningstallet ikke stige lige meget overalt (Figur 1.1). Den største tilvækst sker i Afrika og Asien. I Amerika forventes befolkningstilvæksten ikke at stige særligt meget, og i Europa forventer man et markant fald. Der er for nylig lavet en undersøgelse, der viser, at den europæiske andel af verdens befolkning bliver halveret indtil år 2100 – fra det nuværende niveau på 12 %, til at andelen kun udgør 6 % af den globale befolkning.

I øjeblikket stiger det globale befolkningstal med ca. 78 millioner mennesker om året – eller 148 i minuttet. Det er stærkt bekymrende. For hvordan skal det lykkes at brød-

føde så mange mennesker i en verden, hvor ca. 900 millioner mennesker i forvejen sulter, og næsten 3 milliarder mennesker lider af underernæring, fordi føden, de indtager, indeholder for få essentielle næringsstoffer.

FN har analyseret befolkningsudviklingen i alle verdens lande frem mod år 2300 og konkluderer, at der ikke er udsigt til, at det globale befolkningstal vil falde i denne periode. Den fremtidige fødevarereproduktion skal derfor øges de næste 40 år, så der kan skaffes mad til mindst 2 milliarder flere mennesker, end der er på kloden lige nu.

Der er desværre kun ganske få løsninger på denne problematik:

- Begræns befolkningstilvæksten
- Forøg landbrugsarealet
- Forøg høstudbyttet pr. arealenhed
- Omlæg kostens sammensætning



### ■ Kan man begrænse befolkningstilvækst?

Til trods for at verdenssamfundet og lokale regeringer i årtier har arbejdet på at begrænse befolkningstilvæksten i udviklingslandene, stiger befolkningstallet fortsat voldsomt i Asien, især i Indien og Indonesien, og det samme er tilfældet i Afrika. De lokale regeringer har forsøgt at regulere befolkningstallet via en lang række forskellige politiske tiltag og ikke mindst ved at informere om prævention. Men det er langt fra lykkedes, og i de fattigste afrikanske lande stiger befolkningstallet fortsat med 2,5-3 % årligt. En så voldsom stigning indebærer, at befolkningstallet i disse områder bliver fordoblet over en periode på blot 25 år.

I Kina har man siden 1979 forsøgt at begrænse befolkningstilvæksten via 1-barnspolitikken, der gør det dyrt og mindre attraktivt for forældre at få mere end ét barn. Det vil reducere befolkningstilvæksten. Men først i 2050, hvor befolkningstallet i Kina

når 1,5 milliarder mennesker, forventer man, at tallet begynder at falde for første gang. Erfaringerne fra Kina viser, at regulering af befolkningstallet på denne måde er en meget langsommelig proces, hvor et egentligt resultat først er synligt efter flere generationer.

### ■ Kan man øge landbrugsarealet?

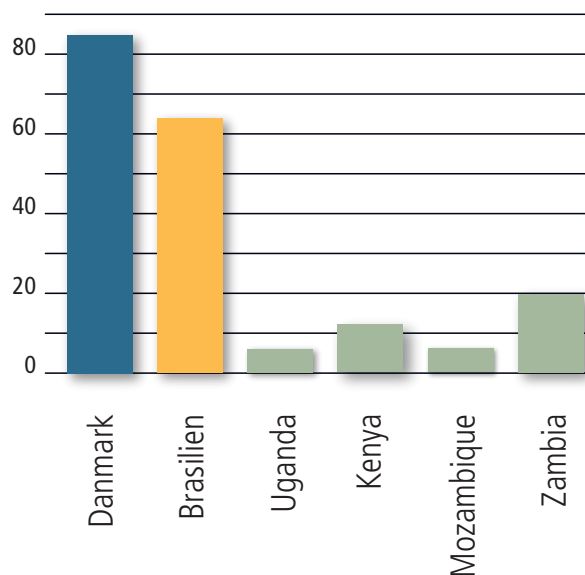
Den danske landbrugsjord er blandt de mest frugtbare i verden. Jorden er dannet efter sidste istid for ca. 12.000 år siden og indeholder derfor en lang række forskellige ler- og siltminerale, der gør jorden porøs og gradvist frigiver næringsstoffer til planterne. Det er meget vigtige egenskaber, der sikrer, at rødderne kan ånde, og at jorden kan fastholde vand og næringsstoffer omkring plantens rødder.

I store dele af troperne er jordene dannet for mange millioner år siden, og det betyder, at de har været udsat for en jordbundsudvikling i mange flere år end de 'unge' danske jorde. Tropejordene er derfor ofte stærkt

**Hektar** = 100x100 m, dvs. 10.000 m<sup>2</sup>  
eller 0,01 km<sup>2</sup>

### FAO

er FN's Fødevare- og landbrugsorganisation. FAO støtter både de industrialiserede nationer og udviklingslandene. Målet er at hjælpe udviklingslande og lande i overgangsfasen med modernisering og forbedring af deres landbrug, skovbrug og fiskeri for at sikre alle en god ernæring.



**Figur 1.2.** Relative høstudbytter for korn i en række lande i forhold til maksimal potentiel produktion. I Danmark kan vi ikke øge høstudbytterne ret meget, fordi landbruget er fuldt industrialiseret, og der er skrappe restriktioner på brugen af kunstgødning. Brasilien er et udviklingsland, som satser massivt på landbruget som økonomisk motor, derfor høster de mange steder lige så høje udbytter som f.eks. i USA. I de afrikanske lande er udbytterne langt under potentialet, fordi der ikke bruges gødningsmidler, og jordens naturlige frugtbarhed er lav.

forvitrede, porøsiteten er lav, og mange af næringsstofferne er vasket ud af jorden med nedbøren. Der er derfor uhyre stor forskel på tropejordens og istids-jordens frugtbarhed og dermed udbytterne (Figur 1.2).

### Adgangen til landbrugsjord varierer.

Det dyrkede landbrugsareal i Danmark er på 2,9 mio. hektar (ha), hvilket svarer til 63 % af det samlede danske landareal. Fordele vi landbrugsarealet på alle 5,5 millioner danskere, giver det 0,53 ha landbrugsjord pr. dansker. Arealets størrelse, jordens frugtbarhed og måden vi gøder og dyrker på giver mulighed for en meget stor planteproduktion og eksport af fødevarer – især svinekød, korn, grøntsager og mælkeprodukter.

Det amerikanske landbrugsministerium har tilsvarende beregnet, at der er brug for mindst 0,48 ha pr. amerikaner for at opretholde en fødevarerproduktion, der sikrer en sund og varieret kost.

### Størrelsen af landbrugsarealet afhænger af jordens frugtbarhed

Men hvor meget jord er der egentlig brug for på globalt plan, hvis man ønsker at opretholde en fødevarerproduktion, der kan sikre en sund levevis?

Det er der ikke noget enkelt svar på, for det afhænger af en række faktorer, som jordens frugtbarhed, klimaet og adgangen til vand og plantenæringsstoffer i form af gødning. Da tropejordens frugtbarhed er markant lavere end landbrugsjorden i f.eks. Europa og Nordamerika, kræver det generelt et betydeligt større landbrugsareal pr. indbygger i troperne for at kunne producere et tilstrækkeligt høstudbytte.

### Landbrugsjorden i troperne giver små udbytter

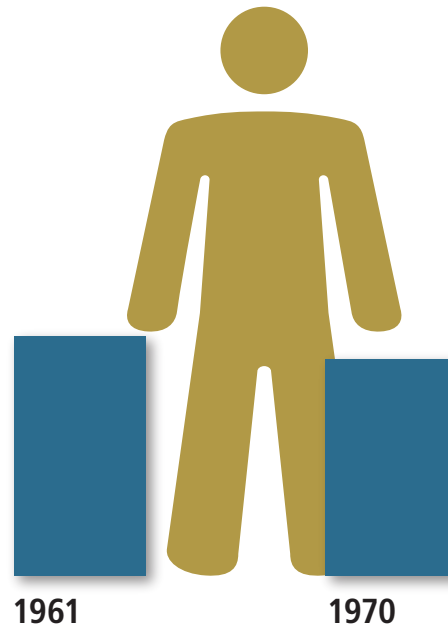
FAO har analyseret arealanvendelsen i 57 ulande. Resultatet viser, at mere end 50 % af alle landbrug har mindre end 1 ha til rådighed, og 80 % har under 2 ha. Med

en familiestørrelse på 4-6 personer betyder det, at der typisk er 0,15-0,20 ha pr. person til rådighed i tropene. Med den forventede befolkningstilvækst vil dette tal falde til under 0,1 ha pr. person i de områder, hvor den største befolkningstilvækst foregår. Med de nuværende høstudbytter vil et areal af denne størrelse langt fra være nok til at forsyne et menneske med de nødvendige kalorier.

### Natur på frugtbar jord

I øjeblikket dyrkes 1,462 mio. ha på verdensplan, og dette tal kan teoretisk set øges til 3,848 mio. ha, såfremt alt potentielt dyrkbart jord bliver inddraget til landbrugsproduktion. Med 9 milliarder mennesker i 2050 betyder det altså, at arealet kan øges til 0,4 ha pr. person – og det er næsten dobbelt så meget jord som i dag (Figur 1.3).

Det er dog meget tvivlsomt, om man reelt kan forøge landbrugsarealet markant på globalt plan. Årsagen er, at meget af den potentielt dyrkbare jord ligger på area-



ler, der p.t. anvendes til græssende husdyr, er dækket af regnskov eller rummer andre beskyttelsesværdige naturværdier. Opdyrking vil ødelægge økosystemerne, reducere biodiversiteten, øge CO<sub>2</sub>-emissionen og ofte føre til erosion og ødelæggelse af jordens frugtbarhed på sigt. Derfor er det ikke realistisk på globalt plan at øge landbrugsarealet mærkbart ved at inddrage potentielt frugtbar jord fra naturlige økosystemer. Samtidig konkurrerer landbruget om jord med voksende byer, infrastruktur og industri.

I lande såsom USA, Rusland, Indonesien,

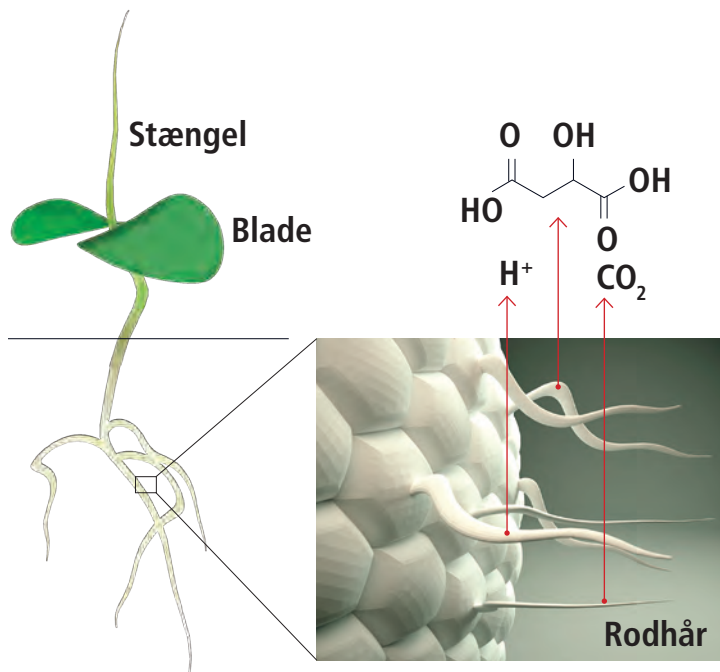
**Figur 1.3.** Den globale udvikling i landbrugsarealet per verdensborger (ha pr. person) siden 1960.



Brasilien og Østeuropa er der muligheder for at øge det dyrkede areal. Men de fleste prognoser viser dog, at det samlet set ikke vil føre til markant forøgelse frem mod år 2050.

Faktisk regner man med, at faldet i det dyrkede areal pr. verdensborger vil accelerere på grund af en række faktorer, som man har meget svært ved at kvantificere virkningen af.

De væsentligste af disse faktorer er: udpining og forsuring, erosion, salinitet, tørke og øget urbanisering, som påvirker det dyrkede landbrugsareal i negativ retning. Disse faktorer er desværre fremherskende i de områder



**Figur 1.4.** Når en plante vokser, producerer den en lang række forskellige syrer såsom kuldioxid (CO<sub>2</sub>), citronsyre, æblesyre og ikke mindst protoner (H<sup>+</sup>). De udskilles via rodhårene, og de får pH-værdien til at falde. De frugtbare landbrugsjorde i Danmark har en pH-værdi på 6,5-7,5, mens forsurede jorde i troperne typisk har en pH-værdi mindre end 5,5. De fleste vigtige landbrugsafgrøder vokser dårligt ved lave pH-værdier, fordi giftige Al<sup>3+</sup> forbindelser frigives i jorden.

af verden, hvor jorden i forvejen er dårlig og befolkningstilvæksten størst.

### Udpining og forsuring

Når planter vokser, medfører det helt naturligt en forsuring af jorden – pH-værdien falder gradvist år efter år. Det skyldes, at roden udskiller CO<sub>2</sub>, når den respirerer, samt uorganiske syrer (H<sup>+</sup>) og organiske syrer (citronsyre) som biprodukter fra stofskifteprocesserne i rødderne (Figur 1.4). Forsuringen medfører, at jorden ikke længere kan fastholde plante-næringsstofferne, som derfor udvaskes, når det regner. Desuden medfører forsuringen,

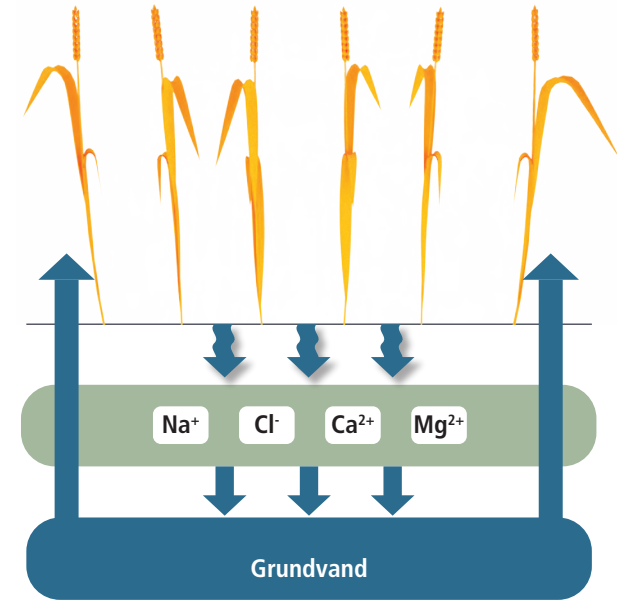
at jordens mineraler frigiver giftige aluminium-ioner, som ødelægger rødderne. Disse processer fører til en udpining af jordens frugtbarhed. Det betyder, at der gradvist produceres et mindre høstudbytte, hvis man ikke tilfører gødning og kalk. Mange fattige bønder har ikke råd og mulighed for at købe kalk (CaCO<sub>3</sub>) eller andre jordforbedringsmidler, der kan hæve pH. Men det er en nødvendighed for at opretholde jordens evne til at producere plante-biomasse år efter år. FAO regner med, at ca. 1/3 af alle dyrkede jorde i verden er forsurede i en grad, så det påvirker jordens frugtbarhed.

### Erosion

Erosion af overflade-jorden er et tiltagende problem på verdensplan i de tropiske og subtropiske områder. Når nyt landbrugsareal bliver indvundet, sker det ofte i områder, hvor jorden er bevokset med skov og anden frodig vegetation. Skoven hugges ned, brændes af og græsarealerne afgræsses af husdyr. Ved at fjerne den naturlige vegetation, fjernes rodnettet, som holder fast på jorden. Når man samtidig bruger dyrkningsmetoder, hvor der ikke tilføres organisk materiale (kulstof), mister jorden humusstoffer og dermed evnen til at absorbere og holde på vand. Ved styrtregn opstår der let oversvømmelser, som fører overjorden, hvor de fleste næringsstoffer findes, bort fra marken (Figur 1.5). Problemet er akut, fordi flere dele af verden har oplevet perioder med usædvanlig meget nedbør. Årsagen kender man ikke præcist, men man formoder, at det er forbundet med ændrede havstrømme og global opvarmning.



**Figur 1.5.** Massiv jorderosion i Swaziland. Overgræsning har ført til eksponering af jorden. Når regndråberne rammer direkte på jorden, slås de små jordaggregater (jordkno­lde) i stykker og forse­gler jordoverfladen. Dermed kan regnen ikke trænge ned i jorden, men løber på overfladen og skaber erosion. Foto: Andreas de Neergaard.



**Figur 1.6.** Stor fordampning forårsager høje saltkoncentrationer i de øverste jordlag. I egne med rigelige nedbørsmængder bliver næringsstofferne udvasket til grundvandet.

## Salinitet

Saline jorde dannes under forhold, hvor fordampningen af vand fra overfladen overstiger mængden af nedbør f.eks. i tropene. Under disse forhold transporterer jordvæsken de opløste salte ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) fra de dybere-liggende jordlag mod overfladen. Her fordamper vandet og efterlader en forøget koncentration af letopløselige salte i de øverste jordlag – især  $\text{NaCl}$ . Ophobningen af  $\text{Na}^+$  ødelægger rødderne og jordens struktur. Når denne proces foregår over en årrække, stiger saltkoncentrationen

til et niveau, hvor planter ikke længere trives. I Danmark regner det så meget, at der i størstedelen af året er en nedadgående vandbevægelse i jorden. Næringsstofferne bliver udvasket fra planternes rodzone – det modvirker jordbrugeren ved at tilføre gødning på marken (Figur 1.6).

Andelen af saline jorde er steget voldsomt de seneste 20 år. Det skyldes primært et øget brug af kunstvanding og skovning af træer og buske i områder, man anvender til landbrugsproduktion. Det vand, der bruges til kunstvanding, indeholder salt. Når vandet

fordamper, bliver saltet i jorden. Hvis man sparer så meget på vandet, at der ikke sker en udvaskning, bliver saltet opkoncentreret, og jorden bliver ødelagt. Når man fælder træer og buske, der typisk har et dybt rodnets, stiger grundvandsspejlet. Herved bliver de opløste salte i et øget omfang transporteret mod overfladen, når fordampningen finder sted.

I Australien anslår forskere, at 17 mill. ha (6 gange landbrugsarealet i Danmark) frugtbar landbrugsjord i de kommende 50 år må tages ud af produktion, da jorden bliver



**Figur 1.7.** Salin australsk jord. Bemærk de hvidlige udfældninger på jordens overflade, som er salt. Vegetation inklusive træer bliver ødelagt af de høje saltkoncentrationer. Foto: Mark Tester.

ødelagt af salt og derfor ikke længere vil være egnet til plantedyrkning. Er jorden først blevet salin, er det ikke praktisk muligt at fjerne saltene, og det gør, at jorden vil være permanent ødelagt (Figur 1.7).

### **Tørke og ørkendannelse**

De fleste afgrøder er meget vandkrævende. Det kræver ca. 3.000 kg vand at producere blot ét kg korn. Vandmangel har altid været en udfordring for jordbruget. Selvom tørkeperioden blot er kortvarig, kan perioder uden

regn forårsage stor og uoprettelig skade på planternes vækst.

Planter bruger fordampning af vand fra bladoverfladen til at køle bladene ned med, såkaldt transpiration. Mange landbrugsplanter er ikke særlig tolerante over for høje bladtemperaturer. De udtørres og dør, når bladtemperaturen bliver for høj.

I det seneste årti er stadig flere landbrugsområder på kloden blevet ramt af længerevarende tørkeperioder. Årsagen er ikke veldokumenteret, men ændrede havstrømme og den generelle opvarmning af atmosfæren

**Urbanisering** betyder, at flere bosætter sig i byerne.

er under stærk mistanke for at spille en rolle. Årene 2005 og 2010 er de hidtil varmeste år, man nogensinde har målt i den meteorologiske historie. I dele af Australien, Asien og Afrika har tørken nu taget et omfang, som gør, at man må opgive landbruget i regioner med ellers meget frugtbare jordbundsforhold.

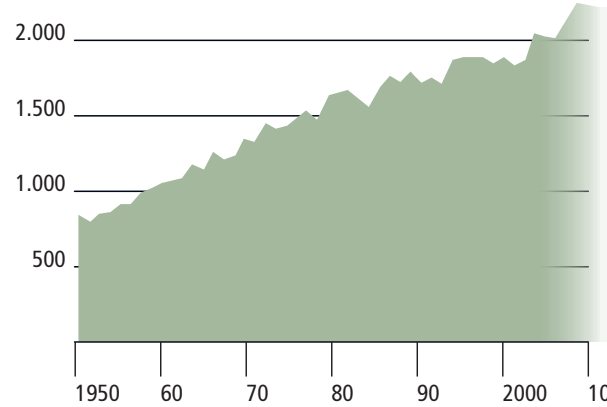
### **Urbanisering**

I 1900 boede 13 % af verdens befolkning i byerne, i 1950 var tallet vokset til 29 %, og i 2005 boede 49 % svarende til ca. 3,4 milliarder mennesker i byerne. I dag bor over

halvdelen af jordens befolkning i byer. Den store vækst i befolkningstallet, som vi oplever i dag, foregår næsten udelukkende i byerne, det gælder især udviklingslandene og ikke mindst Kina. I Kina foregår urbaniseringen på nogle af de mest frugtbare jorde. Her bebygges man dem, konverterer dem til lossepladser, og mange af de eksisterende landbrugsjorde i områderne bliver forurenede og ødelagt i takt med, at byerne vokser sig større.

### ■ Kan man øge høstudbyttet?

Høstudbyttet af en plante er styret af en lang række forskellige faktorer. Det gælder plantens genetiske sammensætning, jordens frugtbarhed, klima og ikke mindst jordbrugers talent for at passe planten i perioden fra fremspiring til høst. De fleste af faktorerne kan man justere og derved øge høstudbyttet med, men de klimatiske parametre lader sig kun i meget begrænset omfang styre. Man kan f.eks. kunstvande og etablere skygge for planterne og derved forbedre vækstvilkårene,

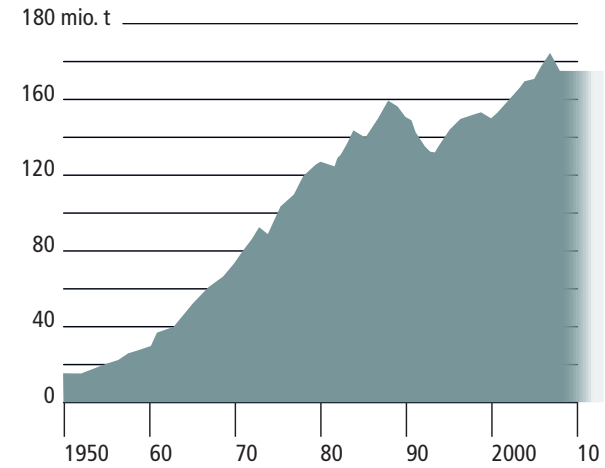


**Figur 1.8.** Kornproduktion på globalt plan fra 1960-2010.

men ofte er der kun meget begrænsede muligheder for at ændre på klimaet.

### Forædling var én effektiv vej til øgede udbytter

Plantens genetiske sammensætning har stor betydning for, at de øvrige parametre kan få indflydelse på plantens vækst. Derfor har man gennem hundredvis af år forædlet planterne ved at udvælge planter med særligt gode egenskaber, krydse dem og derefter avle videre på afkommet. På den måde har man fremelsket en række særligt attraktive



**Figur 1.9.** Forbrug af kunstgødning på globalt plan fra 1950-2010. Tilførslen af kunstgødning har været den primære årsag til de øgede udbytter under den grønne revolution.

egenskaber, f.eks. resistens mod plantesygdomme, højt udbytte eller velsmag.

I begyndelsen af 40'erne blev man for alvor opmærksom på, at man måtte gøre noget radikalt for at øge høstudbyttet hos de vigtigste afgrøder såsom majs, hvede og ris, hvis man skulle undgå en global sultkatastrofe. Derfor iværksatte man planteforædlingsprogrammer, der skulle frembringe særligt højt-ydende kornplanter. Resultatet af forædlingsprogrammerne var planter med et stærkt forøget høstudbytte (Figur 1.8). Både ris, hvede og majs blev forædlet efter at kunne

**Tabel 1.1.** Hollandske forskere har undersøgt det nødvendige arealbehov til at producere de 3.000 Cal, som et menneske i Vesten har brug for dagligt. Læg mærke til, hvordan arealbehovet ændrer sig, når man går fra en kød-baseret diæt til en vegetabilsk diæt.

Fødevarer	Nødvendigt areal (m <sup>2</sup> ) pr. kg fødevarer	Energi (Cal) pr. kg fødevarer	Nødvendigt areal (m <sup>2</sup> ) af landbrugsjord pr. person pr. år
Oksekød	20,9	2.800	8.173
Svinekød	8,9	3.760	2.592
Æg	3,5	1.600	2.395
Mælk	1,2	640	2.053
Frugt	0,5	400	1.369
Grønsager	0,3	250	1.314
Kartofler	0,2	800	274

reagere mest muligt på tildeling af kunstgødning (Figur 1.9). Der blev især brugt kvælstof og i vid udstrækning pesticider og kunstvanding for at maksimere udbyttet (læs mere om perioden fra 1945 til 1980, der bliver kaldt "den grønne revolution" på faktaside s. 18).

Siden slutningen af den grønne revolution omkring 1980 er den globale kornproduktion begyndt at aftage. Og fra 1995 og frem til 2007 har der ikke været en statistisk sikker forøgelse af udbyttet. Årsagerne til denne tendens er ikke fuldt belyste, men det er påvist, at:

- stigende minimums-temperaturer om natten reducerer høstudbyttet af f.eks. ris med 10 %.
- flere og flere regioner rammes af tørkeperioder, som ødelægger høsten. I 2010 blev Rusland, som er en af verdens største korneksportører, ramt af den værste tørke i 130 år. Tørken ødelagde 10,3 mio. ha, hvilket svarer til mere end 3 gange det dyrkede areal i Danmark.
- de stigende oliepriser og omkostninger til produktion af kvælstofgødning spiller en væsentlig rolle. Det globale forbrug af

kvælstof toppede i slutning af 80'erne og er ikke steget konsekvent siden.

Desuden diskuterer planteforældre, hvorvidt den genetiske pulje af attraktive gener er ved at være udtømt. Det betyder, at det bliver stadig vanskeligere at finde attraktive gener, som man kan overføre til de nye højtydende sorter.

**Laktovegetarisk diæt** er en kost, der er baseret på æg, plante- og mejeriprodukter.



## ■ Kan kostens sammensætning omlægges?

Produktion af kød i landbruget er meget ressourcekrævende. Der bliver brugt enorme mængder af vand, som dyrene kan drikke, og til vanding af planterne, der anvendes til dyrefoder: korn, hør og halm. Store mængder af energi bliver brugt i form af fossilt brændsel til maskiner og til fremstilling af kvælstofgødning. Alene det tegner sig for sig for 40 % af det samlede energiforbrug i kornproduktionen.

### En omlægning af kosten vil frigive landbrugsjord

Der skal gennemsnitligt bruges ca. 6 kg plante-protein som foder til kvæg, grise og kyllinger for at producere 1 kg kød-protein. I USA har man beregnet, at man kan spare 365 kg korn årligt for hver amerikaner, der omlægges kosten fra en kødbaseret diæt til en laktovegetarisk diæt. Hvis alle amerikanere bliver vegetarer (det er dog næppe helt realistisk), vil det frigøre mad til 840 mio.

mennesker. Det er paradoksalt nok næsten identisk med det antal mennesker, der sulter på verdensplan i dag.

Hvis vi rent teoretisk forestiller os, at man kan leve af kartofler, kræves der kun ca. 300 m<sup>2</sup> pr. menneske årligt (Tabel 1.1). Hvis vi ønsker en mere varieret kost bestående af lige dele frugt, grønsager og kartofler, vil det kræve ca. 850 m<sup>2</sup>. Hvis vi erstatter 1/3 af kalorierne med mælk, æg og kød (især oksekød), vil det flerdoble arealforbruget.

Der er derfor helt indlysende grundlag for at frigive et stort landbrugsareal ved at reducere indtaget af kød.

### Konklusion

På baggrund af ovenstående kan vi altså slå fast, at der ikke er store muligheder for at øge det dyrkede areal. Det ser heller ikke ud til, at der er mange muligheder for at øge høstudbyttet pr. arealenhed i det moderne industrialiserede jordbrug, og derfor må vi altså lede efter andre løsninger. Måske skal vi overveje, måden vi anvender kornproduk-

terne på. Kan vi udnytte dem mere effektivt i vores kost – f.eks. ved at omlægge vore madvaner og derved frigive nogle ressourcer? Kan det frigjorte areal reelt bruges til at øge produktionen af plantebaserede fødevarer, som vi kan eksportere fra det rige Nord til fattige Syd? Eller skal vi måske satse på at øge udbytterne lokalt i det fattige Syd? Løsningen på problemet vil vi undersøge nærmere i de kommende kapitler.

**Nord** betegner de industrialiserede lande i Europa, Nordamerika, Japan og Australien.

**Syd** er en samlet betegnelse for udviklingslandene i Afrika, Asien og Syd- og Mellemamerika. Inden for denne gruppe er der naturligvis meget store forskelle på velstand.

## FAKTASIDE DEN GRØNNE REVOLUTION

Den grønne revolution er en fællesbetegnelse for udviklingen af mere produktive landbrugssystemer i udviklingslande fra slutningen af anden verdenskrig og frem til begyndelsen af 1980'erne. Forædlingen af højt-ydende sorter af navnlig majs, hvede og ris blev kombineret med øget brug af kunstgødning, sprøjtemidler, kunstvanding og mekanisering af landbruget. Det betød, at udviklingslandenes kornproduktion blev mangedoblet på fire årtier og hævdes at have reddet mere end en milliard mennesker fra sult og underernæring.

### Udvikling af højt-ydende sorter

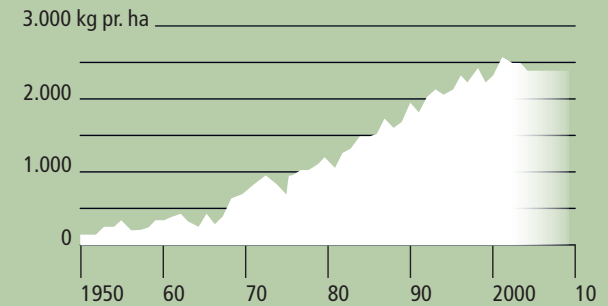
Selvom begrebet "den grønne revolution" først blev hæftet på i slutningen af 1960'erne, begyndte udviklingen i Mexico allerede ved slutningen af anden verdenskrig. Her var Norman Borlaug (senere nobelprismodtager) med til at udvikle de højt-ydende majs sorter, som revolutionerede Mexicos majsproduktion i løbet af få år. Den grønne

revolution har været mest succesfuld i Asien – ikke mindst i Indien, som har mangedoblet udbyttet af mange afgrøder som for eksempel hvede, majs og ris siden 1960 (Figur 1.10).

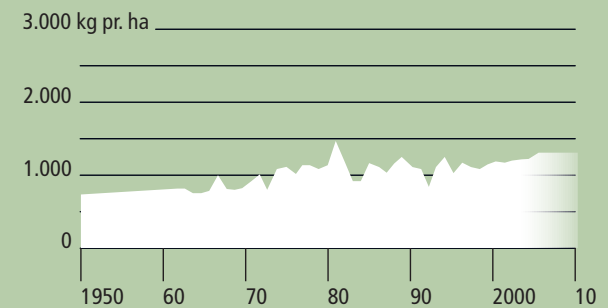
De højt-ydende sorter er karakteriseret ved resistens mod mange sygdomme og har store høstudbytter. Men de har også alle det til fælles, at de har et stort vandforbrug og desuden kræver de meget kvælstofgødning. Derfor er de ikke velegnede under tørre forhold, hvor der ikke er mulighed for kunstvanding, og hvor infrastrukturen hindrer en let adgang til kunstgødning. Normalt vil planter, der bliver gødet kraftigt med kvælstof, blive høje og bladene så tunge, at strået bøjer eller knækker. Derfor har man forædlet dværg-gener ind i kornarterne, så de får korte strå med store kerner (Figur 1.12).

### Grøn revolution i Afrika udeblev

I Afrika er den grønne revolution slet ikke slået igennem på samme måde som i Asien (Figur 1.11). Årsagen er ikke helt klar, men en



**Figur 1.10.** Effekten af den grønne revolution på hvedeudbyttet i Indien.



**Figur 1.11.** Effekten af den grønne revolution på kornudbyttet i Afrika syd for Sahara.

af de vigtigste årsager er den mangelfulde infrastruktur, der gør det meget vanskeligt at transportere kunstgødning og pesticider ud i lokalområderne til markerne. Desuden er der mange steder ikke mulighed for kunstvanding af afgrøderne.

Kritikere af den grønne revolution har påpeget, at miljøbelastningen fra den intensiverede brug af sprøjtemidler og kunstgødning er for stor, at energiforbruget til gødning og mekanisering er for højt, og at de fremavlede sorter har ledt til en ensidig og mindre ernæringsrigtig kost. Desuden er den grønne revolution ofte blevet kritiseret for kun at gavne de mere velstillede bønder, som havde jord, viden og ikke mindst råd til at investere i forædlet frø, kunstgødning og sprøjtemidler. Norman Borlaug afviste store dele af kritikken ved at sige, at hvis man først har prøvet at sulte, vil man hilse enhver udvikling velkommen.

### **Endnu en grøn revolution er nødvendig**

Man er begyndt at tale om en "ny" grøn re-

**Figur 1.12.** Traditionel (th.) og forædlet (tv.) hvede. I dværg-arten bliver flere af fotosynteseprodukterne brugt på at producere kerner i stedet for stængelbiomasse. Foto: Stephen A. Harrison.

volution i erkendelse af, at der er behov for igen at øge udbytterne i udviklingslandene set i lyset af den voldsomme befolkningstilvækst. I den forbindelse fokuserer man nu på at forædle nye sorter og udvikle transgene planter. Disse sorter skal være egnede til at modstå de stadigt mere ugunstige dyrkningsbetingelser som f.eks. tørke forårsaget af global opvarmning og udpining af jordens frugtbarhed.



Foto/illustration: Hans Christian Asmussen, NATION.



## KAPITEL 2

# PLANTENÆRINGSSTOFFER OG JORDENS FRUGTBARHED

At være jordbruger er en videnskab. Og det at kunne producere mange og sunde planter kræver stor indsigt og forståelse af, hvad en plante behøver for at kunne producere et stort høstudbytte i form af kerner, frø og frugter.

Man vil næppe have held med blot at smide frø i jorden og efter nogen tid skovle udbytterne hjem – og slet ikke hvis man befinder sig på en udpint tropisk jord.

Hvis man skal forstå kompleksiteten i det at dyrke planter, er det nødvendigt med lidt basal plantevidenskab og jordbundskemi. Her får du en kort introduktion til, hvad planterne spiser.

**Figur 2.1.** Det Periodiske System med de essentielle plantenæringsstoffer.

En plante har brug for 17 grundstoffer for at vokse, såkaldte essentielle plantenæringsstoffer. Dem opdeler man i tre hovedgrupper:

■ de ikke-mineralske grundstoffer (C, O, H), ■ makronæringsstofferne (N, P, K, Mg, Ca og S), ■ mikronæringsstofferne (B, Cl, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo)

<b>H</b>																	<b>He</b>
<b>Li</b>	<b>Be</b>											<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>
<b>Na</b>	<b>Mg</b>											<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>
<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>
<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Aq</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>
<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po</b>	<b>At</b>	<b>Rn</b>
<b>Fr</b>	<b>Ra</b>	<b>Ac</b>	<i>Rf</i>	<i>Db</i>	<i>Sg</i>	<i>Bh</i>	<i>Hs</i>	<i>Mt</i>	<i>Uun</i>	<i>Uuu</i>	<i>Uub</i>						
<b>Lanthanider</b>				<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<i>Pm</i>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>
<b>Actinider</b>				<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<i>Np</i>	<i>Pu</i>	<i>Am</i>	<i>Cm</i>	<i>Bk</i>	<i>Cf</i>	<i>Es</i>	<i>Fm</i>	<i>Md</i>	<i>No</i>	<i>Lr</i>

**Tabel 2.1.** Det typiske indhold af mineralske næringsstoffer i en plantecelle. Enheden ppm angiver part per million (mg grundstof pr. kg tørret plante).

### De essentielle plantenæringsstoffer

Planter er fotoautotrofe organismer. Det betyder, at de kan producere alle de essentielle kemiske forbindelser, som de skal bruge i stofskiftet på baggrund af lys fra solen og en række grundstoffer.

Planter skal bruge i alt 17 forskellige grundstoffer for at fuldføre en livscyklus, fra fremspiring af frøet i jorden til planten er helt moden og danner frø, kerner og frugter, som vi kan høste. Grundstofferne kulstof (C), ilt (O) og brint (H) optager planten i form af CO<sub>2</sub> i fotosyntesen og H<sub>2</sub>O i transpirationen. De resterende 14 grundstoffer bliver optaget som uorganiske ioner fra jordvæsken af plantens rødder og fordeler sig herfra til resten af planten dvs. til stængel, blade eller frugt. Vi kalder alle disse grundstoffer for essentielle plantenæringsstoffer (Figur 2.1).

### Grundstoffernes vigtighed

#### – Liebigs minimumslov

Selvom der kun er et atom molybdæn (Mo)

Essentielle næringsstoffer	Koncentration	Koncentration	Ratioen mellem næringstoffet x og molybdæn
<b>Makronæringsstoffer</b>	<b>µmol pr. g</b>	<b>%</b>	
N – kvælstof	1.000	1,5	1.000.000
K – kalium	250	1,0	250.000
Ca – calcium	125	0,5	125.000
Mg – magnesium	80	0,2	80.000
P – fosfor	60	0,2	60.000
S – svovl	30	0,1	30.000
<b>Mikronæringsstoffer</b>		<b>ppm</b>	
Cl – klor	3	100	3.000
B – bor	2	20	2.000
Fe – jern	2	100	2.000
Mn – mangan	1	50	1.000
Zn – zink	0,3	20	300
Cu – kobber	0,1	6	100
Ni – nikkel	0,009	0,5	9
Mo - molybdæn	0,001	0,1	1

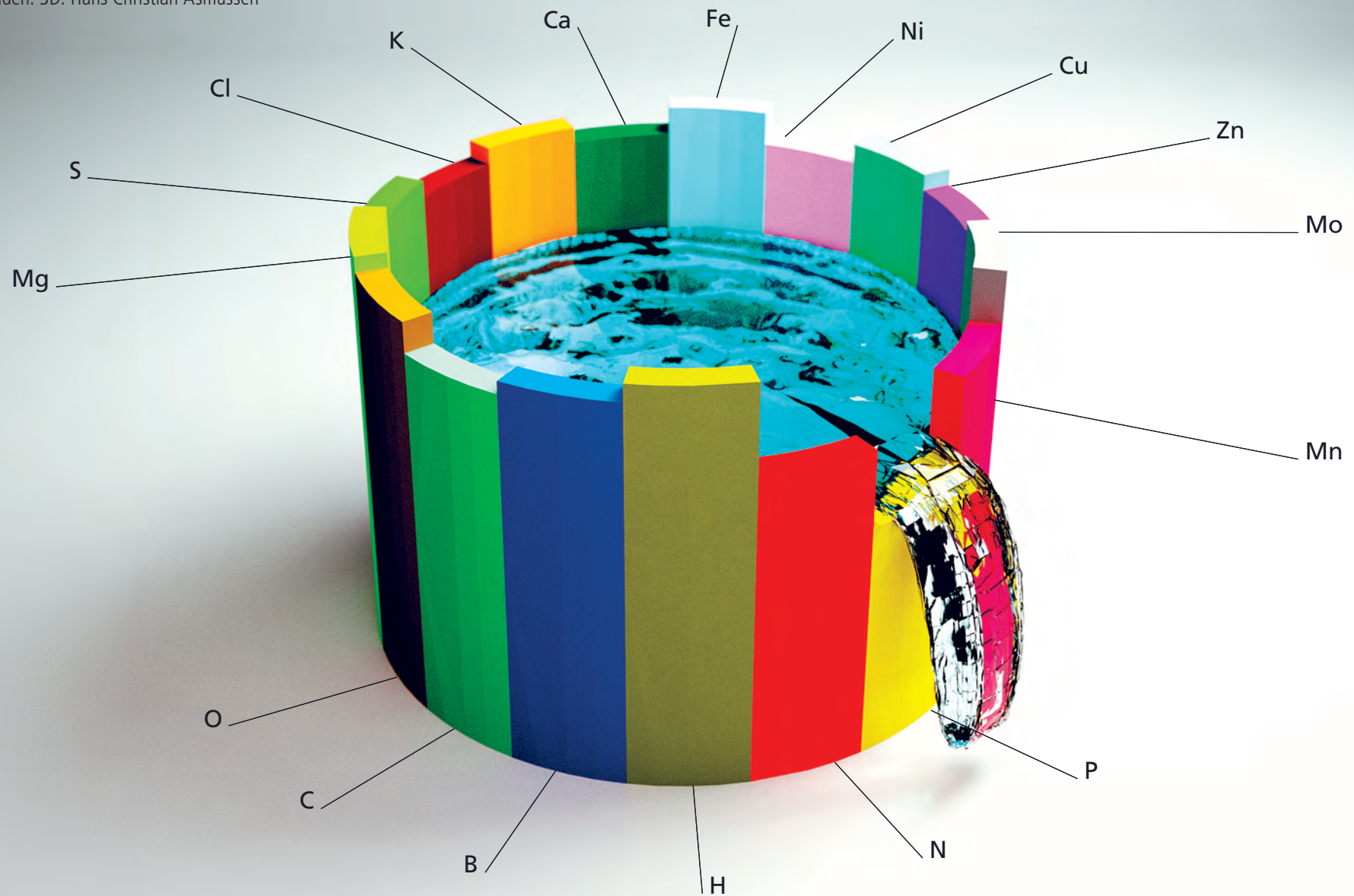
for hver million kvælstof (N) atomer i en plantecelle, så er begge grundstoffer lige vigtige for plantens evne til at vokse (Tabel 2.1).

Denne lovmæssighed blev første gang formuleret af kemikeren Justus von Liebig i 1830. Ifølge Liebigs lov bliver plantens vækst ikke styret af den totale mængde af næ-

ringsstoffer, der er tilgængelige, men netop af det næringsstof, der er mest i underskud set i forhold til plantens optimale behov. Derfor kan Mo, til trods for at der kun er behov for uhyre lidt af det, virke mere begrænsende på plantevæksten end et makro-næringsstof som N.

Liebig illustrerede princippet med en tønde

**Figur 2.2.** Liebig's minimumslov. Her er næringsstoffet P (gul stav) mest i underskud og dermed den begrænsende faktor for plantevæksten, som er illustreret ved vandet i tønden. 3D: Hans Christian Asmussen







**Figur 2.3.** Kløverplante, der lider af molybdæn mangel. Planter der lider af molybdænmangel kan ikke udnytte kvælstof i stofskiftet og bladene bliver derfor lyse fordi produktionen af det grønne farvepigment klorofyl aftager. Foto: Leif Knudsen, Videncentret for Landbrug.

fyldt med vand, hvor hver af de 17 stave i tønden svarer til et essentielt næringsstof (Figur 2.2). Mængden af vand i tønden repræsenterer plantens vækst og er bestemt af den korteste stav – næringsstoffet x.

Tilfører man mere af næringsstoffet x, vil det øge plantens vækst til et niveau, hvor væksten bliver styret af det næringsstof, der er i næst-størst underskud: y. Og så fremdeles, indtil stavene ikke kan blive længere. Når stavenes maksimale længde er opnået, kan der ikke fyldes mere vand i tønden, og hermed er plantens maksimale udbytniveau nået, det såkaldte udbyttepotentiale. Omvendt kan det ikke betale sig at tilføre mere af et næringsstof, som der allerede er nok af. For at opnå et højt og stabilt udbytte forsøger jordbrugeren at tilføre tilstrækkeligt af de enkelte plantenæringsstoffer via gødningen, så plantens behov er dækket.

### De essentielle næringsstoffer har vigtige roller

Alle 17 essentielle plantenæringsstoffer har vigtige roller i plantens stofskifte, nogle har få funktioner, mens andre har flere hundrede funktioner.

Eksempel: Hvis planten ikke bliver tilstrækkeligt forsynet med f.eks. mikronæringsstoffet Mo, vil det påvirke de enzymer, der er afhængige af netop Mo. Hos planter er enzymet nitrat-reduktase afhængigt af Mo, som skal bindes til overfladen af enzymet for, at det kan blive aktivt og udføre sin funktion. Hvis det ikke er til stede i tilstrækkelig mængde, kan planten ikke reducere nitrat og dermed ikke udnytte N i stofskiftet til at producere livsvigtige aminosyrer og proteiner. En molybdæn-manglende plante vil derfor ikke kunne vokse, selvom den bliver gødet optimalt med kvælstof. Molybdæn er i



**Figur 2.4. Tomatplanter**

**A.** Jernmangel: Bladene bliver lyse mellem ledningsstrengene, som er ansvarlige for at transportere vand. Fotos: Søren Husted



**B.** Fosformangel: Bladene bliver små og farves rød-lige og svagt blå, fordi det røde farvepigment anthocyanin ophober sig sammen med det grønne klorofyl.



**C.** Kvælstofmangel: Bladene bliver blege, fordi det grønne klorofylmolekyle bliver nedbrudt. En kvælstofmanglende plante bliver gradvist helt gul, fordi det eneste farvestof, der er tilbage i vævet, er xantofyl (gult).

dette eksempel et begrænsende næringsstof for væksten, og planten udvikler symptomer på molybdæn-mangel, bliver syg og giver et dårligt udbytte (Figur 2.3). Planter, der lider af mangel på næringsstoffer, skifter farve på karakteristiske måder, som afspejler næringsstoffernes funktion i stofskiftet. Med lidt træning kan man blot ved at se på bladene afgøre, hvilken næringsstofmangel planten lider af (Figur 2.4).

### Plantenæringsstoffernes tilgængelighed og optagelse

Plantenæringsstofferne bliver optaget som uorganiske ioner fra den jordvæske, der omgiver rødderne. Det kan enten være som positivt ladede kationer:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  eller i form af negativt ladede anioner:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

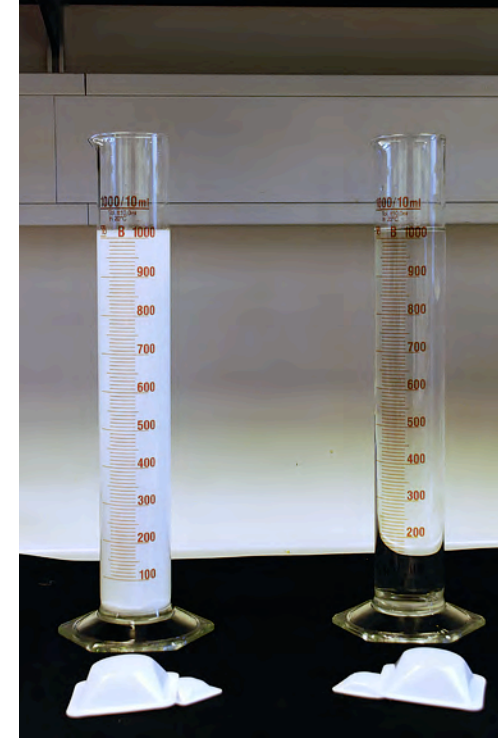
Nogle af ionerne er meget opløselige, og de findes derfor næsten udelukkende i jordvæsken. Andre er meget tungtopløselige, og findes derfor ikke i jordvæsken. De udfælder

**Figur 2.5.** Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) optræder begge som anioner i jorden, men der er stor forskel på deres opløselighed i den jordvæske, som rødderne optager næringsstofferne fra. Nitrat vil være opløst og meget lettilgængeligt for planterne, da der ikke findes nogen kationer i jordvæsken, som kan udfælde nitrat. Modsat forholder det sig med fosfat, der reagerer stærkt med kationer af jern og aluminium, som derfor udfælder på kemiske former, der ikke kan optages af planter. Det betyder, at rødderne skal arbejde hårdt for at opløse fosfor direkte fra overfladen af mineralerne eller fra de gødningskorn, der er spredt ud på marken af jordbrugeren. På billedet til højre har vi tilsat 1.200 g  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  pr. liter vand (måleglasset til højre), og det ses, at alt er gået i opløsning – væsken er helt transparent. I måleglasset til venstre er der tilsat en teskefuld  $\text{FePO}_4$  pr. liter vand, og opløsningen bliver mælkevid og uklar, som viser, at det meste fosfor ikke går i opløsning. Man kan måle, at der kun kan opløses 0,0000000000186 g  $\text{FePO}_4$  pr. liter vand ved 20 °C. Foto: Rikke Pape Thomsen.

som tungtopløselige forbindelser eller reagerer med overfladen af jordens faste partikler såsom lerpartikler, hvorefter de binder sig på overfladen af dem (Figur 2.5).

Uorganisk kvælstof findes næsten udelukkende som opløst  $\text{NO}_3^-$  i jordvæsken af landbrugsjord. Det danner nemlig ikke tungtopløselige forbindelser med nogle af de kationer, man finder i jorden. Planten har derfor meget let ved at få fat i kvælstof, hvis det altså er tilført jorden som kunstgødning. Der er desuden en meget stor organisk pulje kvælstof i jordens humus, som ikke er tilgængelig for planterne.

Omvendt forholder det sig med fosfor, som findes som anionen fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Fosfat er meget tungtopløselig i jordvæsken, da det danner uopløselige forbindelser med en række andre stoffer, såsom  $\text{Fe}^{3+}$  og  $\text{Ca}^{2+}$  og ikke mindst  $\text{Al}^{3+}$ . Aluminium er godt nok ikke et plantenæringsstof, men findes i høje koncentrationer på overfladen af de lermineraller, som jorden består af.



### **Dansk landbrugsjord er blandt den mest frugtbare i verden**

I Danmark er jorden i geologisk henseende meget ung. Den er skabt efter sidste istid, der sluttede for ca. 12.000 år siden. Det betyder, at jorden indeholder en masse mineraler, som f.eks. en lang række forskellige ler- og siltmineraler, der er aflejret, da isen smeltede og trak sig tilbage. Disse mineraler er meget rige på næsten alle essentielle plantenæringsstoffer. Desuden indeholder jorden humus, som er et organisk stof, der tilføres landbrugsjorden med husdyrgødning, eller som efterlades efter høst i form af døde planterester. Når det organiske stof bliver nedbrudt af bakterier og svampe, frigives en række næringsstoffer.

Det kølige klima i Danmark medfører, at det organiske stof bliver nedbrudt ganske langsomt og at mineralerne forvitrer meget langsomt. Det betyder, at der sker en gradvis og langsom frigivelse af næringsstoffer fra jorden til planterne. Derfor er den danske

jord som hovedregel meget frugtbar, faktisk er dansk landbrugsjord blandt de mest frugtbare i hele verden.

### **Tropiske jorde er ofte udpinte og ufrugtbare**

I troperne bliver det organiske stof meget hurtigt nedbrudt pga. varmen og fugtigheden. De fleste jorde er meget gamle og ikke som de danske, præget af de seneste istider. Forvitringen i jorden har derfor stået på over rigtig mange år, og en stor del af næringsstofferne er derfor forsvundet. De er enten udvasket med regnen, blæst bort med vinden (vinderosion) eller måske skyllet væk efter kraftige regnbyger (vanderosion). I store dele af troperne har disse processer stået på i flere millioner år, og derfor er mange jorde ikke længere frugtbare. Manglen på frugtbarhed bliver naturligvis forstærket af manglen på nedbør og en stærk varme, som stresser planterne og gør, at de vokser langsomt og producerer et lavt udbytte.

### **Kvælstof begrænser i Danmark – fosfor i troperne**

I den frugtbare danske jord er det oftest kvælstof, der er det mest begrænsende næringsstof. Derfor vil tilførsel af kvælstof med gødningen resultere i en markant stigning i udbyttet. I troperne får man derimod ofte kun en relativ dårlig effekt af kun at tilføre kvælstof. Her er det nødvendigt at tilføre en hel række af de øvrige næringsstoffer for at få udbyttet til at stige, fordi alle "stavene i tønden" er korte (Figur 2.2).

I troperne er det meget almindeligt, at plantevæksten er mest begrænset af fosformangel. Det skyldes primært, at jordene er sure og derfor indeholder høje koncentrationer af Fe og Al, som netop bliver frigivet under sure forhold. Jordene farves gule og rustbrøde, fordi Fe og Al oxiderer og udfælder som indest farvede oxider og hydroxider f.eks. som mineralet goethite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Figur 2.6). Jordene har en lav frugtbarhed, fordi Al og Fe reagerer kraftigt med fosfat-ionen, hvorved den udfæl-



**Figur 2.6.** Brun dansk lerjord og rød tropisk jord. Den frugtbare danske jord bliver farvet brun af humus-stoffer, som opstår ved nedbrydning af organisk stof. Tropiske jorde med lav frugtbarhed er typisk intenst farvede, fordi Fe og Al oxiderer til forbindelser med gule og røde nuancer, samtidig indeholder jorden meget lidt humus. Foto: Søren Husted (tv.) og Andreas de Neergaard (th.).

der. Når denne udfældning har fundet sted, er P ikke længere tilgængelig for planterne.

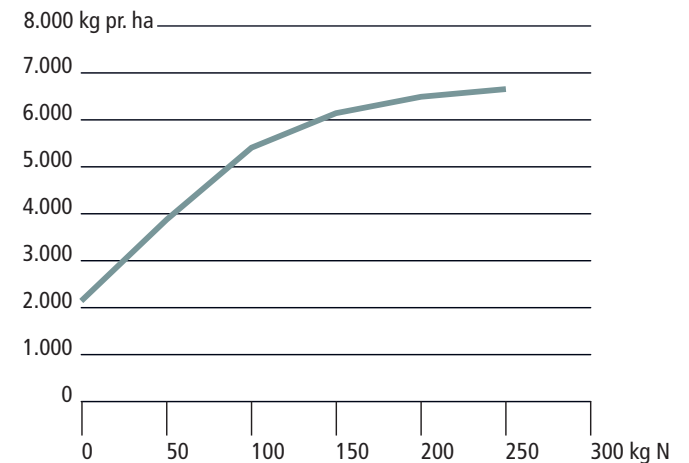
### Alle planter har et udbyttepotentiale

Den tyske agronom Eilhard Alfred Mitscherlich gennemgik i 1940'erne resultatet af 27.000 gødskningsforsøg med de essentielle plantenæringsstoffer N, P og K. Han opstillede på baggrund af disse forsøg en lov, der nu er kendt som Mitscherlichs regel (Figur 2.7). Ifølge denne regel har alle planter et bestemt udbyttepotentiale, der netop opnås, når planten er optimalt forsynet med alle plantenæringsstoffer. Altså når transpiratio-

nen ikke er begrænset af vandmangel, og når fotosyntesen ikke er begrænset af lysmængden.

Under markforhold opnås potentiale aldrig helt, da der altid vil være perioder, hvor der er vandmangel eller for lidt lys. Men Mitscherlichs regel siger, at høstudbyttet vil stige, når man tilfører det næringsstof, der er begrænsende for væksten indtil et vist punkt, hvor udbyttet ikke længere kan øges. Yderligere vækst kan man ikke opnå, fordi udbyttepotentialet er nået, eller fordi der er mangel på andre essentielle plantenæringsstoffer, lys eller vand.

**Figur 2.7.** Udbyttekurve med form, der følger Mitscherlichs regel. Y-aksen angiver høstudbytte, og x-aksen viser mængden af gødning.



**Konklusion**

Ifølge Mitscherlichs regel kan vi udlede et meget vigtigt forhold omkring planteproduktion. I det moderne jordbrug med høje udbytter, som det praktiseres i det rige Nord, skal der tilføres store mængder gødning for at øge udbyttet yderligere. I det fattige Syd, hvor jorden er mindre frugtbar, og hvor der ikke er adgang til så meget gødning, er udbytterne lavere. Der vil selv ganske små forøgelse i gødskningen resultere i store stigninger i udbyttet.

Med anvendelse af den rette viden er det derfor ofte nemt med ganske få ressourcer at forøge udbytterne i tropene. Det er sjældent muligt i det moderne jordbrug. Dels er det for kostbart, og dels er det ikke bæredygtigt i et miljømæssigt perspektiv.

Til gengæld er der mange forhold i Syd, som begrænser mulighederne. Især er infrastrukturen tit dårlig, dvs. det er dyrt at få bragt gødningen frem til landmændene og afgrøderne til markederne. Der kan også være politisk ustabilitet og dårlige investerings-

forhold. Men der er ingen tvivl om, at det største potentiale til at producere mere mad ligger i Syd.



Foto: Jesper Rasmussen

## KAPITEL 3

# ØKOLOGISKE OG KONVENTIONELLE DYRKNINGSSYSTEMER

Der er mange forskellige måder at dyrke planter på. Afhængig af hvordan jordbruget tilfører næringsstoffer til jorden, om der bruges pesticider eller måske genmodificerede afgrøder, så skelner man mellem det økologiske og det konventionelle jordbrug. Det moderne konventionelle jordbrug er i stand til at levere de største høstudbytter – både med og uden genmodificerede afgrøder. I den økologiske produktion er genmodificering bandlyst, der er et øget fokus på dyrevelfærd og på at beskytte den omgivende natur. I vores del af verden er der de seneste årtier sket en markant vækst i forbruget af økologiske fødevarer.

Men når vi i fremtiden skal øge fødevarerproduktionen, er økologi så vejen frem? Skal vi hellere masseproducere konventionelt og fragte fødevarerne derhen, hvor de er knappe? Eller er det måske bedre at satse på at øge planteproduktionen lokalt? Læs svar og overvejelser på de næste sider.

Figur 3.1. Flere essentielle næringsstoffer – N, P og K – er her presset sammen i små kugler, en såkaldt sam-granuleret kunstgødning.  
Foto: Yara Danmark.





Rundt omkring i verden praktiseres jordbrug på et utal af forskellige måder, også blandt jordbrugere, der dyrker nøjagtig den samme afgrøde. Alligevel inddeler vi produktionsformerne i to hovedkategorier – konventionelt eller økologisk, alt efter om der bliver anvendt kunstgødning, syntetiske pesticider og måske genmodificerede (GM) afgrøder ved dyrkningen.

### **Det konventionelle jordbrug med kunstgødning og pesticider**

I det konventionelle jordbrug er det tilladt at bruge kunstgødning for at få tilført alle de essentielle plantenæringsstoffer. Kunstgødningen kan enten være gravet op af miner og forarbejdet eller være produceret på kemiske fabrikker (se faktaside om kunstgødning s. 59). Næringsstofferne bliver typisk lavet om til små runde kugler, som man let kan sprede ud på markerne ved håndkraft eller med maskiner (Figur 3.1).

Det er også tilladt at bruge syntetiske pesti-

cider i det konventionelle jordbrug. Pesticider benyttes til at få ukrudt (herbicider) til at visne, forhindre insektangreb (insekticider) eller svampesygdomme (fungicider). Pesticiderne er kostbare at udvikle og fremstilles derfor typisk af meget store kapitalstærke virksomheder såsom Monsanto, DuPont, Bayer og Syngenta. De producenter står for næsten 80 % af verdensmarkedets pesticider, og den branches omsætning voksede med 10 % fra 2009 til 2010.

### **Genmodificerede afgrøder er modstandsdygtige**

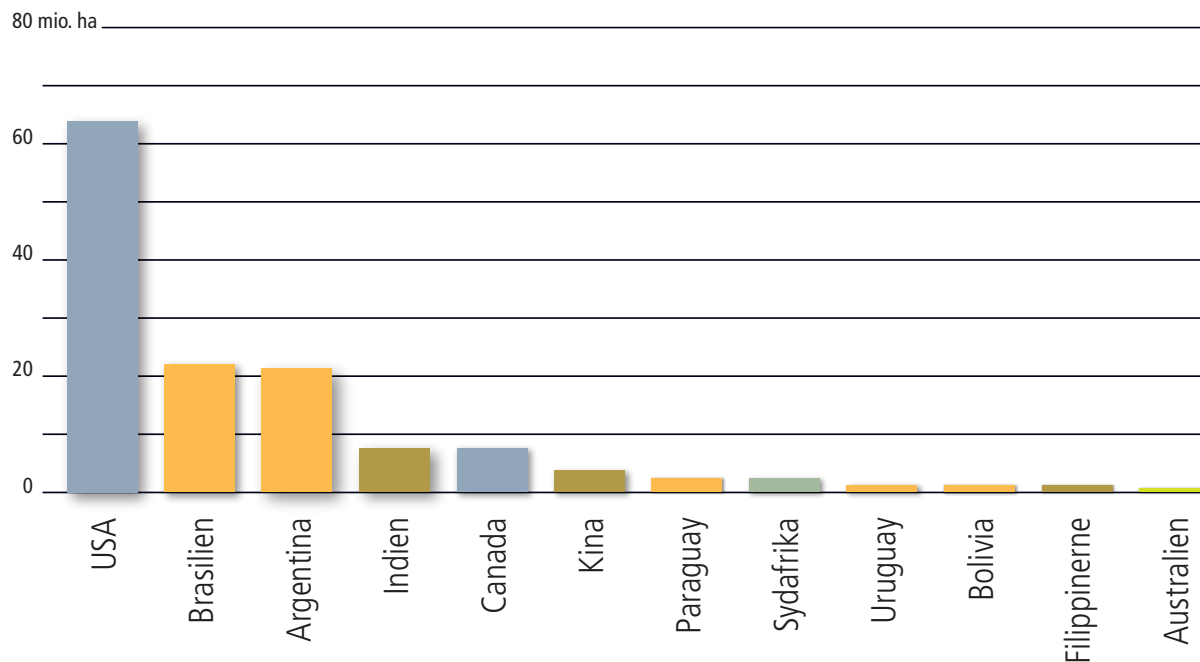
I mange lande er det tilladt at anvende genmodificerede (GM) afgrøder i det konventionelle jordbrug. De er frembragt ved at overføre gener fra f. eks. en anden planteart, en bakterie eller et dyr, via en såkaldt gentransformation til afgrøden. Målet med transformationen er typisk at øge afgrødens modstandsdygtighed over for skadedyr, sygdomme eller ukrudtsmidler. Sidstnævnte betyder, at man kan sprøjte marken og dræbe

ukrudtet uden at skade afgrøden. Dermed bliver udbyttet forøget, fordi konkurrencen fra ukrudtet om adgang til lys, vand og næringsstoffer bliver fjernet. Samtidig bliver arbejdsbyrden nedsat for jordbrugeren, da ukrudtet ikke skal fjernes ad mekanisk vej, som er tidskrævende og dermed også kostbar.

### **Brugen af genmodificerede afgrøder er udbredt og stigende**

I 2011 er det kun nogle få GM afgrøder, det er tilladt at dyrke i EU og dermed også i Danmark. Det drejer sig om tobak, majs, kartoffel og cikoriesalat. Genmodificerede afgrøder i det konventionelle jordbrug er meget udbredt i f.eks. USA, Canada og i dele af Sydamerika samt i Kina og Indien (Figur 3.1). 90-95 % af de dyrkede sojabønner, majs og sukkerroer i USA var genmodificerede i 2009. I dag indeholder næsten alle plantebaserede fødevarer, der bliver solgt på det amerikanske marked, en eller flere ingredienser, der stammer fra GM afgrøder.

**Figur 3.2.** Udbredelsen af GM afgrøder på globalt plan i 2009. Langt de fleste lande uden for Europa øger i dag landbrugsarealerne med genmodificerede afgrøder.



### Debatten om GM afgrøderne

Bølgerne har tit gået højt, når modstandere og tilhængere af genmodificering har diskuteret. Argumenterne for at bruge GM afgrøder i jordbruget er:

- at man kan reducere kemikalie- og arbejdsforbruget.
- at man kan producere bedre fødevarer f.eks. med højere vitaminindhold.
- at man kan udvikle afgrøder, som vokser bedre under vanskelige forhold såsom i tørke og på saline jorde (se faktside om genmodificerede afgrøder s. 43).

Argumenterne imod GM afgrøder kan opdeles i tre typer:

- principielle eller religiøse: man mener, det er forkert at "pille ved naturen".
- sikkerhedsmæssige: man er bekymret for, at egenskaberne f.eks. sprøjtemiddelresistens spredt sig til andre organismer i naturen.
- samfundsmæssige: at bønder bliver bun-

det til den agro-kemiske industri, fordi de bliver presset til at købe såsæd og sprøjtemidler hos et specifikt firma, i stedet for at bruge deres egne frø, der er tilpasset lokalområdet.

De GM afgrøder, som er på markedet i dag, er næsten udelukkende typer, som giver resistens imod skadedyr eller muliggør sprøjtning mod ukrudt (Roundup) uden at påvirke afgrøden. Det er også lykkedes at introducere en række af disse afgrøder blandt småbønder i udviklingslande, som ikke har noget højt uddannelsesniveau. Forkert brug af farlige sprøjtemidler er et alvorligt problem her, og GM afgrøder har vist sig at have en række fordele i at forbedre arbejdsmiljøet.

### **Data om genmodificerede afgrøder er mangelfulde**

Det er meget vanskeligt at dokumentere, om GM afgrøder reelt producerer større udbytter end de lokale afgrøder.

De mange rapporter, der er skrevet, er ofte udarbejdet af interesseorganisationer, der forsøger at promovere en politisk bestemt dagsorden. Debatten lider under, at der hidtil kun er gennemført ganske få uvildige undersøgelser af tilstrækkelig høj kvalitet. Det sparsomme videnskabelige datagrundlag umuliggør en statistisk sikker evaluering af, om GM afgrøder reelt fører til en udbyttefremgang og forbedrer jordbrugerens økonomi.

Problemet med mange af forsøgene er, at:

- Man sammenligner høstudbytter for plantesorter med og uden genmodificering på tidspunkter, hvor afprøvningen ikke repræsenterer de mest forædlede og dermed bedst egnede sorter. Sammenligningen mellem GM og ikke-GM bliver derfor misvisende.
- Planteavlere, der går over til GM dyrkning bliver sammenlignet med bønder, der holder fast i de traditionelle dyrkningsmetoder.

Det betyder, at man reelt sammenligner summen af en hel masse forbedrende tiltag såsom forbedret gødsning, jordbehandling og den genmodificerede afgrøde.

- Mange af forsøgene er ikke udført over flere dyrkningsæsoner. Forsøg over flere år er nødvendige, for at man kan vurdere, om GM afgrøden er bedre end de lokale ikke-genmodificerede sorter. Altså når planten bliver udsat for stress, som ved tørke, næringsstofmangel, insektangreb og sygdomme.

### **Giver genmodificerede afgrøder større udbytter?**

Der er i 2005 gennemført en stor sammenfatning af 168 forsøg i 12 lande, hvor man sammenligner udbytterne hos planteavlere, der dyrker GM afgrøder med dem, der fortsat dyrker ikke-genmodificerede afgrøder.

Alle forsøg ser på effekten af at øge herbicid-tolerancen eller insekt-resistensen hos GM majs, soja eller bomuld. I langt de

fleste tilfælde observerer man en klar fremgang i høstudbyttet ved at dyrke GM afgrøder – ikke mindst i udviklingslandene. I f.eks. Indien stiger både høst- og det økonomiske udbytte i

75 % af tilfældene, hvor der bliver dyrket GM afgrøder.

Udbyttestigningerne svinger meget, men ligger typisk

20-30 % højere hos de jordbrugere, der dyrker GM afgrøderne.

Selvom ovenstående undersøgelse er publiceret i et af de mest velansete videnskabelige tidsskrifter (Nature Biotechnology), lider mange af de  $\pm$ GM forsøg, som bliver citeret, af netop de forsøgsmæssige svagheder, som er beskrevet ovenfor. Og det gælder i høj grad for de forsøg, der er udført i udviklingslandene.

Det rokker dog ikke ved den kendsgerning, at markedet for GM afgrøder vokser hastigt. I øjeblikket regner man med, at 14 millioner jordbrugere dyrker GM afgrøder på

globalt plan – mere end 90 % af dem i udviklingslande.

### Stadig vigtigt at forbedre dyrkningsbetingelserne

Der er store forhåbninger til, at vi i fremtiden kan udvikle salt- eller tørketolerante GM afgrøder, som vil kunne forbedre udbytterne under vanskelige dyrkningsforhold. Men dette ligger endnu en del år ude i fremtiden.

Udviklingen og ikke mindst godkendelsen af GM afgrøder er samtidig meget dyr og langvarig. Jo mere komplekse egenskaber man ønsker at udvikle, jo sværere er det. Mange udviklingslande ligger kun på en brøkdel af deres potentielle produktion – selv med de nuværende sorter. Det gør de, fordi der mangler gødning, landbrugsmaskiner, viden og investeringer.

Det er meget sandsynligt, at GM afgrøder kommer til at spille en stor rolle for landbruget i det 21. århundrede. Alligevel tyder det meget på, at vi de næste 10 år (mindst) kom-

**Sædskiftet** betegner rækkefølgen og sammensætningen af afgrøder på marken. Ofte dyrker man ikke de samme afgrøder på samme mark år efter år, men veksler mellem forskellige afgrøder.

**Kvælstoffikserende afgrøder** er planter, der tilhører ærteblomstfamilien. Disse planter kan indgå i symbiose med kvælstoffikserende bakterier, som kan fikserer luftens kvælstof. Kvælstoffet bliver omdannet til ammonium og nitrat, som afgrøderne kan indbygge i deres væv.

**Efterafgrøder** er planter med et dybt rodnets, som kan opsamle næringsstoffer, efter at hovedafgrøden er høstet. De sørger for, at næringsstofferne fastholdes i marken og reducerer udvaskningen. Når planten dør og bliver nedbrudt af mikroorganismer, frigives næringsstofferne, som forårets afgrøder kan optage.



mer længst ved at fokusere på at forbedre dyrkningsbetingelserne på de mange små landbrug, hvor jorden er ufrugtbar. Her vil anvendelse af allerede eksisterende viden om plantedyrkning kunne give meget store udbyttestigninger. Stigninger, som ligger langt over de niveauer på 20-30 %, man opnår ved blot at indføre GM afgrøder.

### **Det økologiske jordbrug sigter på lukkede næringsstofkredsløb**

Et af grundprincipperne i det økologiske jordbrug er, at produktionen i videst muligt omfang skal basere sig på en skånsom anvendelse af de naturlige ressourcer. Industrielt fremstillede gødninger og pesticider samt GM afgrøder bliver ikke opfattet som

naturlige og er derfor ikke tilladt i det økologiske jordbrug. Desuden er dyrevelfærd højt prioriteret.

### **Økologi bliver gradbøjet på tværs af grænser**

Der eksisterer ikke en internationalt gældende definition af, hvad økologisk jordbrug egentlig er, og der er heller ingen fælles regler for økologisk produktion på globalt plan. Der kan derfor være store forskelle på, hvad man opfatter som økologisk i de enkelte lande.

I nogle lande er det tilladt at anvende bestemte pesticider, så man må anvende visse former for kunstgødning i den økologiske produktion. Inden for EU er der dog et fælles regelsæt, som medlemslandene skal rette

**Figur 3.3.** Efterafgrøder, der ofte bliver brugt i jordbruget:

**A.** Honningurt. Foto: Jesper Rasmussen

**B.** Cikorie. Foto: Thure Hauser

**C.** Raps. Foto: Jesper Rasmussen

sig efter, men også her kan der være indført nationale særregler.

Der vil derfor højst sandsynligt være meget stor forskel på et økologisk æble, alt efter om det er dyrket i Italien, Chile eller Danmark. Forskellene vil ligge i den gødning, der er anvendt, og om der er brugt pesticider til at bekæmpe sygdomme og skadedyr.

### **Tilførsel af næringsstof i økologisk jordbrug**

Der er i den økologiske produktion en målsætning om at tilstræbe lukkede nærings-

stofkredsløb. Da man ikke må bruge kunstgødning, anvender jordbrugeren i stedet husdyrgødning, kompost og grøngødning. Der er strenge regler på økologiske gårde for, hvor mange husdyr man må have, og dermed hvor meget gødning de producerer. Man må tilmed bruge mindre gødning pr. hektar på de økologiske marker end på de konventionelle.

Økologiske landmænd forsøger derfor, at forbedre næringsstofbalancen ved:

- at bruge mange flere kvælstoffikserende afgrøder end de konventionelle.
- at anvende mange forskellige plantearter i sædskiftet.
- at anvende efterafgrøder.

### **Kvælstoftilførsel varierer imellem dyrkningssystemer**

Økologerne lægger meget vægt på at beskytte vandmiljøet og reducere klimabelastningen, derfor er der strenge begrænsninger på, hvor meget kvælstofgødning, der bliver

anvendt ved dyrkning. I EU må en økolog i gennemsnit maksimalt anvende 170 kg N pr. ha på det dyrkede areal. Der er meget stor forskel på, hvor meget kvælstofgødning den konventionelle jordbruger – ifølge lovgivningen har ret til at benytte. Det afhænger både af, hvilken afgrøde han dyrker, hvilken jordtype der er på gården, og hvor meget nedbør der typisk falder i området.

En konventionel hvedeproducent på Lolland må bruge helt op til 268 kg N pr. ha, hvis han dyrker en meget frugtbar lerjord. Dyrker han hveden på en ufrugtbar sandjord i Vestjylland, må han kun anvende omkring 110 kg N pr. ha. Derfor kan man sagtens finde tilfælde, hvor den økologiske jordbruger bruger lige så meget kvælstofgødning som den konventionelle eller måske mere. Men som hovedregel benytter økologerne kun 60-80 % af den gødningsmængde, der bliver brugt i det konventionelle jordbrug.

### **Høstudbyttet er lavere i det økologiske jordbrug**

Det økologiske høstudbytte bliver næsten altid mindre end det konventionelle, fordi der bliver tildelt en lavere kvælstofmængde og ikke sprøjtes med pesticider (Figur 3.4). Det er primært, fordi fotosyntesen bliver nedsat, når kvælstof-indholdet i planten falder. Det betyder, at planten producerer færre kulhydrater og dermed danner færre frø. Desuden bruger planten mere energi til at bekæmpe skadedyr og sygdomme, når der ikke sprøjtes med pesticider. Hvis planten var beskyttet af pesticider, ville den primært bruge energi til at danne biomasse og dermed producere et højere høstudbytte. Som tommelfingerregel er udbyttet i det økologiske jordbrug typisk 20-60 % lavere end i det konventionelle.

### **Dyrkningssystemerne og den globale fødevarerforsyning**

Da udbyttet er væsentlig lavere i det økologiske jordbrug, kan det måske umiddelbart

tyde på, at denne driftsform diskvalificerer sig selv i forhold til at skaffe tilstrækkelige mængder af fødevarer til verdens stigende befolkning. Men problematikken er langt fra så enkel.

Udbytterne af de dominerende afgrøder såsom hvede, ris og kartofler er godt nok som hovedregel altid højere i det konventionelle jordbrug. I hvert fald når man sammenligner landbrugssystemer på frugtbare jorde, som bliver drevet efter moderne principper (Tabel 3.1 & Tabel 3.2).

Alligevel er det ikke et entydigt argument for, at vi skal vælge den konventionelle

**Kation-ombytningskapacitet** beskriver jordens evne til at binde kationer, f.eks. næringsstofferne  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ . Lerminealernes overflade er negativt ladet, derfor binder de kationerne. Tropiske jorde har ofte meget lav bindingsevne i forhold til danske.

**Tabel 3.1.** Typiske høst-udbytter i danske konventionelle og økologiske jordbrug (t pr. ha).

Dyrknings-system	Hvede	Heste-bønne	Kartoffel	Vinterbyg
Økologisk	3,1	2,2	6,0	2,8
Konventionel	6,9	3,1	8,2	5,7

**Tabel 3.2.** Typiske høst-udbytter (t pr. ha) i asiatiske konventionelle og økologiske jordbrug.

Dyrknings-system	Filippinerne Ris	Kina Sojabønner
Økologisk	3,3	3,8
Konventionel	3,5	7,5

driftsform for at sikre en tilstrækkelig fødevarerforsyning. Det er nemlig meget usikkert om en forøgelse af fødevarerproduktionen på de frugtbare jorde reelt vil kunne løse manglen på mad der, hvor der er brug for den. Fødevarerne er kostbare at producere mod Nord, kostbare at transportere og meget ofte er den nødvendige infrastruktur og købekraft ikke til stede i modtager-landet i Syd. Det vil ofte være umuligt at få fødevarerne frem (Figur 3.5 på side 42).

### Økologi på ufrugtbare jorde kan give gode udbytter

Cirka 40 % af alle jordbrugere i verden, som samlet producerer mad til 2-3 milliarder mennesker, dyrker planter på jord med lav frugtbarhed, hvor udbyttet typisk er meget lavt – mellem 500-1.500 kg korn pr. ha. På disse lav-produktive jorde vil selv meget små forbedringer i dyrkningspraksis medføre store udbyttestigninger (Tabel 3.3). I disse systemer kan man se, at det vil give et højere ud-

**Tablet 3.3.** Ændringen i høstudbyttet efter overgang fra traditionelle dyrkningsprincipper til økologisk dyrkning i Afrika.

Region	Antal studier	Antal økologiske landbrug	Økologisk dyrket areal (mio. ha)	Gennemsnitlig ændring af høstudbyttet (%)
Afrika (samlet)	114	1.900.000	2	+116
Østafrika	71	1.600.000	1,4	+128
Tanzania	9	27.000	0,7	+67
Uganda	17	241.000	0,06	+54

bytte end gennemsnittet, hvis man gik over til økologisk produktion.

Det skyldes to ting:

- De økologiske bønder i udviklingslandene er tit de dygtigste bønder, som har flest ressourcer, og som producerer kommercielt og ikke kun til sig selv. Det er derfor ikke så underligt, at de høster mere end deres konventionelle fattige nabo.
- Den anden grund er lidt mere kompliceret. Ofte bruger konventionelle bønder ensidig gødning, f.eks. NPK-gødning eller endda kun N eller P uden indhold af vigtige mikro-næringsstoffer. Men den udpinte jord omkring ækvator har ofte brug for mere end det. Den har brug for flere af de essentielle næringsstoffer f.eks. zink, som tit er begrænsende. Jorden kan være sur,

og derved bliver P meget lidt tilgængeligt. Endelig har jorden måske brug for noget organisk stof til at forbedre dens vandholdende evne, kation-ombytningskapaciteten og strukturen. Alt dette får den, hvis man tilføjer organiske gødninger, og det er jo netop det, der sker i den økologiske produktion.

Til gengæld står økologien med nogle særlige udfordringer i udviklingslandene. Koncentrationen af næringsstoffer i organiske gødninger er oftest lavere end i kunstgødning, derfor kan det være uoverkommeligt at tilføre en fosfor-hungrende tropisk jord tilstrækkelig næring ved brug af husdyrgødning. Samtidig er der under de varmere og mere fugtige himmelstrøg mange problemer med skadedyr og ukrudt.

### Økologien giver gode produktionsresultater

FAO har i 2008 konkluderet, at økologisk planteproduktion på de små tropiske jordbrug kan præstere bedre høstresultater end dem, der baserer sig på konventionelle principper. Økologisk jordbrug på globalt plan bør derfor fremmes, fordi det baserer sig på mere bæredygtige principper end det konventionelle jordbrug.

Forskning viser også, at man opnår de største udbyttetigninger ved at kombinere økologiske og konventionelle metoder. Måske af organisk stof til at opbygge jordens frugtbarhed i kombination med kunstgødning, som giver næringsstoffer til planten her og nu.

Noget tilsvarende gør sig gældende for bekæmpelse af ukrudt og skadedyr. Her kan



man kombinere sædskifter og dyrkningsteknikker med supplerende brug af sprøjtemidler, når afgrøder bliver udsat for større insektangreb eller stor konkurrence fra ukrudtet. På den måde kan man helt undgå at miste afgrøde på grund af skadedyr og ukrudt.

### Økologi er bæredygtig og har en stor fremtid

Økologi bliver i almindelighed stadig set som en nicheproduktion, som kun er attraktiv for dem, der har en tilstrækkelig indkomst til at betale merprisen for de økologiske produkter. Men i de senere år har de økologiske dyrkningsprincipper – i kombination med den nyeste videnskabelige viden omkring udnyttelse af næringsstoffer og vand – vist sig at give nogle af de bedste produktionsresultater. Me-

get tyder derfor på, at økologien har en stor fremtid, når det gælder om at øge bæredygtigheden i jordbruget. Netop fordi økologien i højere grad end den konventionelle dyrkning baserer sig på vedvarende ressourcer med et begrænset behov for eksterne input – og det gælder særligt for tropene.

### Konklusion

Man kan ikke effektivt løse sultproblemer i f.eks. Afrika og Asien ved at øge produktiviteten i Danmark og tilsvarende lande, der er begunstiget af frugtbare jorde. En bæredygtig udvikling kræver, at fødevarerne bliver produceret lokalt. Cirka 40 % af alle planteavlere i verden, som samlet producerer mad til næsten 2-3 milliarder mennesker, dyrker planter på jord, hvor udbyttet traditionelt er meget lavt.



**Figur 3.4.** Forsøgsmark med konventionel (øverst) og økologisk hvede (nederst). Den konventionelle mark fik tilført 165 kg N pr. ha i form af NPK-kunstgødning, og den økologiske blev tildelt 110 kg pr. ha i form af husdyrgødning. Udbyttet i den økologiske mark blev lavest – der blev høstet hhv. 6.9 og 3.1 tons hvede pr. ha for de to forsøgsmarker. Fotos: Søren Husted.

På disse lav-produktive jorde er der mange eksempler på, at man kan fordoble udbyttet og i visse tilfælde endda betydeligt mere ved blot at anvende nogle simple forbedringer i dyrkningsprincipperne – og de er ofte økologiske. Forbedringerne kræver i de fleste tilfælde blot en mere kvalificeret rådgivning til planteavleren om, hvordan han/hun skal ændre dyrkningen – den nødvendige viden og teknologi findes, men kommer ikke i spil.

Der er også mange eksempler på, at en kombination af økologiske principper med en beskeden brug af kunstgødning, med den rette sammensætning, kan føre til en yderligere forøgelse af udbyttet. Så måske er fremtiden en kombination af det bedste fra økologien med nogle af de konventionelle principper? Arealet med GM afgrøderne vil utvivlsomt fortsat stige – ikke mindst i udviklingslandene. Økologerne er dog indædte modstan-

dere af GM afgrøder. Derfor er det uvist, om dyrkning af GM afgrøder i lokalområderne på sigt vil være foreneligt med, at der også er økologisk planteproduktion i området.

**Figur 3.5.** Infrastrukturen i mange af de lande, hvor manglen på fødevarer er størst, er ofte elendig og besværliggør transport af fødevarer (Mali). Foto: Zachary Manson.



## FAKTASIDE GENMODIFICEREDE AFGRØDER

Moderne bioteknologi kom for alvor på den politiske dagsorden i 1980'erne, hvor gensplejsningsteknikken blev udviklet, og man fik de første gensplejsede produkter på markedet – så som human insulin. Mod slutningen af 1980'erne blev forskningen i gensplejsede planter intensiveret. Målet var at skabe landbrugsafgrøder, der kunne give højere udbytter, og som var lettere at dyrke for landmanden. I 1995 blev de første gensplejsede afgrøder – soja og majs – dyrket af landmænd i USA.

På verdensmarkedet er de fleste afgrøder af den gensplejsede type, der er gjort resistent mod ukrudtsmidler (Figur 3.6).

I USA, som er verdens største producent og eksportør af sojaprotein, er 95 % af alle

sojaplanter i dag af den gensplejsede type. Sojabønner benyttes til produktion af sojakager, der på verdensplan er den vigtigste proteinkilde i foder til husdyr.

### En ny grøn revolution – ved hjælp af bioteknologi?

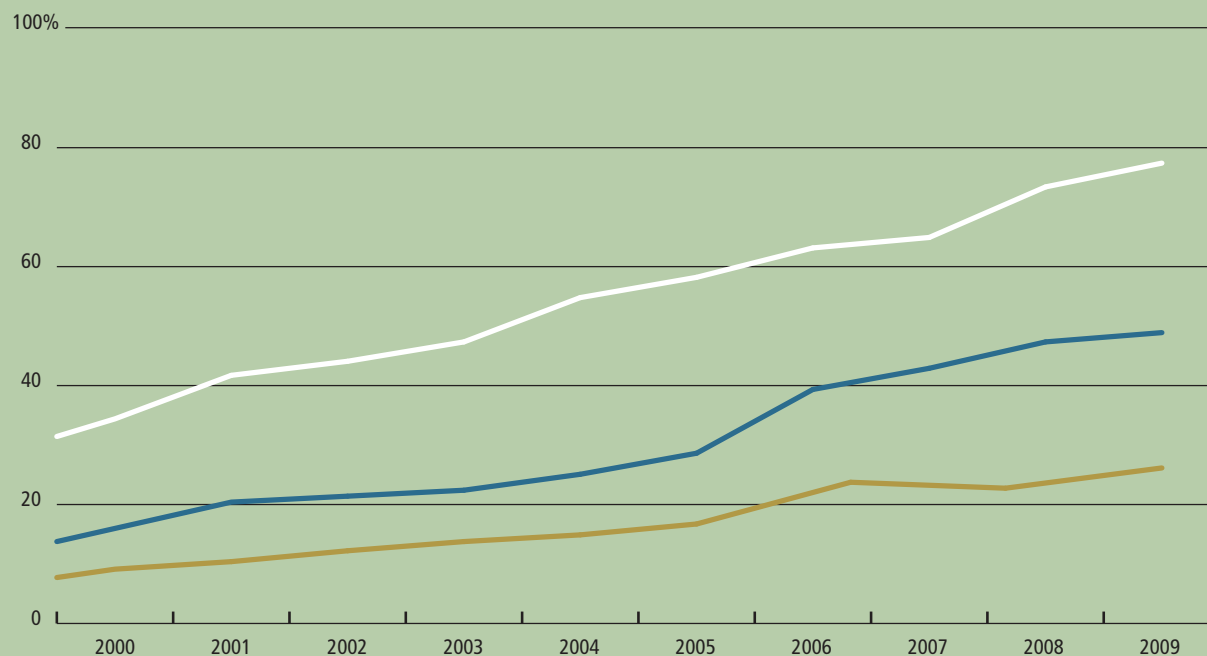
I dag er loftet for det maksimale udbytte hos de dominerende afgrøder nået. Og derfor

taler man nu om nødvendigheden af 'en ny grøn revolution', der igen kan øge udbytterne markant og sikre fremtidens fødevarerforsyning.

Inden for de seneste år er genomet blevet kortlagt for flere af de vigtigste landbrugsafgrøder, såsom ris og majs. Inden for ganske få år vil alle vigtige landbrugsafgrøder være fuldstændigt kortlagte. Hermed er vejen ba-

**Figur 3.6.** De mest udbredte genmodificerede afgrøder, der bliver brugt i landbruget på globalt plan. Tallene (%) angiver arealer med GM afgrøder ud af det samlede globale landbrugsareal med de specifikke afgrøder.

■ Bomuld ■ Soyabønner ■ Majs



net for at anvende moderne bioteknologi i langt højere grad end hidtil. Det kan føre til udvikling af nye super-afgrøder med forskellige favorable egenskaber.

### **Forskning i fremtidens planter**

Ved hjælp af genteknologi arbejder forskningen i dag på at kunne forbedre planter evne til f.eks. at tackle forskellige stressfaktorer såsom næringsstofmangel, salt, tørke og sygdomme.

### **Planter, der tolererer aluminium-forgiftning**

Jorde, der bliver dyrket over mange år uden tilførsel af kalk og organisk materiale, bliver gradvist forsuret. Når jordens pH når under 5, bliver aluminium, der ellers er bundet i jordens mineraler, opløseligt og forgifter stofskefteprocesserne i roden. Det betyder, at væksten og høstudbyttet falder. Aluminium-forgiftning hos planter er meget udbredt på landbrugsjord, hvor jordens frugtbarhed ikke bliver vedligeholdt.



Der er derfor forsket meget i at udvikle planter, der kan vokse på sure og aluminiumsholdige jorde. Planter med en forøget udskillelse af f.eks. æblesyre eller citronsyre er i stand til at afgifte  $\text{Al}^{3+}$ -ionen i jordvæsken ved kemisk binding, fordi komplekset i modsætning til den nøgne  $\text{Al}$ -ion ikke kan blive optaget af roden.

Hos vigtige kulturplanter såsom majs, ris, lucerne og papaya har man konstrueret transgene planter, der overudtrykker et eller flere gener, som koder for proteiner, der udskiller små organiske syrer fra roden.

Man har bl.a. haft stor succes med at overføre og overudtrykke det gen (CS-genet), som er ansvarlig for udskillelse af citronsyre hos *Pseudomonas*-bakterier til den kvælstoffikserende lucerneplante. Dermed er planterne blevet langt bedre til at vokse på de forsurede landbrugsjorde.

### Planter på salte jorde

Omkring 30 % af de globalt dyrkede jorde er påvirkede af salt. Årsagen er, at de er

blevet kunstvandet over mange år, og at en del landbrugsjord er opstået steder, hvor der tidligere har været træ og busk-lignede vegetation. Den kunstvandede landbrugsjord er den mest frugtbare og står for 40 % af den globale fødevareproduktion.

For mange af vores afgrøder er salt  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  i for høje koncentrationer en stærk gift. Når afgrøderne hiver vand op af jorden (transpiration) bliver saltet trukket med ind gennem roden. Hvis saltet kommer op i bladene, bliver cellerne ødelagt. Dermed stresses planten, og udbyttet falder.

Forskere har i 2010 udviklet en teknik, der gør, at den foretrukne modelplante Gåsemad (*A. thaliana*) bedre tåler salt. Det sker ved at øge aktiviteten af plantens HKT-gen, der koder for et protein, som transporterer  $\text{Na}^+$  væk fra ledningsvævet. Jo flere  $\text{Na}^+$ -transportører jo bedre kan planten flytte salt ud af ledningsvævet og forhindre transporten op i bladene. Forskernes næste skridt er at overføre denne succes til vigtige kulturplanter – såsom ris og hvede – der er betydningsfulde

afgrøder i den globale fødevareforsyning. Dermed kan man dyrke planter på saltpåvirkede jorde, som alternativt må tages ud af produktion på grund af tiltagende problemer med salinitet.



Foto: Inger Bertelsen, Videncentret for Landbrug.

## KAPITEL 4

# KVÆLSTOF

## — I LUFTEN, PÅ LAND OG TIL VANDS

Planterne har brug for kvælstof for at kunne gro og give et højt høstudbytte. De fleste væsentlige afgrøder er ikke kvælstoffikserende og kan ikke optage  $N_2$  fra luften. Derfor bruger jordbrugeren kvælstofholdige forbindelser i form af kunstgødning, husdyrgødning eller grøngødninger.

Når nu vi skal øge fødevareproduktionen, hvorfor tilfører vi så ikke bare noget mere kvælstof, så udbytterne stiger? Hvad vil der ske med miljøet?

Er det bedre at tilføre husdyrgødning end kunstgødning, eller kan man klare sig med kvælstoffikserende planter?

Og hvad gør den fattige jordbruger i tropene, som ikke har råd til eller kan få fat i kunstgødning? Læs svar og overvejelser på de næste sider.



### **Kvælstofs funktion i planter**

Kvælstof (N, nitrogen) er det uorganiske næringsstof, der er mest af i planter. Det udgør typisk 0,5-5 % af tørvægten, hvor ca. 40 % er kulstof (C), 50 % er ilt (O), 5 % er brint (H), og resten er mineraler.

Kvælstof indgår i nukleinsyrer og i aminosyrer og dermed i alle peptider, proteiner og enzymer. Det indgår også i plantehormoner og i klorofyl, som farver planternes blade grønne.

Da kvælstof er en væsentlig byggesten i klorofylet, vil en plante, som mangler kvælstof, blive lys-gullig. En plante, som har fået rigeligt med kvælstof, vil være mørkegrøn eller ligefrem svagt blålig (Figur 4.1).

### **Kvælstofs fiksering fra luften**

Kvælstofkredsløbet adskiller sig fra de fleste andre næringsstoffers kredsløb ved at have en vigtig gasformig komponent. Kvælstof i form af  $N_2$  udgør 79 % af luften i atmosfæren, men denne pulje er kun tilgængelig for



planterne, hvis kvælstoffikserende organismer omdanner kvælstoffet til en form, som planterne kan optage.

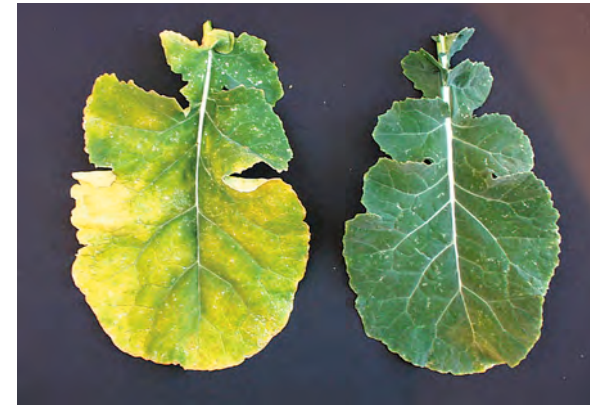
Binding af atmosfærisk kvælstof finder primært sted, hvor bælgplanter er i symbiose med knoldbakterien *Rhizobium* eller med fritlevende bakterier som *Azotobacter* (se faktaside om kvælstoffiksering s. 58). De fritlevende bakteriers bidrag til kvælstofbinding er ganske begrænset i de danske jorde, f.eks. fikserer de fritlevende bakterier 2-10 kg pr. ha årligt, hvor knoldbakterierne fikserer 200 kg pr. ha årligt på en dansk hestebønemark.

### Kvælstofs omsætning og binding i jorden

Organisk kvælstof tilføres jorden gennem døde dyr, døde planterester og husdyrgødning. Når de bliver nedbrudt af mikroorganismer, frigives der uorganisk kvælstof som ammonium, nitrit eller nitrat (Figur 4.2).

Langt den største pulje af kvælstof i jorden er bundet i humus. Der er typisk mellem

**Figur 4.1.** Blade af rapsplanten. Bladet til venstre mangler kvælstof og er derfor gulligt. Symptomerne viser sig først på de ældste blade, da planten flytter kvælstoffet fra de gamle op i de nyeste blade, hvis ikke den optager nok N fra jorden. Foto: Søren Husted.



**Figur 4.2.** Kvælstofmineraliseringen i jorden kan opdeles i to trin.

- 1) Ammonifikation, hvor heterotrofe bakterier nedbryder organisk kvælstof til ammonium.
- 2) Nitrifikation, hvor (a) ammonium omdannes til nitrit af bakteriegruppen *Nitrosomonas* og (b) hvor nitrit omdannes til nitrat af bakterien *Nitrobakter*.

Bakterierne, der udfører nitrifikation, er følsomme over for udsving i temperatur, pH, iltforhold og udtørring. Under disse udsving ophober ammonium i jorden, fordi bakterierne ikke omsætter det til nitrat.

Under iltfrie forhold reduceres nitrat til gasserne NO, N<sub>2</sub>O eller N<sub>2</sub>, som ender i atmosfæren (denitrifikation).

#### 1. Ammonifikation

Organisk N => NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> + mineraler

Organisk kvælstof => ammonium + vand + kuldioxid + mineraler

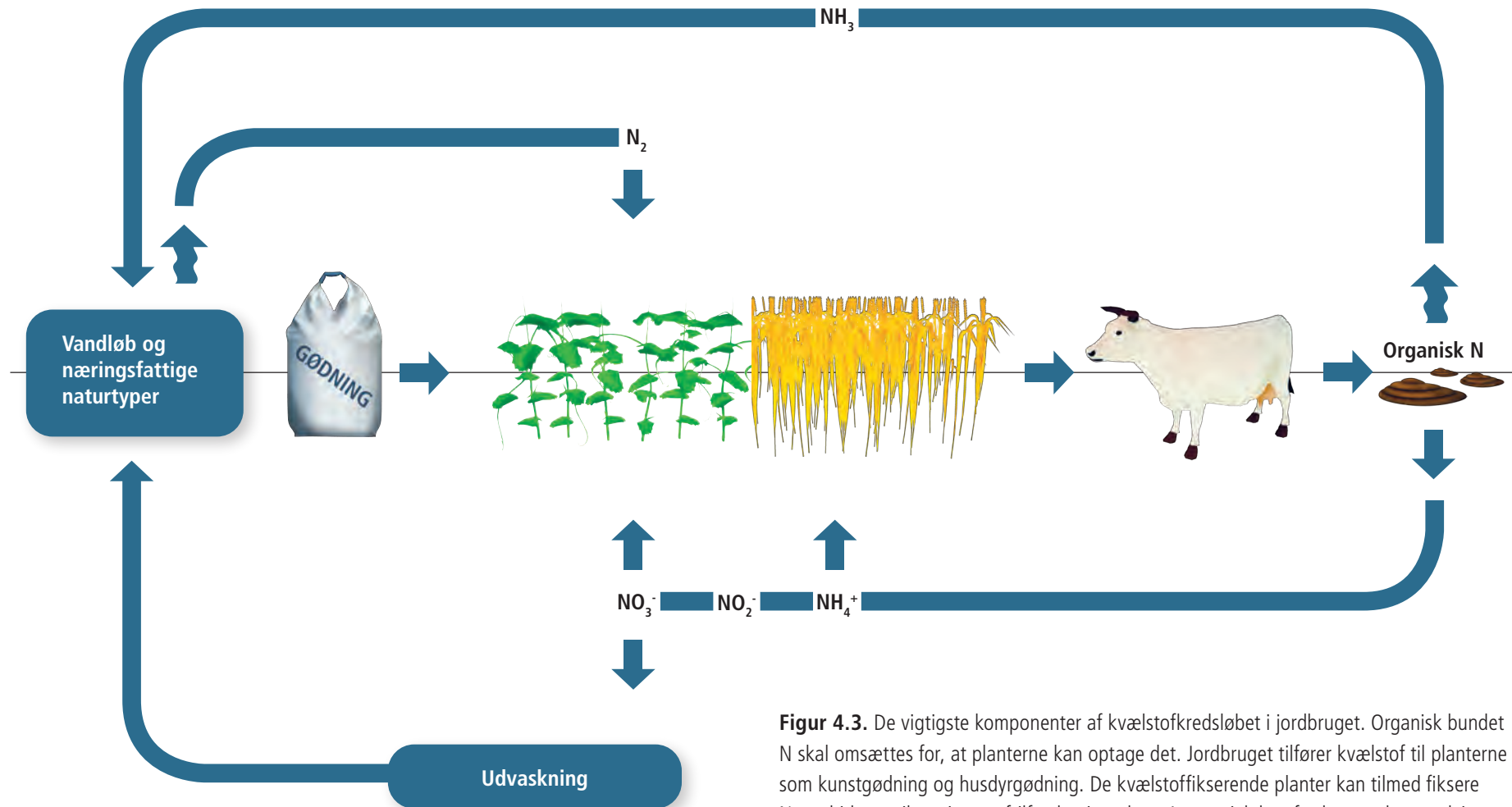
#### 2. Nitrifikation

a. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + O<sub>2</sub> => NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O + H<sup>+</sup>

Ammonium + ilt => nitrit + vand + protoner

b. NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + O<sub>2</sub> => NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Nitrit + ilt => nitrat



**Figur 4.3.** De vigtigste komponenter af kvælstofkredsløbet i jordbruget. Organisk bundet N skal omsættes for, at planterne kan optage det. Jordbruget tilfører kvælstof til planterne som kunstgødning og husdyrgødning. De kvælstoffikserende planter kan tilmed fikserer  $N_2$  og bidrage til næringsstofftilførslen i marken. Ammoniak kan fordampe eksempelvis ved udbringning af husdyrgødning på marken. 3D: Hans Christian Asmussen/NATIOn. Ko: Studio Bottini, Google 3D Warehouse. Foto: Yara Danmark.



**Ammonium** er en kation, som er meget mindre mobil end nitrat, og den udvasker derfor sjældent. Årsagen er, at kationer bindes til jordens negative ladninger på overfladen af lerminerale og humus

**Figur 4.4.** Bælgplanter: **A.** Almindelig Ært. Foto: Jesper Rasmussen **B.** Smalbladet Lupin. Foto: Inger Bertelsen, Videncentret for Landbrug **C.** Rød-Kløver foto: Inger Bertelsen, Videncentret for Landbrug **D.** Hestebønne Foto: Jesper Rasmussen. Fælles for dem er, at de kan fikserer kvælstof fra atmosfæren. Jordbruget bruger disse afgrøder til at tilføre jorden – og dermed hele dyrkningssystemet – kvælstof. Bælgplanterne fungerer som grøngødninger.

1.000 - 10.000 kg N pr. ha bundet i det organiske stof i jorden og sjældent mere end 20-100 kg pr. ha som uorganisk N. For at planterne kan få glæde af kvælstoffet, skal humusen først nedbrydes.

Mikroorganismene i jorden indeholder også meget kvælstof, 50-200 kg pr. ha. Hvis mikroorganismene vokser hurtigt på et substrat, som ikke indeholder meget kvælstof f.eks. halm, vil de optage kvælstof fra jorden og dermed konkurrere med planterne om kvælstoffet. Der sker en såkaldt immobilise-

ring af kvælstoffet. Omvendt vil de hurtigt frigive kvælstof, hvis de nedbryder noget materiale med meget kvælstof i, f.eks. kløver eller ærtehalm.

#### Plantens kvælstofoptag

Alle planter optager uorganisk kvælstof fra jorden i form af nitrat eller ammonium. Det gør de kvælstoffikserende planter også, hvis de uorganiske former er til stede i tilstrækkelig høje koncentrationer (da etableres symbiosen med  $N_2$ -fikserende bakterier ikke).

Ofte foregår der en langsom mineralisering af kvælstof ved nedbrydning af f.eks. husdyrgødning. Derfor vil der oftest være meget mere nitrat end ammonium i jorden, fordi ammonium hurtigt oxideres til nitrat under normale forhold.

Kvælstof – særlig nitrat – kan let udvaskes via jordvæsken til grundvand, vandløb og søer og her medføre en eutrofiering. Fordampningen af ammoniak kan føre til en øget næringsstofbelastning i følsomme næringsfattige miljøer. Det sker, når ammoniak-

**Tabel 4.1.** Kvælstofudnyttelsen i jordbruget fra 1959-2007. Kvælstof bliver tilført primært som gødning og via foder og bliver fjernet igen som landbrugsprodukter. Den overskydende mængde er primært bundet i jorden eller bliver udvasket til omgivende miljø. I 2007 var det gennemsnitlige overskud 116 kg pr. ha dyrket areal. Til sammenligning er den mængde kvælstof man må gøde med (gødningsnormen) for korn typisk mellem 120 og 160 kg N pr. ha.

N pulje Værdier angivet i 1.000 ton	1959		1979		1999		2007	
	Tilførsel	Fraførsel	Tilførsel	Fraførsel	Tilførsel	Fraførsel	Tilførsel	Fraførsel
<b>Tilførsel</b>								
Handelsgødning	102		394		278		193	
Foderimport	95		209		222		212	
N <sub>2</sub> -fiksering	134		23		46		42	
Atmosfærisk deposition*	22		47		30		21	
<b>Total tilført</b>	<b>353</b>		<b>673</b>		<b>576</b>		<b>482**</b>	
<b>Fraførsel</b>								
Animalske produkter (kød, mælk, æg)		67		84		111		122
Planteprodukter (korn, kartofler, foder)		23		55		80		53
<b>Total fjernet</b>		<b>90</b>		<b>139</b>		<b>191</b>		<b>175</b>
<b>N udnyttelse (%)</b>		<b>26</b>		<b>21</b>		<b>33</b>		<b>36</b>
<b>N overskud</b>		<b>263</b>		<b>534</b>		<b>385</b>		<b>307 (116 kg pr. ha)</b>

\* Der er en tilførsel af N fra atmosfæren, som primært stammer fra afbrænding af fossile brændstoffer. Skorstensfiltre har reduceret dette tal de senere år.

\*\* Fra 2000 tilføjer man små mængder spildevandsslam til landbruget, derfor er den totale mængde tilført N lidt større end summen af input.

ken fordamper fra husdyrgødningen – typisk under udbringning, men også fra stalde generelt. Ammoniakken falder så ned igen et andet sted, hvor næringsfattige naturtyper såsom heder, højmoser og overdrev bliver påvirket af kvælstoftilførslen fra luften (Figur 4.3).

### Kvælstoffikserende afgrøder

Indtil anvendelsen af kunstgødning blev udbredt i midten af 1900-tallet, var landbruget afhængig af husdyrgødning og kvælstoffik-

serende afgrøder – det var den eneste måde, man kunne skaffe kvælstof til afgrøderne. Siden oldtiden har man vidst, at korn vokser bedre, hvis man dyrker det umiddelbart efter, man har dyrket bælgplanter (Figur 4.4). Man vidste naturligvis ikke, at det var, fordi netop disse planter kunne optage kvælstof fra luften, at de havde en positiv effekt på den efterfølgende afgrøde:

■ bælgplanter fikserer det meste af deres kvælstof fra atmosfæren – de sparer med andre ord på jordens kvælstofpulje.

**Tabel 4.2.** Typiske værdier for jordens sammensætning i udvalgte danske og afrikanske jorde. Den danske sandjord indeholder meget organisk stof, fordi der dyrkes meget græs (opbygger kulstof), og fordi der er mange husdyr. I den afrikanske landsby er der meget stor forskel på jordens frugtbarhed, når man bevæger sig væk fra landsbyen. På grund af knappe ressourcer, gøder bønderne kun jorden tæt ved husene, dermed skal de ikke bære gødningen så langt.

Kulstofindhold (%C)  
Total N indhold (t pr. ha)  
Plantetilgængeligt P (kg pr. ha)  
Plantetilgængeligt K (kg pr. ha)

	Danmark		Uganda		
	Sandjord	Lerjord	Køkkenhave	Marker nær landsby	Fjerne marker
Kulstofindhold (%C)	2,0	1,7	1,1-2,2	0,5-1,0	0,2-0,5
Total N indhold (t pr. ha)	8	6,8	3,6-7,2	2-3,6	0,8-2
Plantetilgængeligt P (kg pr. ha)	20-80	20-60	20-220	13-16	5-16
Plantetilgængeligt K (kg pr. ha)	30-90	50-150	4-24	4-11	0,6-1

■ bælplanternes stubbe og rødder (efter høst) indeholder ofte meget kvælstof, som bliver frigivet, når planteresterne bliver nedbrudt af mikroorganismene.

Først i begyndelsen af 1800 tallet fik kemikerne styr på, hvilke grundstoffer der findes. Men der gik endnu mange år, før man med sikkerhed vidste, at det var kvælstoffet i gødningen, som gav højere plantevækst.

Faktisk blev de første langvarige gødningsforsøg i England igangsat, fordi to mænd kom til at diskutere, om planterne optager kvælstof fra luften og kulstof fra jorden eller omvendt. Man vidste, at der er 79 % kvælstof og kun 0,03 % kulstof i luften. Til gengæld er der 10 gange så meget kulstof i jorden (i form af humus), som der er kvælstof. Derfor er det ikke så mærkeligt, at nogen troede, at planterne optog kvælstof fra luften – og kulstof fra jorden. Forsøg med husdyrgødning viste, at planterne voksede bedre, når de fik gødning (men der er jo også meget kulstof i husdyrgødning). I dag ved vi,

at det kun er de kvælstoffikserende planter, som kan optage kvælstof fra luften og kun i samarbejde med mikroorganismer. Vi ved også, at planterne optager al deres kulstof fra luften som  $\text{CO}_2$  via fotosyntesen.

### Næringsstofbalancen i dansk jordbrug

I Danmark er vi ikke længere afhængige af bælplanter i jordbruget. Efter kunstgødning blev tilgængeligt for landmændene efter 2. verdenskrig, har forbruget været kraftigt stigende og brugen af kvælstoffikserende planter i marken faldende (se faktaside om kunstgødning s. 59). Samtidig importerer Danmark meget foder til husdyrene, og det indeholder store mængder kvælstof, som lander på marken, når husdyrgødningen bliver spredt (Tabel 4.1).

Gødningsforbruget i Danmark toppede omkring 1980. Fra midt-80'erne begyndte man at reducere forbruget af kvælstof, fordi miljøomkostningerne blev for store. Vandløb og søer blev næringsrige og ødelagte, og der

**Grøngødninger** er afgrøder, der tilfører dyrkningssystemet næring. Det kan enten være kvælstoffikserende bælplanter eller efterafgrøder, der "holder" på jordens næringsstoffer og ved nedbrydning frigiver dem igen.

**I subsistenslandbrug** dyrker jordbrugeren primært afgrøder til sin egen familie og har ikke noget videre-salg.



opstod fiskedød i de indre farvande. Reduktionen i kvælstofforbruget skete med afsæt i de såkaldte vandmiljøplaner, som bl.a. lagde loft på, hvor mange dyr man måtte have på de enkelte gårde, hvordan man skulle opbevare gødningen, og hvornår og hvor meget gødning man måtte sprede.

### **Jordbruget bør udnytte kvælstoffet bedre**

Mængden af importeret kvælstof i form af foder er stadig stigende. Årsagen er, at det konventionelle jordbrug er blevet mere og mere specialiseret i husdyrproduktion, og det gør os til verdens største eksportør af svinekød.

Selvom kvælstofforbruget er faldet fra 1979, er eksporten af dyr og planter steget. Jordbruget er altså blevet bedre til at udnytte det tilførte kvælstof. Det skyldes en øget miljøbevidsthed og vandmiljøplanerne, som regulerer, hvordan landmændene må håndtere kvælstoffet.

Der er faktisk også en fremgang i tilførslen af kvælstof fra bælgplanter igen. Det er fordi, landmændene skal reducere forbruget af kunstgødning, og dermed bliver det attraktivt at bruge grøngødninger igen. Ikke mindst blandt økologiske landmænd hvis antal har været stærkt stigende de sidste 10 år.

Der er i dag fortsat et meget stort overskud af kvælstof på marken. Vi fjerner kun en tredjedel af det kvælstof med høsten, som vi tilføjer. Så der er stadig lang vej endnu, før vi får et naturressource-effektivt og miljøvenligt landbrug.

### Næringsstofbalancen i et tropisk jordbrug

Der er meget væsentlige forskelle imellem et næringsfattigt tropisk subsistenslandbrug i Afrika og det danske moderne industrilandbrug (Tabel 4.2). På mange måder minder det faktisk om dansk landbrug for 200 år siden.

■ I det afrikanske landbrug bliver der tilført

meget mindre kunstgødning end i det danske, typisk 0-25 kg N pr. ha pr. år.

■ Importen af kvælstof gennem foder er ikke andet end den, husdyrene trækker hjem fra de ekstensive græsningsarealer.

■ I mange tilfælde dyrker man kvælstoffikserende afgrøder, enten alene eller sammen med f.eks. majs. Men det er sjældent nok til at øge udbyttet væsentligt fordi:

□ Kvælstoffikseringen er begrænset af planternes almindelige vækst, som er dårlig på de udpinte tropiske jorde. Hvis de  $N_2$ -fikserende planter mangler fosfor eller andre næringsstoffer, vokser de langsomt, og da bliver kvælstoffikseringen også mindre, måske kun 10 % af potentialet.

□ Planterne flytter det meste af kvælstoffet op i frøet hos eks. bønner, ærter eller jordnødder. Ganske vist får man "gratis" kvælstof, men det bliver fjernet fra jorden med det samme og har ikke nogen gødningseffekt på de efterfølgende afgrøder.

### Tropiske jorde er fattige på organisk stof

Jorden i troperne indeholder normalt meget mindre organisk stof end de danske jorde. Det skyldes, at det organiske stof hurtigt bliver omsat ved de højere temperaturer, samt at biomasseproduktionen ofte er lav, fordi der mangler næringsstoffer. Der kommer derfor mindre organisk stof ned i jorden fra halm og rødder. Det lave indhold af organisk stof gør, at der kun bliver frigivet ganske lidt kvælstof fra mineralisering af humus hvert år. Udvaskningen fra dette system er naturligvis meget lav, da der ikke er meget næring, som kan udvaskes.

Sammenligner man totalt input med totalt output af kvælstof, vil der være underskud, dvs. man fjerner hvert år næringsstoffer fra systemet, som derfor langsomt bliver udpint.

### Eutrofiering og vandrammedirektiver

Udviklingen af forbruget af kvælstofgødning i Danmark har været drevet af landbrugets



ønske om at øge høstudbyttet mest muligt. Først i de seneste årtier er man blevet opmærksom på de alvorlige miljømæssige konsekvenser en dårlig kvælstofudnyttelse og -udvaskning har på søer, åer og havet omkring os.

I 1985 kom de første restriktioner på håndteringen af kvælstof i landbruget. Der blev bl.a. sat en grænse og rammer for:

- hvor meget gødning, man må tilføre på markerne (gødnings-normer).
- hvor mange dyr, man må have i forhold til, hvor meget jord man har (arealkrav).
- hvordan man opbevarer husdyrgødning, så udvaskningen bliver minimeret.
- hvornår på året, det bliver bragt ud på marken.

Siden er reglerne blevet strammet i de tre vandmiljøplaner fra 1987(I), 1998(II), 2003(III). Ved vedtagelsen af vandmiljøplan II blev det besluttet at ændre flere dyrkede landbrugsarealer til våde enge, da sådanne områder er i stand til at reducere nitrat til luftformigt  $N_2$  ved såkaldt denitrifikation.

### Konklusion

Den moderne konventionelle danske jordbruger producerer de største udbytter og har det største forbrug af gødning med kvælstofudvaskning til følge. Til gengæld er han helt afhængig af kunstgødning, som det koster meget energi at fremstille. I den industrialiserede verden er vi begyndt at skrue ned for gødningsforbruget, fordi miljøkonsekvenserne er for store.

Helt anderledes stiller det sig for den afrikanske bonde. Han forsøger at øge sin produktion, men er voldsomt begrænset i mængden af tilgængelige næringsstoffer. For ham er miljøbelastningen slet ikke noget problem. Her gælder det om at få intensiveret jord-

bruget, men samtidig sørge for at uddanne bønderne, så de ikke løber ind i de samme miljøproblemer, som vi har her.

Visse lande i Asien oplever lige nu konsekvenserne af en kraftigt intensiveret landbrugsproduktion og en slap miljølovgivning. Her er de miljømæssige omkostninger enorme.

Samlet set ændrer det ikke ved, at det største potentiale for øget fødevarerproduktion ligger i Syd, hvor gødningsforbruget stadig generelt er lavt.

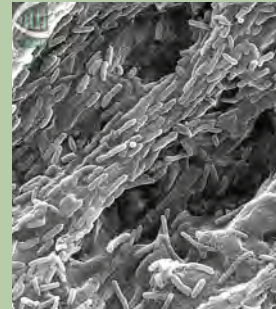
## FAKTASIDE KVÆLSTOFFIKSERINGEN

Den symbiotiske kvælstoffiksering foregår i et samarbejde imellem bælgplanten og *Rhizobium*-bakterien (Figur 4.6). Bakterien, som lever i jorden, bliver aktiveret af nogle stoffer, som bælgplantens rødder udskiller. Den sender en infektionstråd ind i røddernes yderste celle-lag, hvorved bakterien koloniserer nogle af cellerne, og plantens rod danner en knold, som kan være fra ½-5 mm i diameter. Rodknoldene er altså planteceller med bakterier i. Bakterier der bor i celler, er ikke så usædvanligt, som man skulle tro – både mitokondrier og kloroplastre er oprindeligt opstået ved, at bakterier har inficeret eukariote celler.

Samarbejdet imellem bakterierne og bælgplanten bygger på, at planten leverer energi i form af sukrose fra fotosyntesen, og at bakterierne fikserer kvælstof fra luften og omdanner det til urea, som planten kan bruge.

Kvælstoffikseringen kan kun foregå under iltfrie forhold, men den foregår i eukariote

**Figur 4.6.** Gennem et elektronmikroskop kan man se bakterierne, som små "pølser" på rodens overflade. Foto: Manjeet Kumari, University of Alberta.



celler, som kræver ilt. Planten løser det ved at danne et hæmoglobin-lignende stof, såkaldt læghæmoglobin, som binder ilten i rodknoldene og frigiver den kun der, hvor den skal bruges af plantecellerne (Figur 4.5). Der ved oplever bakterierne et ilt-frit miljø, hvor de kan reducere  $N_2$  til urea. Aktive rodknolde er derfor lyserøde inden i, fordi læg-hæmoglobinen er rød – ligesom hæmoglobinen i vores blod.

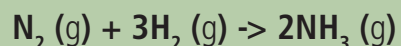
**Figur 4.5.** Planten Japansk Kællingetand (*Lotus japonicus*) med kvælstofbindende rodknolde (til venstre) og uden kvælstofbindende rodknolde (til højre). Det er tydeligt, at væksten er forbedret, når der er gavnlige *Rhizobia*-bakterier til stede i rodknoldene.

Fotos: Jens Stougaard.

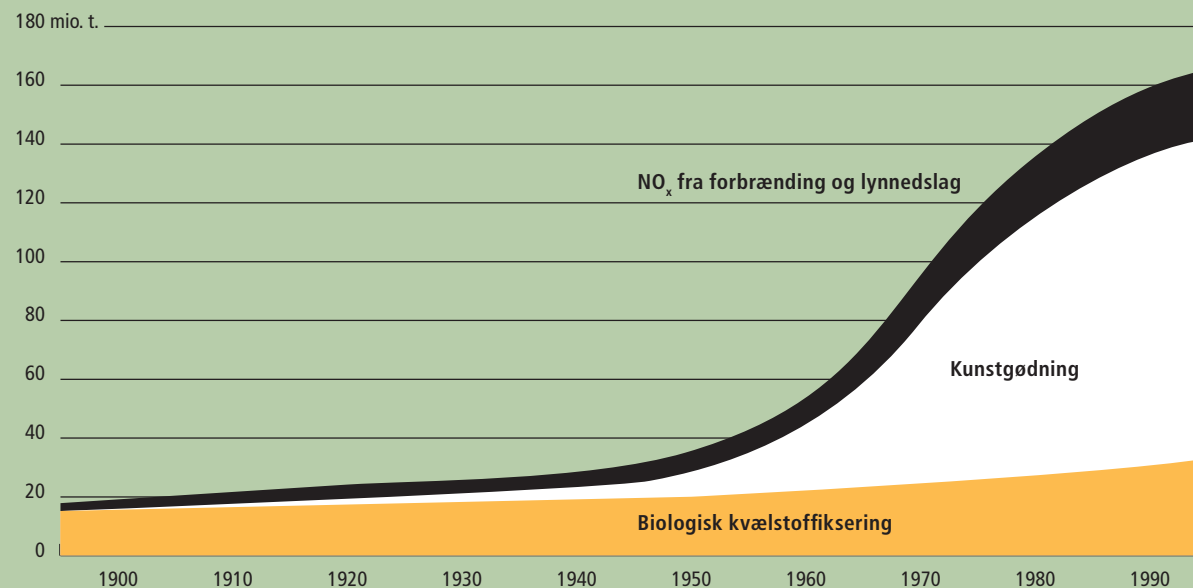
## FAKTASIDE FREMSTILLING AF KUNSTGØDNING

Kunstgødning eller NPK-gødning indeholder tre hovednæringsstoffer for planter: nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K). Man fremstiller kunstgødning af kemisk vej, og næsten alle typer kunstgødning indeholder en masse kvælstof, da planterne har brug for kvælstof til at gro (Figur 4.7). Bortset fra de kvælstof-fikserende planter, kan afgrøder ikke selv producere kvælstof, og det må derfor tilføres som gødning f.eks i form af kunstgødning.

Ammoniak (NH<sub>3</sub>) bliver fremstillet ved en kemisk reaktion mellem kvælstof (N<sub>2</sub>) og brint (H<sub>2</sub>).



Det koster rigtig meget energi at fremstille NH<sub>3</sub> (~70 MJ pr. kg N), da reaktionen foregår ved højt tryk (200 atm.) og høj temperatur (500°C). Det er nødvendigt, fordi en meget stærk trippel-binding mellem nitrogenatomerne i dinitrogen skal brydes, for at hydrogen og nitrogen kan danne ammoniak. Da der i



dag fremstilles 150.000.000 tons ammoniak på verdensplan, udgør denne produktion en vigtig brik i verdens samlede energiforbrug. Mellem 1 og 2 % af verdens samlede energiforbrug og CO<sub>2</sub> udledning går til fremstilling af NH<sub>3</sub>.

Metoden til at fremstille ammoniak direk-

**Figur 4.7.** Det samlede globale kvælstofinput til over de sidste 100 år. Langt det største bidrag kommer i dag fra kunstgødning, som har mangedoblet kvælstoftilførslen til klodens økosystemer. NO<sub>x</sub> (fællesbetegnelse for NO og NO<sub>2</sub>) har været stigende, da det frigives til atmosfæren ved afbrænding af fossile brændstoffer.

te fra brint og nitrogen, kaldes også Haber-Bosch-processen. Navnet er opstået, fordi processen er udviklet og patenteret af en tysk kemiker Fritz Haber i 1908. Han solgte rettighederne til et tysk kemikaliefirma BASF, hvor Carl Bosch udviklede processen og fik den gjort i stand til at køre i industriel skala.

### **Kunstgødning giver større udbytter**

Med indførelsen af kunstgødning er det blevet muligt at få meget større udbytter pr. landbrugsareal. Ifølge FAO er 3 milliarder mennesker i live på grund af kunstgødning, og afhængigheden af gødningen vil stige, idet klodens befolkningstal bevæger sig fra 7 milliarder til 9,5 milliarder i 2050.



Foto: Maja Balle.

## KAPITEL 5

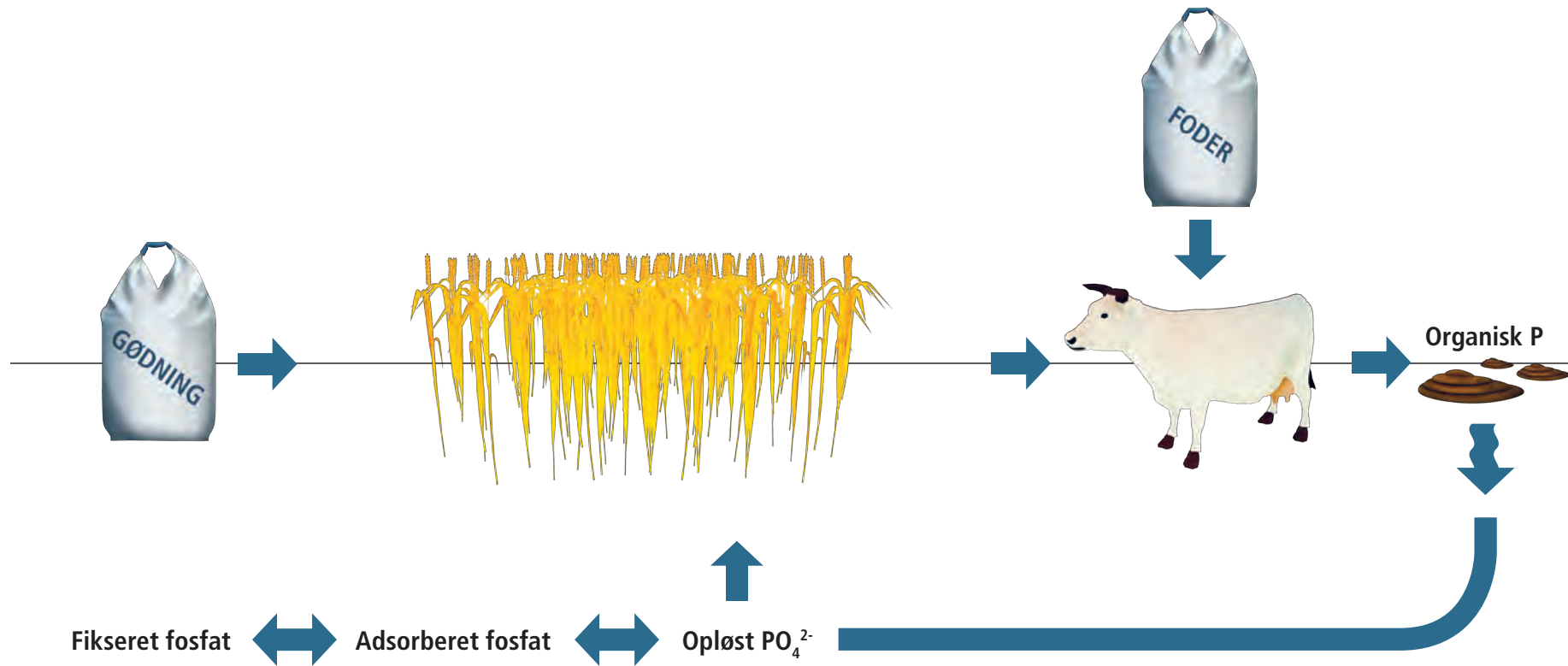
# FOSFOR

## — FREMTIDENS GULD

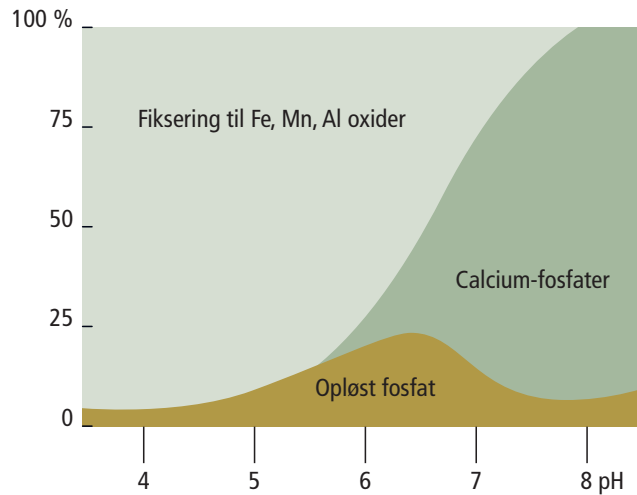
Fosfor er et essentielt plantenæringsstof, som er så reaktionsvilligt, at det ikke forekommer frit tilgængeligt for planterne i jorden. Derfor er fosfor tit en begrænsende faktor i planteproduktionen – særligt på tropiske jorde. Næringsstoffet udvinder man fra miner, hvis reserver inden for en overskuelig fremtid er udtømte. Vi står derfor over for en enorm global udfordring med både at sikre fosfor til landbruget og føde-vareproduktionen i fremtiden.

Hvordan løser vi det dilemma? Hvordan sikrer vi, at fosfor også er tilgængeligt om 50 år? Kan det være ved at øge recirkuleringen af fosforen i det moderne landbrug og i byerne? Ved at dyrke jorden anderledes i troperne? Eller måske ved at lave nye planter, der er mere fosforeffektive?

Læs svar og overvejelser på de næste sider.



**Figur 5.2.** Fosfors kredsløb i jordbruget. Fosfor bliver tilført dyrkningssystemet i form af kunstgødning og foder. Den organiske P-pulje i jorden kommer fra husdyrgødning og planterester. Fosforen i den organiske pulje omsætter mikroorganismene til opløst fosfat, som er en del af jordens uorganiske pulje. 3D: Hans Christian Asmussen/NATION. Ko: Studio Bottini Google 3D Warehouse. Foto: Yara Danmark.



### Fosformangel giver lavere udbytter

Fosfor (P) udgør typisk mellem 0,2-0,4 % af plantens tørstof. Da fosfor er centralt i dannelsen af cellemembraner, vokser planter med fosformangel meget langsomt og bliver ikke så store. Klorofyldannelsen bliver næsten ikke påvirket under fosformangel, derfor bliver planterne kraftigt mørkegrønne eller ligefrem blålige, fordi klorofyl bliver opkoncentreret i bladene. Efter længere tids fosformangel bliver der dannet antocyaniner, og planterne bliver derfor rødligt/lilla-farvede (Figur 5.1). Vedvarende fosformangel hos planten giver et markant lavere høstudbytte.

**Figur 5.1.** Tomatplante med fosformangel. Bemærk, at bladenes nerver og underside er lillafarvet. Foto: Søren Husted.



**Figur 5.3.** Ved lave pH-værdier binder fosfat til jern-, mangan- og aluminiumoxider på lermineralernes overflade eller i jordvæsken. Ved pH under 5 bliver fosfortilgængeligheden ekstremt lav. Ved høje pH-værdier bindes fosfat til calcium i jorden. Plantetilgængeligheden er størst i neutrale jorde.

### Fosfors funktion i planten

Fosfor er et af de essentielle næringsstoffer for planter. Det indgår i en række forbindelser:

- i ATP, ADP og AMP – som er cellernes energitransportører.
- i fosforlipider – som indgår i cellemembraner.
- som en del af nukleinsyrerne, der indgår i DNA og RNA.

Foruden disse tre centrale funktioner, spiller fosfor hos planter en vigtig rolle for en række processer, der regulerer enzymers aktivitet f.eks. fosforylering.

### Fosfors kredsløb

I modsætning til kvælstof har fosfor ikke noget atmosfærisk kredsløb. Til gengæld er fosfors binding til jord meget kompliceret og er reguleret af en række parametre såsom pH, ler- og humusindhold i jorden. Fosfor-kredsløbet kan overordnet deles op i tre dele (Figur 5.2):

- fosfor i organismen (planter og dyr).
- jordens uorganiske fosforpulje.
- jordens organiske fosforpulje.

### Den uorganiske fosfor-pulje

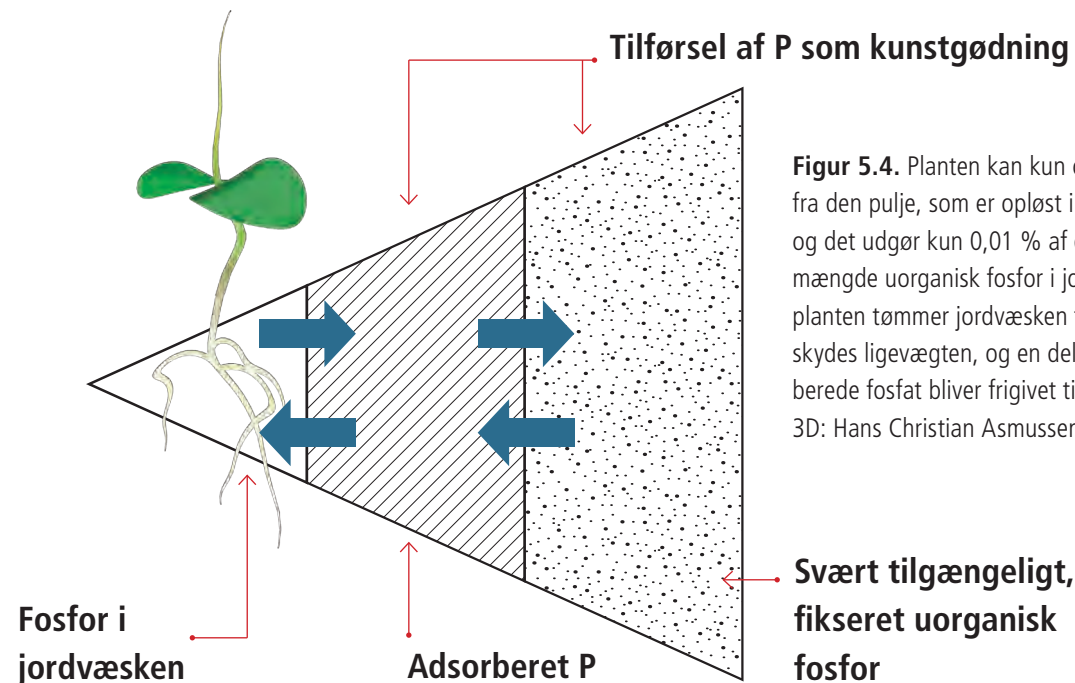
Planter optager udelukkende fosfor i sin



uorganiske form, dvs. som fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ) fra jordvæsken. Det opløste fosfat står i ligevægt med den fosfor, som er adsorberet til overfladen af jordens mineraler. Mængden af plantetilgængeligt fosfor styres af et meget kompliceret samspil, der omfatter: mineraliseringen af organisk P fra gødning og plantester samt ligevægten mellem fosfor (bundet til lerminerale) og den meget beskedne mængde fosfat (opløst i jordvæsken). Ved lav pH binder fosfor sig især til jern- og aluminiumholdige lerminerale i jorden. Ved høj pH bindes fosfor overvejende i forskellige calciumholdige forbindelser (Figur 5.3). Fosfor har størst opløselighed ved pH omkring 6,5. Det er en af de vigtige grunde til, at landmanden forsøger at fastholde en neutral pH-værdi i jorden.

### Den organiske pulje i jorden

Den organiske fosfor-pulje i jorden består primært af humus og planterester. Når de bliver nedbrudt til  $\text{CO}_2$ , sker der en langsom



**Figur 5.4.** Planten kan kun optage fosfor fra den pulje, som er opløst i jordvæsken, og det udgør kun 0,01 % af den samlede mængde uorganisk fosfor i jorden. Når planten tømmer jordvæsken for fosfat, forskydes ligevægten, og en del af den adsorberede fosfat bliver frigivet til jordvæsken. 3D: Hans Christian Asmussen/NATION.

frigivelse af  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  til jorden. Mængden er overvejende styret af, hvor meget humus og gødning, der er i jorden, og hvor hurtigt mikroorganismene nedbryder det.

Fosfat vil enten blive optaget af planter, adsorberet af jordens mineraler eller udvasket. Dog er udvaskningen af P meget begrænset, fordi det bindes meget kraftigt til jordens lerpartikler.

Den relative fordeling af jordens P i den organiske og mineralske pulje kan variere fra 20-80 %. I Danmark er der ofte omtrent lige meget af hver, dog indeholder lerjorde typisk mere mineralsk P end sandjorde.

### Tilgængelighed og adsorption i jorden

Selvom fosfor findes som en anion – fosfat – i jorden, opfører den sig helt anderledes

end f.eks. nitrat, som også er en anion. Da jordens overflader er overvejende negativt ladede, bindes kationer typisk bedre til jorden end anioner. Derfor bliver nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) udvasket, hvorimod ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) bindes til jorden.

Man kunne derfor tro, at fosfor også udvasker let, men det er ikke tilfældet. Fosfats opløselighed i jord er styret af nogle helt andre processer. Det reagerer med Ca, Al og Fe og udfælder som tungtopløselige forbindelser især på overfladen af lerpartiklerne i jorden. Langt det meste af det uorganiske fosfat er således udfældet og derfor utilgængeligt for planterne. Kun 0,01 % af den samlede mængde fosfor i jorden er på opløst form i jordvæsken, som omgiver rødderne. Det kan kun forsyne en hurtigt voksende afgrøde med fosfor i nogle ganske få timer. Når det opløste fosfor er opbrugt, bliver der langsomt frigivet nyt fosfor fra jordens fosforholdige mineraler (Figur 5.4). Det er derfor ikke mængden af fosfor i jordvæsken, som

primært bestemmer plantens fosfороptag, men snarere hvor hurtigt fosfor bliver frigivet fra mineralerne til jordvæsken.

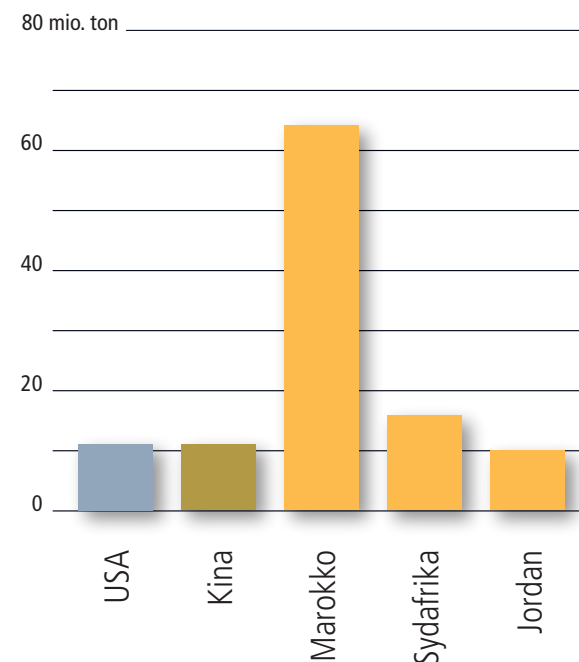
### Fosfor i fødevarereproduktionen

Der er tre grunde til, at det er interessant at kigge nærmere på fosfor i forhold til fødevarereproduktion:

- fosfor er meget tit begrænsende for planteproduktionen
  - omkring 2/3 af jordene i udviklingslandene mangler fosfor.
- fosfor bliver udvundet fra miner ganske få steder på jorden – de reserver vil være opbrugt i løbet af 50-100 år.
- fosfor opfører sig helt anderledes end kvælstof i jorden
  - planterne må derfor bruge særlige strategier for at få fosfor nok til deres vækst.

### Rigelig fosfor i dansk jord

I Danmark har jordbruget i mange årtier tilført fosfor til markerne, og derfor er vores



**Figur 5.5.** De globale fosforreserver i 2001. Marokkos reserver udgør ca. 50 % af fosforreserverne.

opdyrkede jorde i dag fosfor-mættede. Jorden binder derfor ikke længere fosforen særlig hårdt (man kan sammenligne det med en malerrulle, som allerede er våd og derfor ikke suger så godt). Der er desuden ofte meget organisk stof i jorden i Danmark. Det organiske stof lægger sig på overfladen af lerpartiklerne, så de ikke kan reagere med fosfat i jordvæsken. Det organiske stof mindsker altså antallet af steder, hvor fosfat kan binde sig. Dermed bliver fosfor lettere tilgængelig for planterne.

### **Fosfor-hungrende afrikanske jorde**

Omvendt forholder det sig med de udpinte tropiske jorde i eksempelvis store dele af Afrika. Hvis man spreder fosforgødning på disse jorde, bliver fosfor bundet hårdt og vil være utilgængeligt for planterne (man kan sammenligne det med en tør malerrulle, der skal dypes mange gange i malingen, før man kan få maling ud af den igen). Derfor får den tropiske jordbruger ikke meget ud af at tilføre sin jord

uorganisk fosfor, da langt det meste binder sig til mineralerne, og der er måske kun 10 % tilbage, som afgrøden kan optage. Først efter flere år med jævnlig tilførsel af gødning vil det føre til en egentlig forbedring af jordkvaliteten og en bedre fosforudnyttelse af gødningen. Hvis man som fattig landmand kun har begrænsede muligheder for at investere, vil man vælge de ting, som giver en vis effekt med det samme. Derfor ser man tit en ensidig brug af f.eks. kvælstofgødning, som afgrøden reagerer hurtigt på. Det gavner på længere sigt ikke planten, fordi ubalancen mellem næringsstofferne i jorden stiger.

Et andet problem er, at fattige landmænd ofte "smører for tyndt på". I stedet for at dyrke halvdelen af deres jord lidt mere intensivt, spreder de den lille mængde fosforgødning, de har, på hele marken. Dermed bliver det sværere for planterne at "konkurrere" med jordens mineraler om fosforen, fordi jorden først skal mættes med fosfor, før der er fosfat i jordvæsken.

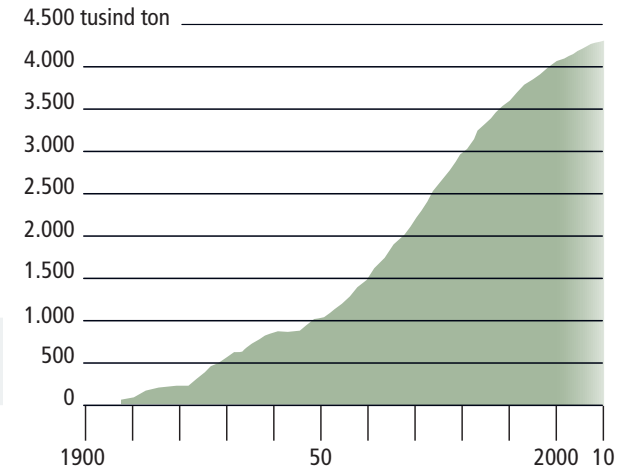
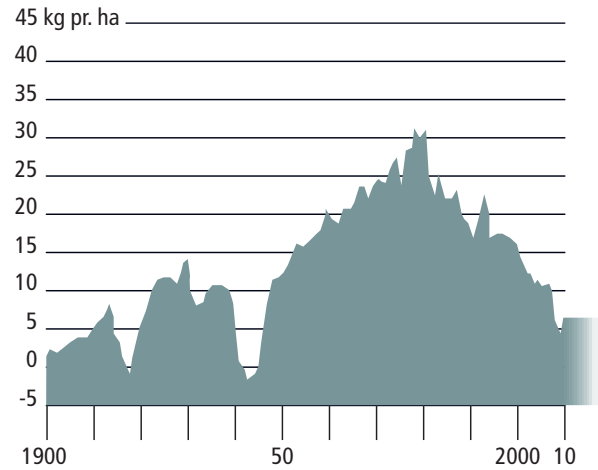
### **Klodens fosforreserver slipper op**

Store koncentrationer af fosfor finder man kun få steder på kloden i dag. Fra disse miner udvinder man fosfor til brug i kunstgødning, foder og vaskemidler. Tidligere udvandt man fosfor fra guanobjerge ud for Chiles kyst, men de er næsten udtømte (se faktasiden fra guano til gylle s. 76).

I dag er 90 % af de tilgængelige fosforreserver at finde i fem lande (Figur 5.5). Derudover har Brasilien, Rusland, Israel og en række andre lande mindre reserver.

Med det nuværende forbrug af fosfor rækker reserveerne til de næste 100 år. Hvis efterspørgslen stiger med 2,5 % om året, grundet større behov for mad og industriel vækst i udviklingslandene, vil minerne være tomme, inden der er gået 50 år.

Uanset udviklingen står vi over for en enorm udfordring med at sikre fosfor til landbruget i fremtiden. Kina har allerede taget konsekvensen og stort set standset eksporten af fosfor med høje skatter. USA er allerede nu



netto-importør af fosfor, selvom det er et af de få lande, som selv har fosforreserver. En del af Marokkos miner ligger i et landområde, som er annekteret fra Vestsahara, så hvis det udvikler sig til et konfliktområde, er forsyningssikkerheden til resten af verden truet.

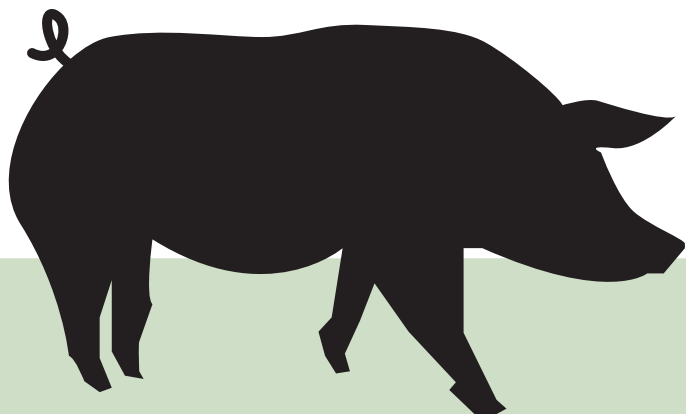
Hvor olien fra 70'erne og frem har været en nøglefaktor i det geo-politiske spil, har fosfor og vand chancen for at overtage den rolle i det 21. århundrede. Man kan allerede nu se, at de forskellige lande begynder at sikre deres egen fosforforsyning.

### Fosfor-balancen i Danmark

I slutningen af 1800-tallet var store dele af dansk landbrugsjord ikke særlig frugtbar. Mange hundrede års dyrkning havde udpint den, og dele af landsbrugsjorden var indvundet fra næringsfattige hede- og skovarealer. Udbytterne for hvede lå typisk under 1 ton pr. ha, hvor man i dag høster over 10-12 ton på de mest frugtbare jorde.

I starten af 1900-tallet begyndte man at importere gødning i større stil (Figur 5.6). Først i form af fosforgødning fra guano og

**Figur 5.6.** Årligt og akkumuleret fosforoverskud i dansk jordbrug i det 20. århundrede. Danmark har igennem de sidste 100 år importeret store mængder fosforgødning (tv.). Fosforoverskuddet er støt stigende – afbrudt af de to verdenskrige – frem mod 1980'erne. Herefter er overskuddet faldende, fordi man begyndte at reducere kunstgødningsforbruget i erkendelse af, at jorden var fuldt gødet. De meget lave værdier i 2008/2009 skyldes bl.a. høje gødningspriser under fødevarekrisen. Importen af fosfor i foderet er fortsat med at stige helt frem til i dag. Der har været en fosforophobning på 1.500 kg pr. ha i gennemsnit i Danmark i løbet af det 20. århundrede (th.). Konsekvensen er, at mange danske jorde er mættede med fosfor, og risikoen for fosforudvaskning er stigende.



Danske grise vokser meget hurtigt – op til et kilo om dagen, og derfor skal de også bruge meget fosfor til deres vækst. Langt det meste fosfor i

det foder, de får, er bundet i fytat. Fytat er svært at nedbryde, og derfor kan grisene ikke optage ret meget af det fosfor, som er i foderet. Det har man traditionelt løst ved at tilføje ekstra fosfor på en mere lettilgængelig form til foderet. Det øger naturligvis fosforforbruget. En anden løsning er at tilføje et enzym; fytase, som spaltes fytaten og øger biotilgængeligheden af fosfor. Enzymet findes i alle planter, og man arbejder på at fremavle planter med et højere indhold af fytase. Man kan også fremstille det industrielt og tilsætte det til foderet.

miner, men efterhånden i stigende grad gennem foder, som indeholder meget fosfor, til vores husdyr.

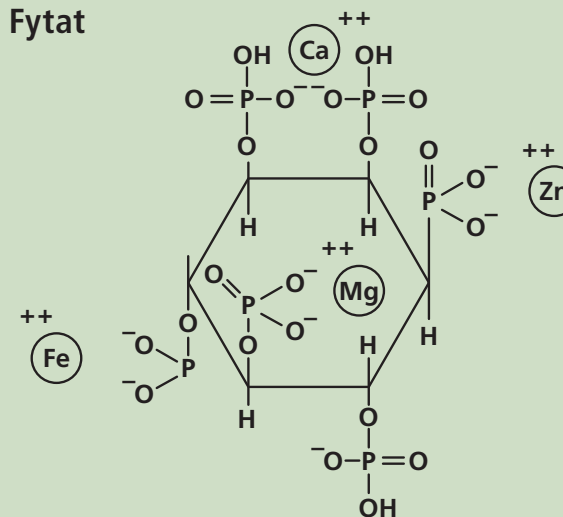
### Fosforholdig husdyrgødning

I dag fjerner vi ca. 70 % af det tilførte fosfor i dyre- og planteprodukter, resten ophobes i jorden eller udvaskes. Omkring en fjerdedel af fosfortilførslen stammer fra kunstgødning, to tredjedele er fra det foder, som dyrene spiser, og ender i husdyrgødningen (Figur 5.7). En

mindre – men stigende – andel kommer fra recirkuleret slam og affald fra byer. Udnyttelsesgraden af det tilførte fosfor er steget markant de seneste 20 år, fra 40 % til 70 %. Men vi tilfører stadig hvert år mere, end vi fjerner, på trods af at de danske jorde indeholder rigtig meget fosfor.

Det store bidrag af fosfor fra husdyrgødningen resulterer i en meget skæv fordeling af fosforoverskuddet i Danmark (Figur 5.8). I de østlige egne er der få husdyr. Her kan man

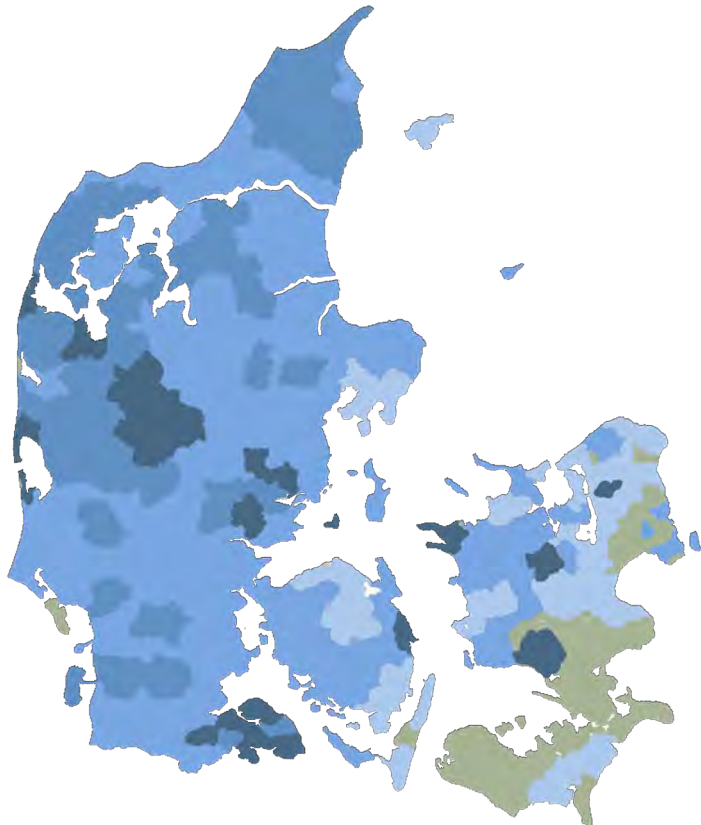
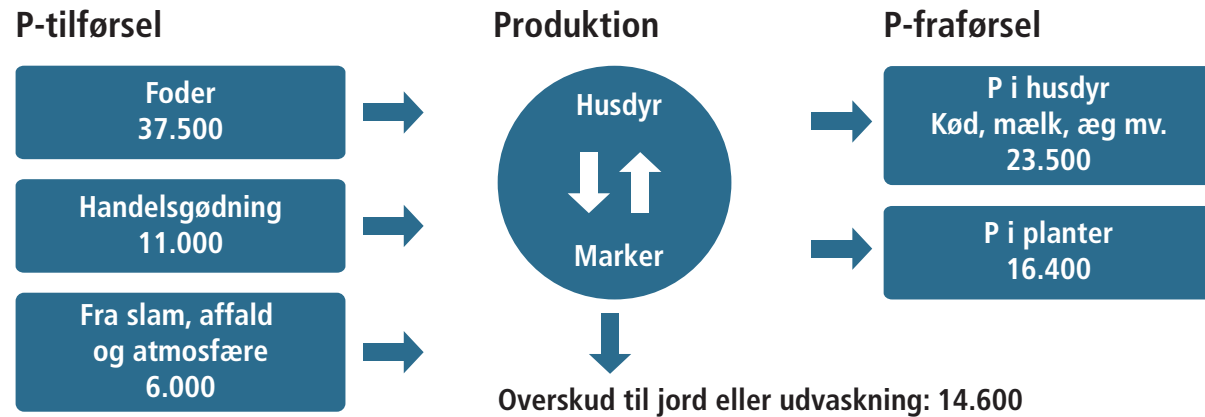
### Fytat



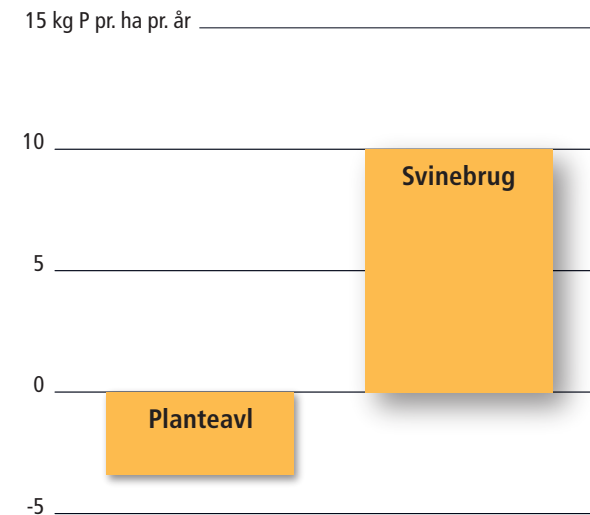
styre fosfortilførslen ret præcist, fordi det hovedsagelig kommer fra kunstgødning. Vestpå er der mange husdyr, og fosfortilførslen kommer derfor overvejende fra husdyrgødningen, hvor fosfor-indholdet er meget varierende.

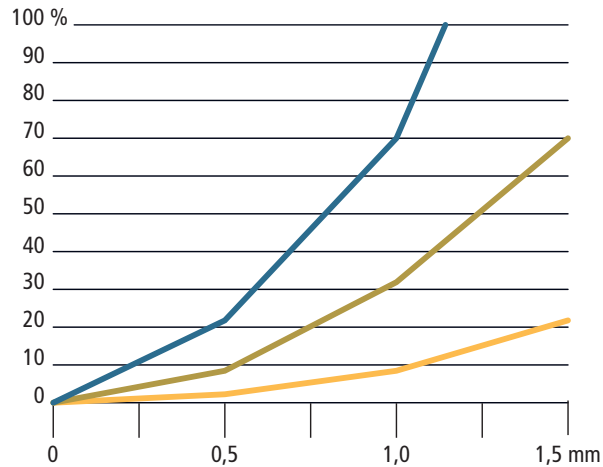
Gødningsnormen i Danmark – den regel, som bestemmer, hvor meget gødning en landmand må bruge – er baseret på kvælstofmængden i gødningen. Der er derfor almindeligvis ikke nogen, som fokuserer på, hvor meget fosfor der tilføres jorden via husdyrgødning.

**Figur 5.7.** Fosforomsætningen i dansk jordbrug angivet i tons fosfor. Bemærk forskellen imellem totalt importeret P (som gødning og foder) og den mængde, som man fjerner i form af landbrugsprodukter (korn, kød, mælk etc.) (2010).



**Figur 5.8.** Fosforoverskuddets fordeling i Danmark (Kort). De største fosfor-overskud er der, hvor der er mange husdyr. Planteavlerne har sænket deres kunstgødningsforbrug og tilfører i dag mindre fosfor, end de fjerner. Svinebønderne køber heller ikke meget kunstgødning, men der kommer meget fosfor fra foderet, som havner i husdyrgødningen på marken.





**Figur 5.10a.** Rodlængden og rodhårene spiller en vigtig rolle for, hvor godt roden udtømmer jorden. Jo højere rodhårslængde, jo større et jordvolumen er roden i kontakt med.

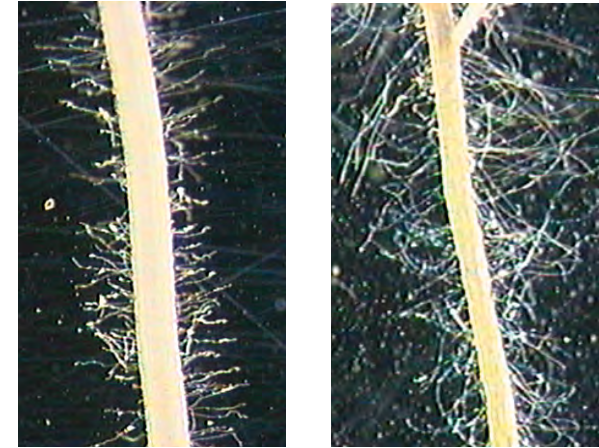
X-akse: Rodhårslængden.

Y-akse: % jord volumen, som rødderne kan optage P fra.

Lav ■, mellem ■ og høj ■ rodthæthed.

**Figur 5.10b.** Rod fra byg-plante med korte rodhår (tv.) og lange rodhår (th.).

Foto: Andreas de Neergaard.



### Strategier for øget fosforudnyttelse

Forskellige strategier og forskningsområder kan blive sat i spil for at afhjælpe det fremtidige problem med at skaffe fosfor nok til fremtidens fødevarerproduktion. De kan groft opdeles i tre områder:

- dyrkningsstrategier.
- udvikling af fosforeffektive planter.
- forbedret recirkulering af fosfor.

### Dyrkningsstrategier

I lande med fosfor-fikserende jorde, sådan som vi typisk finder dem i troperne, hvor

bønderne ikke har råd til at købe gødning, arbejder man med udvikling af dyrkningsstrategier, som forbedrer gødningseffektiviteten af fosfor. Det betyder, at den fosfor, som jordbrugeren tilfører jorden, i højere grad bliver optaget i planterne. Fordelen ved disse dyrkningsstrategier er, at det er lavteknologiske løsninger, som kan implementeres uden videre.

En simpel metode, som har været anvendt i både nord og syd er stribe-gødsning. Her bliver fosforgødningen placeret i smalle striber hen over marken, og planterne sås i disse

striber. Derved bliver gødningen koncentreret omkring rødderne, og man overkommer problemet omkring fosforadsorption til jorden, fordi jorden lokalt bliver mere mættet med fosfor. Endnu en fordel er, at afgrøden får en konkurrencefordel over for ukrudtet i forhold til næringsstofftilgængelighed. Udfordringen er, at det kræver maskineri, som kan placere gødningen og frøene.

En anden metode har været promoveret bl.a. i det sydlige Afrika. Man gøder det samme hul, som der sås i år efter år, derved sparer man gødning. Jordens frugtbarhed



**Figur 5.9.** Kvinde i gang med at plante majs i huller på en mark. Lesotho, det sydlige Afrika. Foto: Andreas de Neergaard.

bliver bygget op lidt efter lidt, som små øer på marken (Figur 5.9).

Ved begge metoder kan der – udover kunstgødning – også blive tilført organisk stof som kompost eller husdyrgødning. Det mindsker fosforfikseringen i jorden, fordi det binder sig til de samme lermineraller, som fikserer fosforen. Det forbedrer desuden jordstrukturen og jordens evne til at optage og binde vand og næringsstoffer.

### Udvikling af fosfor-effektive planter

Hvis man vil forbedre planters evne til at udnytte fosforen i jorden, kan man eksempelvis forbedre plantens evne til at optage fosfor fra jorden. Her er to mulige strategier:

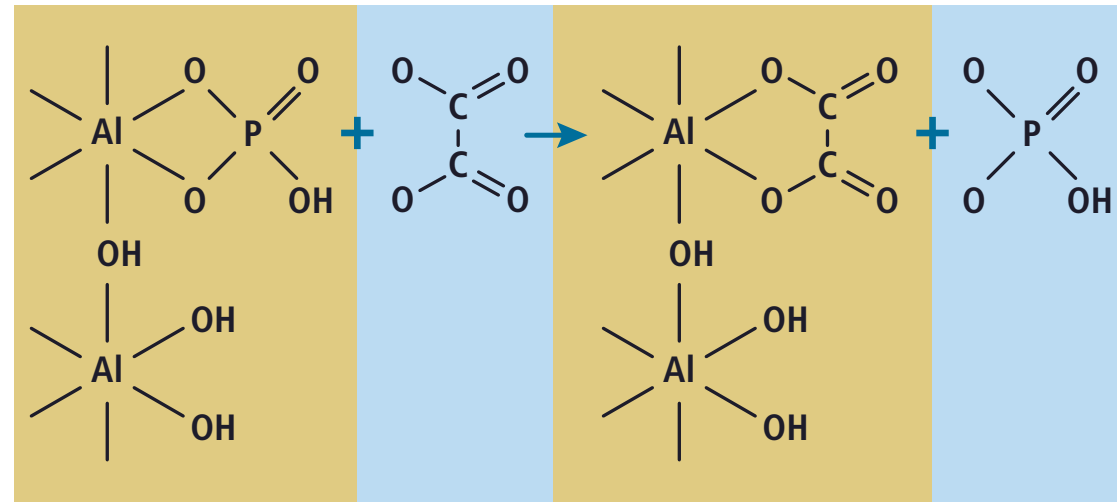
### Styrke plantens rodarkitektur

Da fosfor er meget immobilt i jorden, kan man sige, at planten må komme til fosforen og ikke omvendt. Fosfat kan kun diffundere under 1 mm i jorden på en hel vækstsæson, dvs. al jord, som er mere end 1 mm fra en

rod, kan ikke bidrage til fosforforsyningen (det forholder sig helt anderledes med nitrat, som nemt kan bevæge sig mange centimeter med jordvæsken).

Forskningen har derfor fokuseret på forgreningen af plantens rodnet og betydningen af rodhår, den såkaldte rod-arkitektur. Ganske kort kan man sige, at for at optage jordens fosfor skal planten have et stort og forgrenet rodnet (Figur 5.10a).

Rodhår er encellede udvoksninger fra de yderste rodceller, som strækker sig 1-2 mm



**Figur 5.11.** Reaktionen mellem fosfat, der er bundet til et aluminiumholdigt mineral og en organisk syre (her oxalsyre) frigivet som rodexudat. Den organiske syre bytter plads med fosfat, som bliver opløst i jordvæsken og kan optages af planten.





**Figur 5.12.** I dag bevæger fosfor sig overvejende i et lineært forløb fra minerne gennem landbruget til byerne og ud i kloakken. I Vesten renser vi vores spildevand, så næringsstofferne ikke havner direkte i naturen, dog bliver vores slam kun i lille grad brugt i jordbruget. I fremtiden skal vi blive bedre til at recirkulere fosforen i spildevand og affald tilbage til landbruget. Det kræver dog, at vi får styr på tungmetaller, medicinrester, sygdomskim og andre uønskede stoffer i vores affald. 3D Hans Christian Asmussen/NATION, Traktor: Noodle, Google 3D Warehouse.

ud i jorden (Figur 5.10b). De øger andelen af jord, hvorfra de kan optage fosfor og andre immobile næringsstoffer. Det er langt mere energieffektivt for planten at lave rodhår end ved f.eks. at lave dobbelt så lange rodder, fordi den så skal danne meget mindre rodbiomasse for at afsøge den samme jordvolumen.

Forsøg har vist, at rodhårene er meget vigtige for optagelsen af fosfor, og at planten udvikler flere og længere rodhår, når jorden er fattig på fosfor.

### Øge opløseligheden af fosfor i jorden

Planterne kan aktivt øge opløseligheden af fosfor i jorden. Det kan de gøre på tre måder:

- sænke pH ved at udskille  $H^+$  fra rødderne, hvilket kan øge opløseligheden af Ca-bundet fosfor (navnlig på neutrale eller basiske jorde).
- frigive organiske syrer, som kompleksbinder med det adsorbere fosfor og gør det

opløseligt. Planter kan udskille organiske syrer fra rodhårene, som frigiver fosfor, der er bundet hårdt til Fe og Al på overfladen af jordens mineraler, en såkaldt rod-eksudering (Figur 5.11).

- frigive fosfatase (et enzym), som øger mineraliseringen af fosfor fra humus og andet organisk stof i jorden.

Der er ingen tvivl om, at der er meget store potentialer i at udvikle planter med større rodnet, længere rodhår, og som kan mobilisere jordens fosfor.

Hidtil har man forædlet planter, som klarer sig godt under optimale gødningsforhold, og der har ikke været noget selektivt pres på planter, som klarede sig godt med mindre næringsstofftilførsel. De sorter, man dyrker i dag er meget forskellige, hvad angår deres evne til at klare sig med mindre fosfor. Man kan håbe, at man iblandt dem kan finde sorter, som kan blive stamfædre til fremtidens fosforeffektive planter.

### Forbedret recirkulering af fosfor

Uanset hvor gode vi bliver til at udnytte fosforen, kommer vi ikke uden om, at reserverne en dag slipper op. Vi bør derfor se på, hvordan vi kan recirkulere den fosfor, vi tilfører markerne. Som det er nu, bevæger fosforen sig i et lineært flow fra minerne til markerne, ind i dyrene og afgrøderne, ind til menneskerne i byerne og ud i kloakken (Figur 5.12). Dette flow skulle gerne blive cirkulært eller mere lukket. Der er to steder, hvor vi kan sætte ind:

- ved en bedre geografisk fordeling af fosforen fra gødningen.
- ved at tilbageføre fosfor fra vores spildevand og kloakker til landbruget.

### Fordel gødningen geografisk

Fodersammensætningen og det at grise ikke er særlig gode til at optage fosforen i foderet, gør, at der i de dele af landet med mange husdyr bliver tilført meget mere fosfor til markerne, end der er brug for. Det samme

mønster med en ulige fordeling af fosforen ser man i næsten alle lande.

Den oplagte løsning på det problem er at flytte gødningen til de dele af landet, hvor der ikke er mange husdyr (Figur 5.8). Men det er dyrt at køre rundt med gyllen. Derfor udvikler man i dag forskellige gylle-separeringsanlæg, der ved kemiske og mekaniske metoder adskiller den faste del af gyllen fra den våde del. Derefter er vægten nede på 15 % af det oprindelige, mens 60-90 % af fosforen stadig er bundet i den faste del. Så er det meget nemmere at flytte den faste del af gyllen, som der er fosfor i, til de dele af landet med få husdyr, hvor det kan erstatte kunstgødningen.

### **Recirkuler affaldet fra by til land**

Landbruget har hidtil været skeptisk over for recirkulering af affald fra byerne til jordbruget. Man er bekymret for tungmetaller, parasitter og sygdomskim, som affaldet potentielt indeholder. Heldigvis er vores spildevands-

slam de sidste årtier blevet mindre forurenede, fordi der er strenge miljøkrav til industrierne, og vi er blevet bedre til at indsamle kemikalier.

Man kan i dag separere affaldet. Urin indeholder 90 % kvælstof, 80 % kalium og 60 % fosfor i forhold til afføring, til gengæld er urin nærmest sterilt dvs. uden sygdomskim. Effektiv adskillelse af urin fra afføring med separations-toiletter har derfor stort potentiale for at muliggøre en sikker tilbageførsel af næringsstoffer fra byerne til landbruget.

### **Konklusion**

Jordens fosforreserver er ved at løbe ud. Alligevel tilfører vi stadig store mængder fosfor til markerne i de industrialiserede landbrug. Det gør vi ikke mindst, fordi vores foderimport trækker en masse fosfor med sig, og vi tjener penge på husdyrproduktionen. Hvis al den fosfor blev brugt på de udpinte jorde i troperne, kunne vi mangedoble fødevarerproduktionen der. Det kræver dog, at de kan

sælge deres varer til højere priser for at få råd til gødning.

Der er et kæmpe potentiale i at udvikle planter, som er bedre til at optage fosfor, og forbedre fosforoptagelsen i foderet hos husdyrene. Vi kommer også til at investere i teknikker, der kan recirkulere vores spildevand og affald på en sikker måde, for vi kan ikke undvære fosforen i fremtidens fødevarerproduktion.

## FAKTASIDE FRA GUANO TIL GYLLE

Man begyndte at bruge fosforgødning i 1800-tallet med benmel fra dyr og især guano – fuglegødning – fra klippeøer ud for bl.a. Peru (Figur 5.13). I midten af 1800-tallet begyndte man at grave råfosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  ud fra mineralske aflejringer. Man fandt hurtigt ud af, at man kunne gøre gødningen mere opløselig ved tilførsel af svovlsyre, som danner calciumhydrogenfosfat  $\text{Ca}_2(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , og er mere opløseligt end råfosfat. Omkring år 1900 udviklede man andre forarbejdningsmetoder, som yderligere øgede kvaliteten af fosforgødningen, navnlig behandling med fosforsyre til dannelse af dobbelt- og trippel-superfosfat. Sidstnævnte har et markant højere fosforindhold og er billigere at transportere, fordi der er mindre "fyld" samt en høj opløselighed, og det er altså lettere tilgængeligt for planterne sammenlignet med råfosfat.

### Fremstilling af fosforgødninger er energikrævende

Forarbejdning af råfosfat til superfosfat og

kommercielle gødninger er en meget energikrævende proces, da det bl.a. kræver opvarmning til 1.200-1.500°C. Der er derfor et stort energiforbrug – ligesom ved fremstilling af kvælstofgødning. Derfor er prisen på fosforholdig gødning meget tæt forbundet med olieprisen.

### Recirkulering af fosfor i jordbruget

Da fosforressourcerne er ved at være knappe, og den vestlige verden er begyndt at have problemer med udvaskning af fosfor til den omgivende natur, er man begyndt at se på, hvordan vi i højere grad kan recirkulere fosfor. Det er oplagt at udnytte fosforen i husdyrgødningen (gylle) bedre (Figur 5.14). Man arbejder i dag med forskellige separationsteknikker, som kan rense fosforen. Her får man skilt den fosfor-rige fraktion fra den med ganske lidt fosfor. Dermed er det meget billigere at flytte fosforen hen, hvor der er brug for den, frem for at flytte den useparerede gylle, som indeholder meget vand.



**Figur 5.13.** Fugle og guano (deres hvidlige afføring) på Islas Ballestas (mini Galapagos) i Peru. Foto: Maja Balle.



**Figur 5.14.** Gylle i en gylletank (tv.). Gyllefibre fra separering af svinegylle. Her bliver den faste del sorteret fra (ne. tv.). Glas med henholdsvis gyllefibre og væskefraktion fra separering af svinegylle fra et separationsanlæg (herunder). Fotos: Thorkild Q. Frandsen, Agrotech.



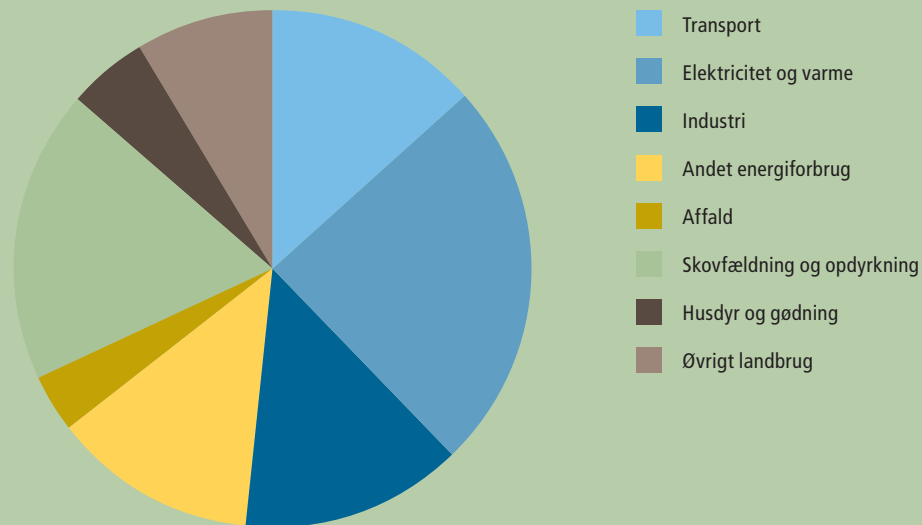
## FAKTASIDE KLIMAFORANDRINGER OG JORDBRUG

Jordbruget bliver påvirket af klimaforandringerne, men jordbruget er selv en vigtig drivhusgas-kilde (Figur 5.15).

Landbruget udgør ca. 30 % af de samlede drivhusgasemissioner. Det største bidrag – på 18 % kommer fra skovning. Når man fælder skoven, bliver der frigivet store mængder  $\text{CO}_2$ , som har været bundet i træerne og i jordens humus. Der bliver også fældet skov for at gøre plads til byer, veje og industri, men den vigtigste årsag er skovrydning, så jorden kan dyrkes.

En anden væsentlig drivhusgas-kilde er husdyrene. Særlig køer frigiver meget metan, som bidrager med over 5 % af de samlede emissioner. Hvis man lægger energiforbruget til dyrenes foder og den skov, man rydder til græsning, oveni, viser det sig, at 14 % af drivhusgasserne kommer fra verdens kødproduktion. Det er lige så meget som al transport med bil, tog, skib og fly tilsammen på globalt plan.

Endelig er der et bidrag på 8,4% fra det øvrige landbrug. Her er det især frigivelse



**Figur 5.15.** Drivhusgasemissionen (kuldioxid, metan og lattergas samlet) fra forskellige sektorer. Energiforbruget til transport, elektricitet, opvarmning og industri udgør den største kilde, efterfulgt af skovfældning og landbrug.

af lattergas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) fra denitrifikation i bl.a. rismarker, samt  $\text{CO}_2$ -frigivelse fra landbrugsmaskiner og fra industriel fremstilling af kunstgødning, der er væsentlige kilder. Når vi intensiverer landbruget, udleder vi flere drivhusgasser.

I de kommende år er det afgørende, at vi kan øge landbrugsproduktionen uden at øge drivhusgasudledningen tilsvarende. Man arbejder på mange tiltag for at nedsætte energiforbruget, reducere metanproduktionen

fra husdyr, opbygge jordens kulstofindhold og mindske lattergasproduktionen.

### Det kolde nord bliver lidt mildere

På vores nordlige breddegrader forventer man at få vådere, varmere vintre og somre. Det giver en længere vækstsæson med mulighed for større udbytter og for at dyrke nye typer af afgrøder. Det højere  $\text{CO}_2$ -indhold i atmosfæren giver også højere udbytter i sig selv i form af "CO<sub>2</sub>-gødsning".

Det er ikke kun afgrøderne, der gror, når temperaturen og CO<sub>2</sub>-koncentrationen stiger. Det gør mange ukrudtsplanter også. Det milde klima vil medføre større problemer med vores nuværende ukrudtsplanter, og man forventer, at der kommer nye "problem-børn" til.

De fleste skadegørere på planter er insekter eller svampe, der transporteres med insekter. Og insekter vil generelt klare sig bedre i de milde vintre. Det varme og fugtige vejr giver også gode vækstbetingelser for svampe, derfor forventer man større angreb af *Fusarium*, kartoffelskimmel og rust. Øgede mængder af skadedyr, svampesygdomme og ukrudt vil medføre et øget behov for plantebeskyttelse, herunder pesticider.

Hvis temperaturen stiger 2 C° på verdensplan, vil det både medføre vandmangel og risiko for oversvømmelser pga. ændrede nedbørsmønstre i Afrika og Sydasiens. Især store dele af Afrika vil blive hårdt ramt. Dels vil temperaturen stige, dels vil mængden af

regnvand blive reduceret med 10 %, og det vil medføre en kolossal vandmangel.

Ifølge FAO vil de øgede temperaturer og det ustabile vejr reducere høstudbyttet, som øger risikoen for fødevaremangel.

Områder, der allerede i dag er udsat for tørke, ser desværre ud til fremtidigt at blive de mest udsatte. Afrikanske subsistensjordbrugere er blandt de mest udsatte. Dem, der i dag har sværest ved at takle tilværelsen, vil også være dem, der i fremtiden bliver hårdest ramt. Groft sagt kan man sige, at de, der kommer til at betale den højeste pris, er dem, som ikke har været skyld i udledningen af drivhusgasser – nemlig de fattige lande omkring ækvator.

Størstedelen af de klima-effekter, vi ser på landbrugsudbytterne i Afrika, bliver forstærket af en faldende jordkvalitet, hvor der vil være et stadigt mindre humusindhold, og evnen til at holde på vandet vil også være mindre. Systemerne bliver dermed meget mere følsomme over for udsving i klimaet.

Der er derfor god grund til at arbejde hen imod systemer, hvor bønderne får et ekstra incitament til at opbygge jordens kulstofpuljer.

I dag arbejder man med at afbøde klimaændringer ved at opbygge kulstofpuljen i jorden eller planterne og dermed reducere CO<sub>2</sub>-indholdet i atmosfæren. Dette giver samtidig mere stabile dyrkningssystemer, som bedre kan modstå tørkestress og kraftige regnskyl.

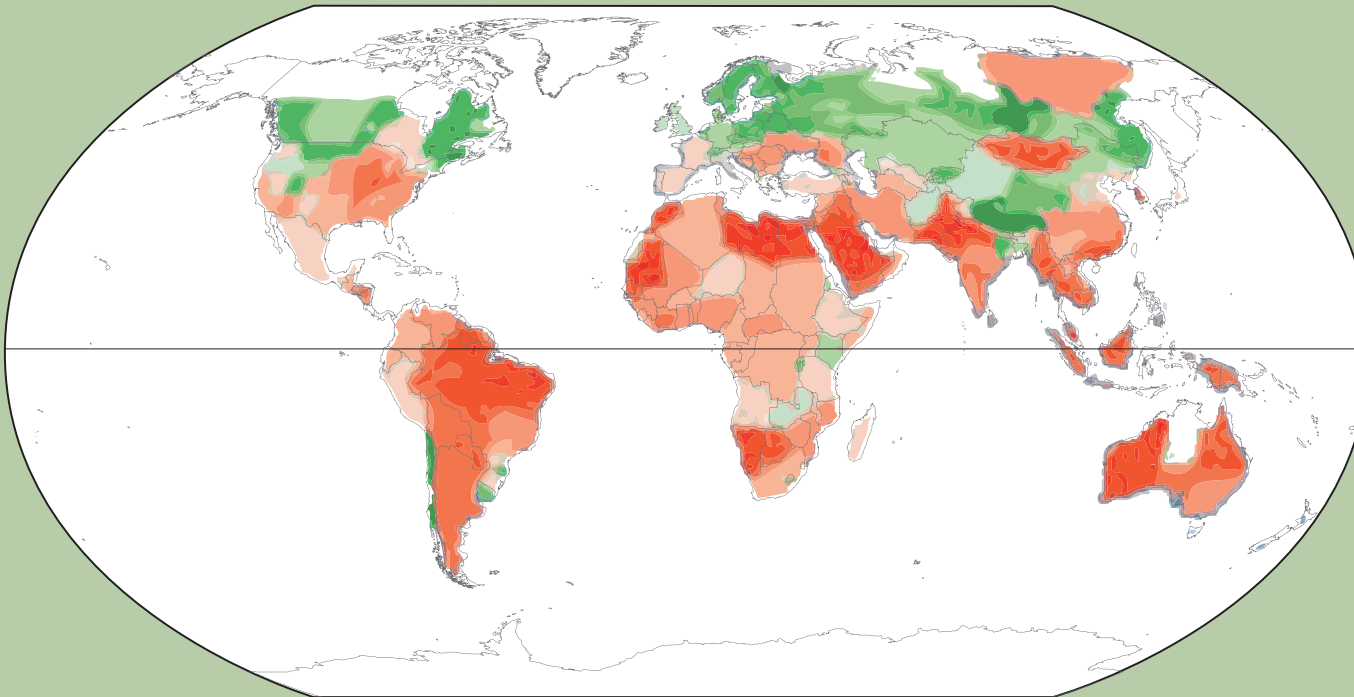
### **Klimaændringer og nye områder til dyrkning**

Klimaforandringerne kommer til at spille en særlig rolle for udviklingen af, hvor stort behovet i fremtiden er for fosforgødning. Groft sagt vil ændringerne i klimaet flytte vegetationsbælterne og de mest produktive landbrugsarealer mod polerne (Figur 5.16). Og de områder, der i dag har tørkeproblemer, bliver umulige at dyrke.

De områder, hvor der bliver bedre vilkår for landbrugsproduktion, ligger ofte uden for

de nuværende produktionsområder. Det betyder, at vi skal til at gøde nye store arealer op for at have tilstrækkeligt med næringsstoffer. Der er ganske enkelt ikke tilstrækkelige fosforreserver til, at det kan lade sig gøre.

Derfor er det afgørende, at vi effektiviserer brugen af fosfor i jordbruget, recirkulerer fosforen fra vores foder og fødevarer og bringer affald fra byerne tilbage til landbruget.



**Figur 5.16.** Kortet viser, hvordan klimaforandringerne vil påvirke landbrugsproduktion i 2050 i forhold til, hvordan landbrugsproduktionen ser ud i dag. Grønne områder vil kunne høste mere, rosa og røde områder vil opleve en nedgang i udbyttet. Nogle af verdens mest produktive områder i USA, Brasilien og nogle af verdens folkerigste lande (Kina, Indien, Indonesien) vil høste mindre.





Foto: Myles Oelofse.

## KAPITEL 6

# SUNDE FØDEVARER GIVER SUNDE MENNESKER

Planter indeholder en lang række essentielle næringsstoffer. Derfor er det vigtigt, at vi spiser en kost med mange forskellige plante-produkter.

Alt afhængig af hvor man befinder sig på kloden, varierer kostens sammensætning enormt. Selvom vi i dag producerer fødevarer nok til at mætte alle munde, så sulter næsten 900 millioner mennesker. Langt flere end dem, der sulter, er fejlnærede.

Årsagen er, at deres kost er ensidig og derfor ikke indeholder den rette sammensætning af de essentielle næringsstoffer.

Hvorfor er det så vigtigt at spise en varieret og plantebaseret kost? Hvordan undgår vi fejlnæring på globalt plan? Og hvordan øger vi sundhedsværdien af de planter, der bliver spist rundt omkring på kloden? Læs svar og overvejelser på de næste sider.



Foto: Inger Bertelsen, Videncentret for Landbrug.

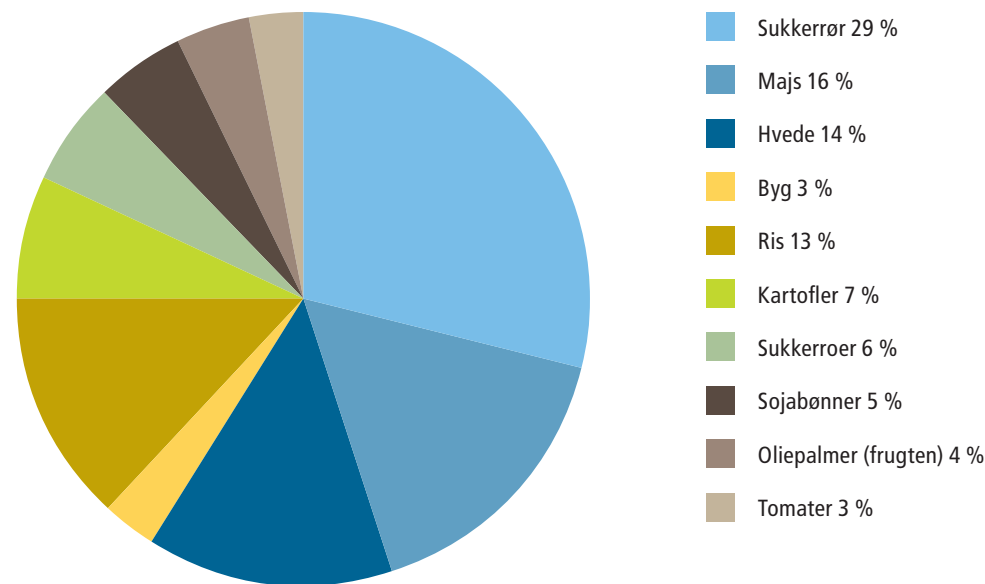
### Mennesket er afhængig af planter

Vi er fuldstændig afhængige af, at der findes planter på kloden. Det er vi, fordi planterne ved fotosyntesen frigiver ilt ( $O_2$ ), som er nødvendig for at opretholde respirationen og de basale stofskifteprocesser hos mennesket.

Planten er også fabrik for en lang række kemiske forbindelser, som er essentielle for mennesket. Altså forbindelser, som mennesket ikke kan leve uden, og som kun kan fås fra planterne.

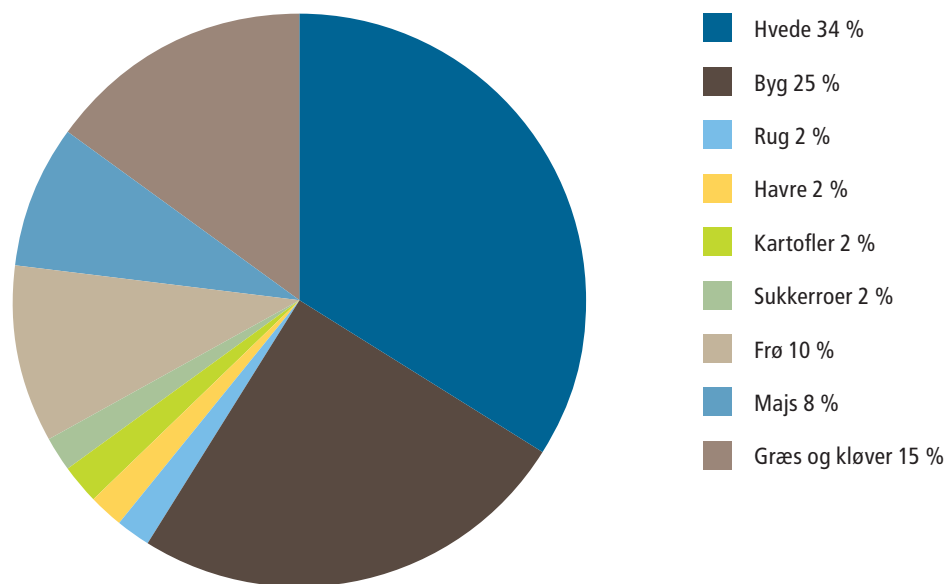
Det drejer sig blandt andet om 9 ud af de i alt 20 aminosyrer, som udgør byggestenene i proteiner, og C-vitamin. Disse kemiske forbindelser spiller flere vigtige roller i menneskets stofskifte og er vigtige for dannelsen af hud, muskler, knogler og nerver. Derudover indeholder en plante typisk 5.000-10.000 forskellige kemiske forbindelser, hvoraf man formoder, at mange har en sundhedsfremmende effekt.

Vi er derfor helt afhængige af at spise planter eller af at spise kød fra dyr, som på



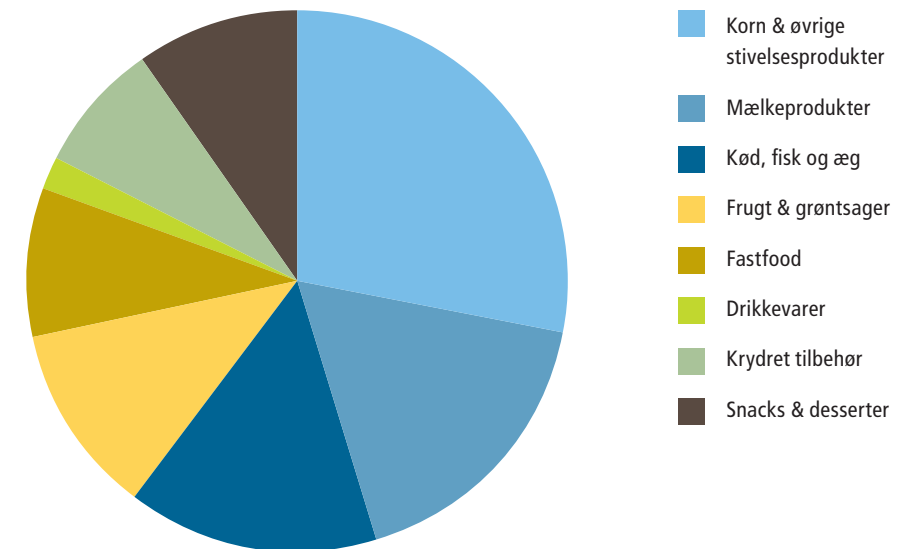
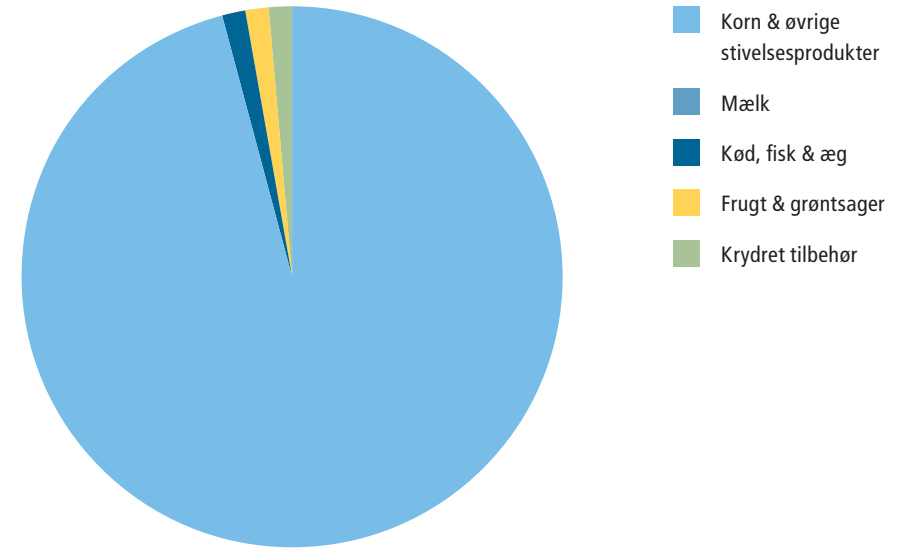
Figur 6.1. De vigtigste høstede afgrøder på globalt plan (2004).

Figur 6.2. Arealanvendelse i det danske landbrug (2010).





**Figur 6.3.** Ugentligt fødevarerindtag for en familie i Tyskland (nederst) og for en familie i Mali (øverst). Bemærk, hvor ensidig en kost familien i Afrika indtager. Gennemsnitlig kalorieindtag for indbyggere i Tyskland er 3.530 Cal dagligt og for indbyggere i Mali 2.580 Cal dagligt. Det laveste kalorieindtag pr. indbygger finder man i den Demokratiske Republik Congo med 1.500 Cal dagligt. Det højeste indtag af kalorier dagligt er i USA med 3.770 Cal. (Kryddret tilbehør dækker ketchup, sennep, dressing osv.). Foto: ©Peter Menzel/www.menzelphoto.com.



et tidspunkt er blevet fodret med en plante. Vi kan ikke leve uden planterne, og ønsker vi et sundt og langt liv, er indtagelsen af dem en vigtig forudsætning.

### Få afgrøder mætter mange mennesker

Selvom der findes mere end 450.000 forskellige blomstrende planter på kloden, er det kun nogle ganske få, der virkelig yder et væsentligt bidrag til menneskets kost.

På globalt plan er de vigtigste afgrøder: sukkerrør, majs, hvede, ris, kartofler, sukkerroe, sojabønner, oliepalme, byg og tomat (Figur 6.1). I Danmark dyrker vi ca. 2,9 millioner hektar landbrugsjord, og på mere end 50 % af arealet dyrker vi kun to afgrøder: hvede og byg (Figur 6.2).

### Fødevarerindtag varierer globalt

I Danmark og mange andre industrialiserede lande bidrager frugt og grønsager kun med ca. 10-20 % af det daglige energioptag. I mange udviklingslande udgør planter en

**Energi** måles i kalorier eller joule, sammenhængen mellem dem er:

$$1 \text{ Cal} = 1.000 \text{ cal} = 1 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ Cal} = \text{calorie (kalorie)} = 4,1868 \text{ Joule (J)}$$

Internationalt benytter man forkortelsen cal (på engelsk hedder kalorier: calories). Skrives calories med stort (Cal) svarer det til 1.000 calories (cal), hvilket er det samme som 1 kilo kalorier (kcal).

**Tabel 6.1.** Oversigt over alle 49 essentielle næringsstoffer i den humane ernæring. Vitamin B12 og D findes ikke i planter.

Vand	Mineraler	Spor-mineraler	Aminosyrer	Fedtsyrer	Vand-opløselige vitaminer	Fedt-opløselige vitaminer	Andre
	Na	Fe	Isoleucin	Linolin	C	A	Inositol
	K	Zn	Leucin	Linolen	B1	D	Cholin
	Ca	Se	Lysin		B2	E	Carnitin
	Mg	I	Methionin		B6	K	
	P	Cu	Phenylalanin		B12		
	S	Mn	Threonin		Niacin		
	Cl	Co	Tryptofan		Panhotensyre		
		Cr	Tyrosin		Folinsyre		
		Mo	Valin		Lipoinssyre		
		F			Biotin		
		Sn					
		Si					
		V					

langt mere dominerende rolle. Her er det ikke ualmindeligt, at mere end 90 % af energien kommer fra planter. Der er ofte kun råd til at supplere med et ganske beskedent bidrag fra kød, mælk, æg og fisk (Figur 6.3).

### Planter forsyner mennesket med livsnødvendige næringsstoffer

Mennesket skal have tilført 49 unikke stoffer gennem kosten for at vokse og trives – de kaldes de essentielle næringsstoffer. Disse næringsstoffer er: vand, mineraler, kulhydrater, aminosyrer, fedtsyrer og vitaminer (Tabel 6.1).

Planter kan forsyne mennesket med næsten alle de essentielle næringsstoffer. Der er rent faktisk kun ganske få af dem, f.eks. vitamin B12 og vitamin D, som planter ikke kan producere. Disse kemiske forbindelser må vi derfor skaffe ved at supplere med animalske fødevarer.

Ud over de essentielle næringsstoffer indeholder planter også en række unikke bioaktive forbindelser (se faktside om bioaktive

forbindelser s. 94). Man formoder, at de hjælper kroppen med at bekæmpe sygdomme såsom hjerte-kar-sygdomme, diabetes og cancer, men generelt ved vi stadig meget lidt om deres konkrete roller i menneskets stofskifte.

### Planter i kosten reducerer indtag af usunde fødevarer

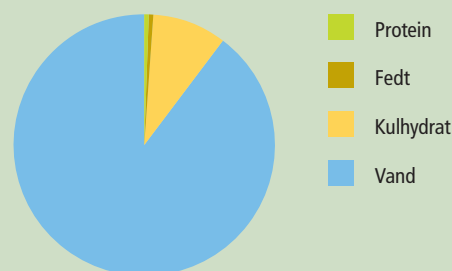
Sundhedsmyndighederne i Danmark har de sidste 10 år kørt en intensiv kampagne for at øge folkesundheden ved at få folk til at spise en mere plantebaseret kost. Det er dog meget vanskeligt at påvise en direkte sund-

I 2010 blev der på globalt plan produceret 1.792 mio. tons korn. 1 kg korn indeholder ca. 3.500 Cal. Ifølge WHO skal et menneske have mindst 2.100 Cal dagligt for at være sikret mod sult.

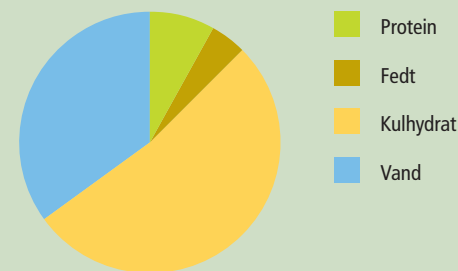
**Korn** er en samlebetegnelse for en række forædlede græsarter. I Danmark dyrker man fire klassiske kornarter: hvede, byg, rug og havre, som oprindeligt kommer fra Mellemøsten. I tropen er de vigtigste kornarter: ris, majs, hvede og hirse. Klimaforandringerne har medført, at der i stigende omfang dyrkes majs i Danmark.

#### Fedt, kulhydrat, protein og vand i kød, grønsager og korn

Gulerod 38 Cal pr. 100g



Hvidt brød 270 Cal pr. 100g





**Figur 6.5.** Kornkerne, der er farvet med et zink-følsomt farvestof. Det ses, at Zn fortrinsvis findes i et tyndt bånd lige under skaldelene og i kimen. Begge dele fjerner man under poleringen af f.eks. ris eller under formaling af byg og hvede. Tilbage er da frøhviden, som har det laveste indhold af Fe og Zn af alle kernens dele. Det er den del, vi fortrinsvis spiser. Foto: Ismail Cakmak.

hedseffekt af at spise mange plantebaserede fødevarer. Særligt i relation til udviklingen af specifikke sygdomme såsom cancer, diabetes og hjerte-kar-sygdomme. Man kan endnu ikke udpege ét enkelt eller en gruppe af bioaktive indholdsstoffer i planter og dokumentere deres direkte sundhedsfremmende effekt hos mennesker.

Den sundhedsfremmende effekt af at spise mange plantebaserede fødevarer ser ud til at være indirekte. Et højt indhold af plantefibre (ufordøjelige kulhydrater) i kosten øger mæthedsfølelsen og nedsætter lysten til at spise fede fødevarer. Tendensen

til fedme og en lang række følgesygdomme bliver dermed reduceret.

På verdensplan er der i dag 500 mio. mennesker, som er decideret fede (BMI > 30), og samlet set skønner man, at mere end 1 milliard mennesker er overvægtige (BMI > 25).

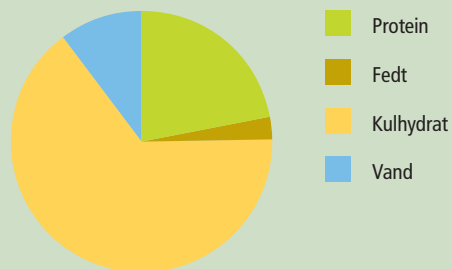
### Under- og fejlnæring udbredt på trods af rigelige mængder føde

Alene den globale kornproduktion kunne i 2010 forsyne hver eneste verdensborger med 2500 Cal pr. dag og dertil kommer bidraget fra f.eks. grøntsager, bønner, fisk og køer på græs. Der er altså i dag rigeligt med mad på

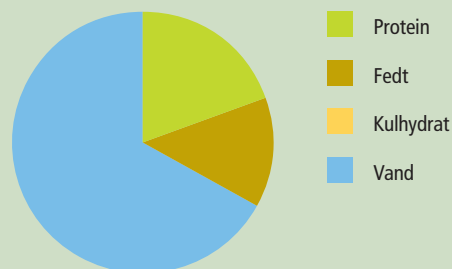


**Figur 6.4.** Forskellige prøver med ris, der er indsamlet på et asiatiske marked. De polerede riskorn er efter indsamling farvet med det zink-følsomme farvestof DTZ. Det er tydeligt, at riskernerne indeholder meget forskellige mængder zink. Foto: Ismail Cakmak.

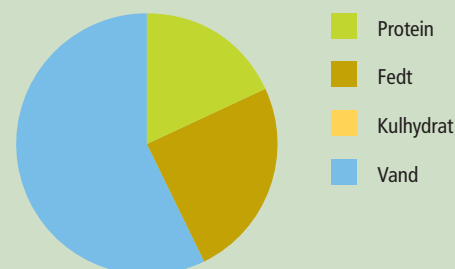
**Hvide bønner** 324 Cal pr. 100g



**Oksekød** 220 Cal pr. 100 g



**Markrel** 289 Cal pr. 100 g





**Tabel 6.2.** Indhold af vigtige næringsstoffer i høstede uforarbejdede fødevarer.

Næringsstof	ADI (Anbefalet Daglig Indtagelse)	Hvede	Ris	Bønne	Majs	Gulerod	Oksekød	Fisk
		(fuldkorn)	(brune)	Indhold pr. kg frisk-vægt				
Fe (mg)	10 - 15	35	20	50	6	3	3	8
Zn (mg)	12 - 15	30	35	20	10	2	5	-
Se (µg)	55 - 75	1	20	90	40	1	1	300-600
I (µg)	150	30	50	20	5	30	1	200-3.000
A-vitamin (µg)	700 - 900	0	0	0	80	15.000	0	0

kloden, så det er et voldsomt paradoks, at 900 millioner mennesker sulter, mens et næsten tilsvarende antal er påvirkede af fedme. Problemet er ikke mangel på mad, men at man ikke fordeler den ligeligt.

Mennesker bliver underernærede, fordi de ikke har adgang til en kost, der er tilstrækkelig rig på energi. Dog er antallet af fejlnærede mennesker langt større. Fejlnæring opstår, når kosten ikke indeholder en tilstrækkelig og afbalanceret mængde af essentielle næringsstoffer. De nyeste estimater peger på, at ca. 3-4 milliarder mennesker på kloden er fejlnærede, fordi kosten er ensidig, det svarer til næsten 50 % af verdens

befolkning. Ifølge WHO er fejlnæring årsag til flere dødsfald end nogen anden årsag.

### Ensartet kost giver fejlnæring

Grønsager og animalske fødevarer er rige på mineraler og andre næringsstoffer, men det gælder ikke kornprodukterne. Fejlnæring er derfor specielt et problem i udviklingslandene, hvor fattige mennesker lever af en ensartet kost baseret på kornprodukter.

Korn fra f.eks. majs, ris og hvede er gode energikilder, fordi de er rige på fordøjelige kulhydrater (stivelse), protein og fedt. Men desværre indeholder kornarterne relativt få mineraler i en form, som mennesket kan

optage over mave-tarm-kanalen. Som hovedregel er kornarterne også, bortset fra visse B-vitaminer, en dårlig vitaminkilde.

Grønne planter er derimod rige på mineraler og vitaminer, men indeholder kun lidt protein, kulhydrat og fedt. Derfor er det vigtigt, at kosten sammensættes af forskellige plantearter og helst med et bidrag fra kød, æg, mælk og fisk.

### “The Big Five”

På verdensplan regner man med, at ca. 2-3 milliarder mennesker lider af jernmangel (anemi), 1,5 milliard lider af jodmangel, 300 millioner lider af zinkmangel, og 250 millio-

ner lider af A-vitamin-mangel. Hertil kommer et stort antal mennesker, der lider af selenmangel, men der findes ikke nogen pålidelige estimater for omfanget af denne mangel. Samlet kalder man mangel på Fe, Zn, I, Se og A-vitamin for "The Big Five". Manglen på disse næringsstoffer reducerer livskvaliteten for milliarder af mennesker på kloden. Det er i vid udstrækning medvirkende til at fastholde dem i fattigdom, fordi folk bliver syge, sløve og uarbejdsdygtige.

Mangel på mineralerne Fe, Zn, I og Se fører til en række alvorlige sygdomme hos især børn og unge, såsom sygdomme i hjernen, huden og immunsystemet. A-vitaminmangel fører til øjenssygdomme, og 500.000 mennesker bliver hvert år blinde som følge af sygdommen.

### **Plantens næringsstofindhold varierer en del**

Planter varierer meget i deres indhold af mineraler og vitaminer, både mellem arter og

blandt sorter af samme art (Figur 6.4).

Det er meget almindeligt, at Zn- og Fe-indholdet i f.eks. hvede- og riskerner af samme art, men forskellig sort, dyrket på nøjagtig den samme jord, varierer med en faktor 5 (f.eks. fra 10 til 50 mg Fe pr. kg hvede). På samme måde spiller også jordens frugtbarhed en helt afgørende rolle for, hvor meget Fe og Zn, der ophober sig i kernen. Det er særligt et problem, når man dyrker planter på udpinte jorde. De spiselige dele af planten vil ganske enkelt afspejle jordens lave indhold af mineraler. Er jorden udpint og indeholder små mængder af plantetilgængeligt Fe og Zn, vil afgrøderne, der vokser på jorden og de mennesker der lever af afgrøderne, også blive udsat for mangel på næringsstoffer.

### **Lav biotilgængelighed forårsager fejlnæring**

I fattige lande som Bangladesh eller Burma kommer ca. 80 % af de daglige kalorier fra

ris. Ris og andre kornarter er imidlertid dårlige jernkilder.

Hvis kroppen kan optage alt Fe i riskernen, skal man konsumere 500-750 g brune ris for at dække det daglige Fe behov (Tabel 6.2). Det er meget mere, end man indtager i selv de mest ris-spisende lande. Her spiser man 300-400 g ris om dagen. Langt de fleste asiater spiser dog slet ikke brune ris, men foretrækker hvide ris, hvor man har poleret de brune skaldede på risen væk. Ved poleringen fjerner man desværre størstedelen af mineralerne, som netop hober sig op i skaldelene (Figur 6.5).

Hvis hvide ris poleres, bliver indholdet af Fe og Zn reduceret til en brøkdel af, hvad brune ris indeholder. Hvide ris indeholder kun ca. 3-6 mg Fe pr. kg og tilmed på en kemisk form, som mave-tarm-kanalen kun delvist kan optage.

Den væsentligste årsag til den lave biotilgængelighed af Fe og flere andre mineraler i kernen, skyldes det fosforholdige kulhydrat, der kaldes fytat (se fytatmolekyle s. 69).

Det meste P og Fe i kernen oplagres som fytat, som frøet udnytter som en naturlig P og Fe kilde, hvis det får lov til at spire i jorden. Under spiringen udskiller kernen fytase-enzym, som nedbryder fytat og frigiver både P og Fe, som den voksende plante kan optage. Men menneskets mave-tarm-system indeholder stort set ikke fytase, og derfor optager kroppen typisk kun 5-10 % af det Fe, man finder i ris og andre kornarter. Dermed passerer det blot tarmen og bliver udskilt med afføring. Man skal altså øge indholdet af Fe i kornkernen ganske betydeligt for at forbedre biotilgængeligheden mærkbart, fordi fytat binder en stor del af Fe og gør det utilgængeligt for kroppen. Det er derfor så godt som umuligt at undgå fejlnæring, hvis man lever af en korn-rig kost.

### **Korn skal suppleres med andre fødekilder**

Visse planter er imidlertid gode Fe-kilder. Det er planter i bønne-familien, spinat og salat gode eksempler på (Tabel 6.2). Disse planter

har et højt indhold af Fe, og biotilgængeligheden af Fe er tilmed bedre end hos kornarterne, fordi det er bundet til biotilgængelige proteiner og kun i mindre grad til fytat.

I kød findes Fe bundet til den kemiske forbindelse hæm, der bl.a. findes i blodets hæmoglobin. Jern bundet til hæm har en biotilgængelighed på 25 %, hvilket er væsentlig mere end for Fe bundet til fytat. Derfor er det vigtigt, at det meget store antal mennesker, der lever på en kornbaseret diæt supplerer kosten med andre fødevarer.

### **“The hidden hunger”**

Fattigdom og mangel på alternative fødevarer medfører i øjeblikket, at milliarder af mennesker er fejlnærede, fordi de af nød lever på en korndomineret diæt. Korn er i dag den billigste mad, der findes. På engelsk kalder man fejlnæring “hidden hunger”, fordi det optræder hos et stort flertal af mennesker uden, at der er specifikke synlige symptomer udover en generel dårlig trivsel

og en øget forekomst af en række almindelige sygdomme. Men det er vigtigt at være opmærksom på, at fejlnæring hos mange mennesker fører til invalidering og en alt for tidlig død – ikke mindst hos børn. Netop derfor står fejlnæring allerøverst på prioriteringslisterne hos bl.a. WHO og flere af verdens største velgørende fonde, der støtter forskningen – herunder landbrugs- og planteforskningen.

### **Planteforskning kan forbedre biotilgængeligheden**

Frem mod år 2020 er der iværksat en lang række store internationale forskningsprojekter, der på forskellig vis har til formål at øge indholdet og biotilgængeligheden af især Fe, Zn og A-vitamin i kornarterne, bønner og kartofler. Følgende metoder har på det seneste vist lovende resultater:

- Screening af store internationale frøsamlinger for at finde sorter, der naturligt har evnen til at akkumulere meget Fe og Zn i kernen.
  - Der er fundet meget stor variation for Fe og Zn i samlingerne. I ris er det hidtil lykkedes at firdoble indholdet af Fe og Zn i frøhviden ved at dyrke netop de planter fra samlingen, der er i stand til at akkumulere mest Fe og Zn fra jorden.
- Bladgødsning med letopløselige Fe- og Zn-salte, mens planterne vokser.
  - Tilførsel af gødning direkte på plantens blade medfører, at en stor del af Fe og Zn indlejrer i kernen og øger biotilgængeligheden. Forsøgene har i særlig grad været succesfulde for Zn, hvor der er sket en tredobling af koncentrationen i den spiselige frøhvide. Mange bønder har dog ikke adgang til Fe- og Zn-holdige gødninger, og derfor er denne løsning ikke egnet overalt.
- Tilførsel af Fe- og Zn-salte under polering af risen.

□ Forsøg viser, at en tilsætning af Fe-holdige salte under polering og parboiling af risen kan forøge indholdet i frøhviden. Forløbige resultater viser, at indholdet af Fe i frøhviden på denne måde stiger til mere end 50 mg Fe pr. kg. Det er i dag verdensrekord blandt de afprøvede teknikker.

- Udvikling af GM planter, der indlejrer mere biotilgængeligt Fe og Zn i kernen.
  - (se faktaside om biofortifikation af afgrøder s. 97).

### Konklusion

Blandt verdens fattigste er kornarterne ris, hvede og majs de dominerende energikilder i kosten. I mange lande udgør kornarterne 80 % af den daglige energioptagelse. Kornarterne har et lavt indhold af biotilgængelige næringsstoffer, især Fe, Zn, Se og I, og derfor er fejlnæring meget fremherskende i udviklingslandene. Akut fejlnæring er den væsentligste årsag til den stærkt forøgede børnedødelighed i udviklingslandene.

50 % af verdens befolkning er påvirket af "Hidden hunger", hvor fejlnæring optræder skjult, men fører til ødelæggelse af den mentale udvikling og en øget forekomst af forskellige følgesygdomme.

Dårlig infrastruktur og politisk ustabilitet i mange udviklingslande medfører, at det ikke er virkningsfuldt at give mineral- og vitaminpiller til befolkningen. Selvom denne strategi i princippet er billig og sikrer en høj optagelse af både mineraler og vitaminer.

Derfor arbejder forskere ihærdigt på at forøge indholdet af næringsstoffer hos kornarterne, da det er den mest effektive strategi til at øge indholdet af biotilgængelige næringsstoffer i kosten. Andre arbejder på at fremme indtagelsen af grøntsager, fisk eller sågar insekter med højere næringsstofindhold.

Forskning, der primært er udført de sidste 10 år, har vist, at det er muligt at opnå en markant forøgelse i indholdet af næringsstoffer hos kornarterne. Enten ved simple

agronomiske tiltag eller ved anvendelse af moderne genteknologi. I løbet af de næste 10 år vil vi utvivlsomt se, at man introducerer en lang række "nye" plantesorter, hvor indholdet af næringsstoffer er mangedoblet.

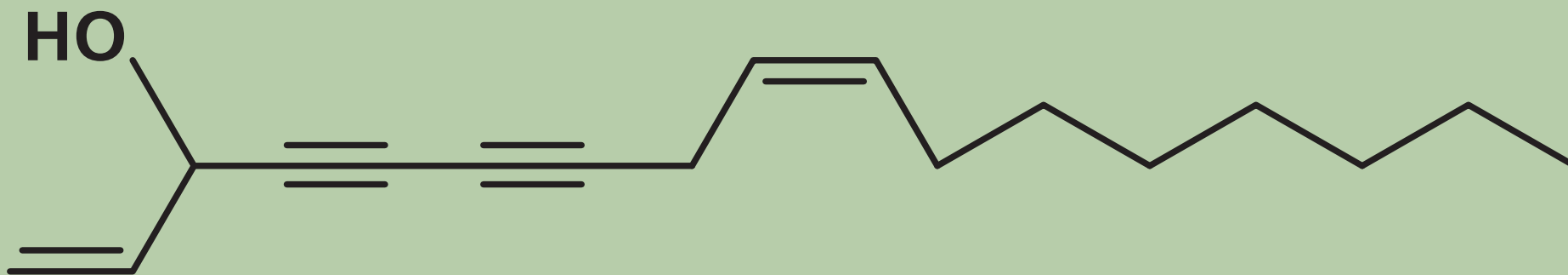
Vi ved ikke, om bønderne vil begynde at dyrke dem, og om de opnåede forbedringer reelt vil afhjælpe den udbredte fejlernæring. Der er mange komplicerende faktorer, der spiller ind – både af politisk, agronomisk og klimamæssig art. Alle succesfulde bestræbelser på at mangedoble indholdet af Fe og Zn kan være virkningsløse, hvis den øgede forekomst af tørke og ørkendannelse fortsætter. Og succesen vil utvivlsomt udeblive, hvis jorden fortsat bliver udpint.

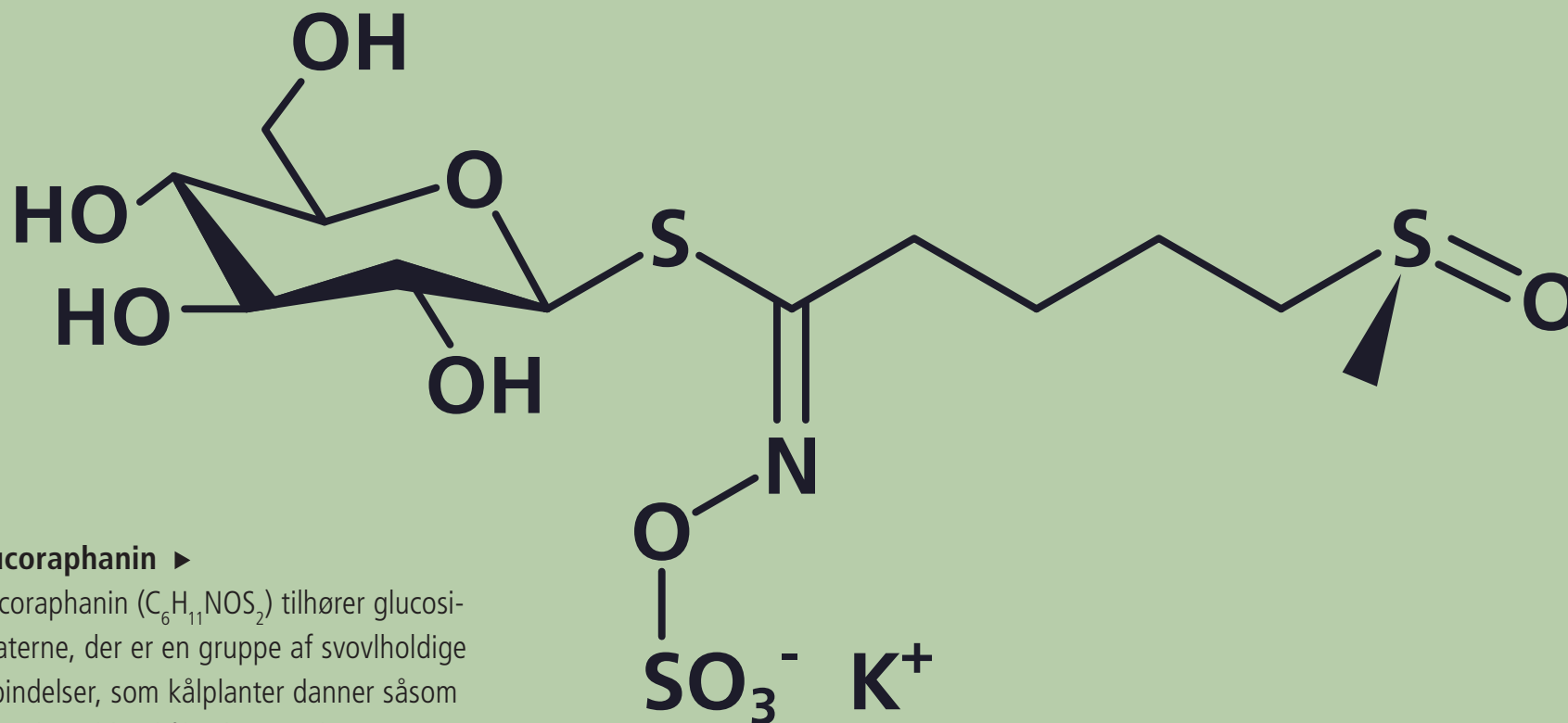
## FAKTASIDE BIOAKTIVE FORBINDELSER

Ud over at planter indeholder livsvigtige vitaminer og mineraler, indeholder de også en række bioaktive forbindelser, der formodes at have en sygdomsforebyggende virkning på mennesker og dyr. Mange af disse bioaktive stoffer har i dyreforsøg (typisk med rotter og mus) vist sig at kunne forebygge vigtige livsstilssygdomme som, hjerte-kar-sygdomme, diabetes og cancer. Men det er endnu ikke lykkedes at påvise en direkte effekt hos mennesker til trods for, at der forskes meget i netop det område i dag.

### Falcarinol ▼

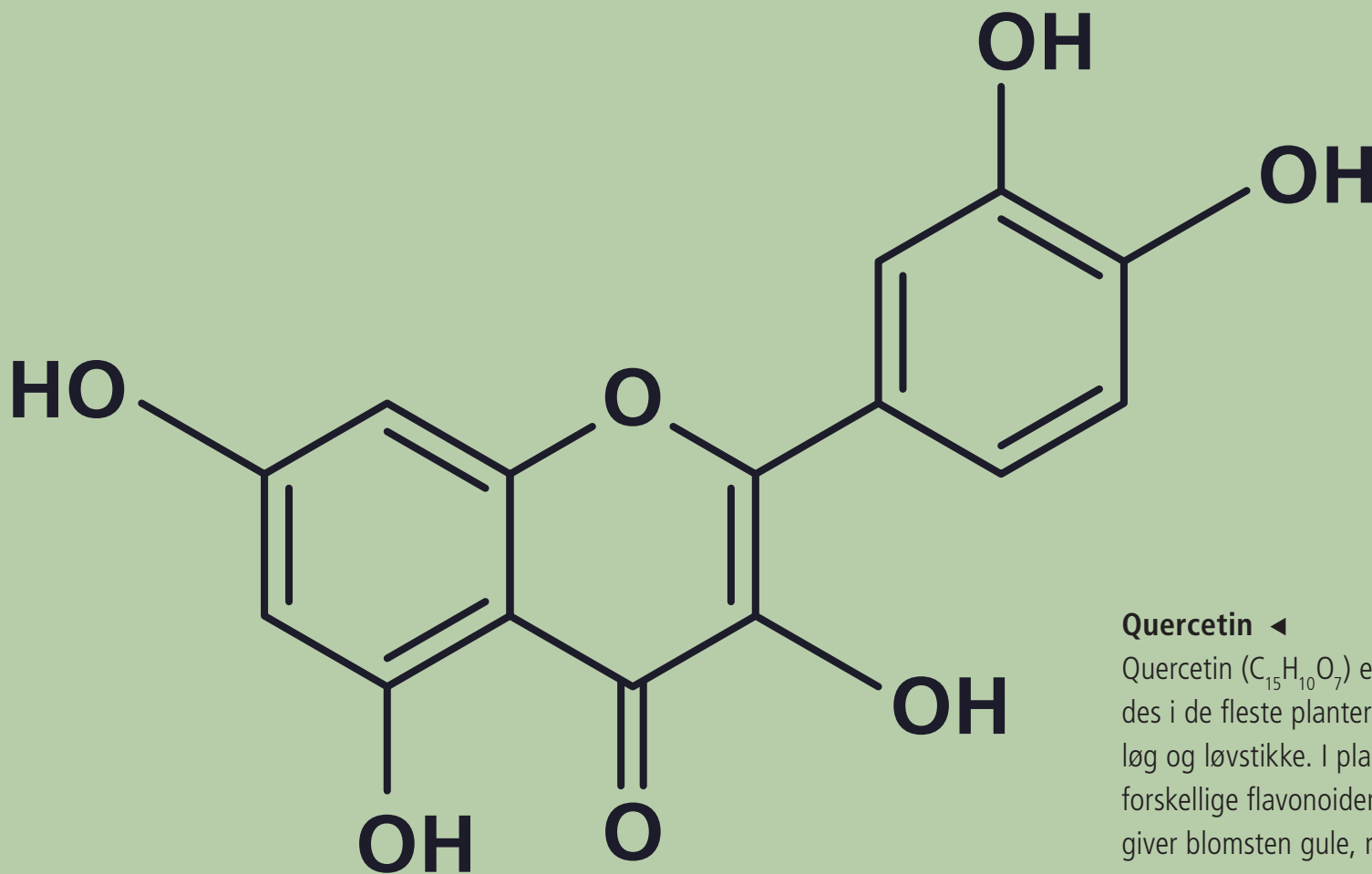
Falcarinol ( $C_{17}H_{24}O$ ) er en såkaldt polyacetylen, som er et naturligt pesticid, der dannes i mange rodfrugter bl.a. gulerod, selleri og pastinak. Stoffet beskytter plantens rødder imod svampeangreb og kan give allergi hos mennesker, hvis det indtages i for høje koncentrationer. Danske forsøg har vist, at de små koncentrationer, man finder i gulerødder, kan modvirke visse former for tarmcancer hos rotter.





### Glucoraphanin ►

Glucoraphanin (C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>NOS<sub>2</sub>) tilhører glucosinolaterne, der er en gruppe af svovlholdige forbindelser, som kålplanter danner såsom broccoli og blomkål. Glucosinolaterne er ansvarlige for den skarpe smag i sennep og radiser. Planterne producerer dem som forsvar mod angribende insekter og mikroorganismer. Stofferne har vist sig at kunne modvirke flere cancerformer hos rotter og mus. Dog gennemfører man i dag kliniske forsøg på mennesker for at dokumentere en eventuel effekt af stoffet, men der er endnu ingen resultater af disse undersøgelser.



#### Quercetin ◀

Quercetin ( $C_{15}H_{10}O_7$ ) er en flavonoid, som findes i de fleste planter såsom te, kapers, rødløg og løvstikke. I planter finder man mange forskellige flavonoider, nogle er pigmenter og giver blomsten gule, røde og blå farvenuancer. Andre flavonoider er naturlige pesticider, der beskytter planten mod angreb af svampe og bakterier. Quercetin og mange af de andre flavonoider er blevet tillagt en masse forskellige sundhedsfremmende effekter, men ingen af dem er hidtil blevet dokumenteret hos mennesker.



## FAKTASIDE BIOFORTIFIKATION AF AFGRØDER

Forskere har længe arbejdet med at forbedre kvaliteten af de afgrøder, vi høster, så vi kan producere mere ernæringsrigtige og sunde fødevarer. I den forbindelse bruger man begrebet biofortifikation, som betyder, at man forbedrer plantens evne til at producere biotilgængelige næringsstoffer, når den indgår i den humane ernæring. Biofortifikation kan enten foregå ved traditionel planteforædling, hvor man ved naturlig krydsbestøvning overfører attraktive gener eller ved kunstigt at overføre gener ved hjælp af genteknologi.

Her følger to eksempler på, at man ved hjælp af genteknologi kan øge sundhedsværdien af de fødevarer, vi indtager.

### ”Golden Rice”

#### – ris med ekstra vitamin A

Verdenssundhedsorganisationen WHO anslår, at 250 millioner mennesker lider af A-vitaminmangel på globalt plan. Omkring 500.000 mennesker bliver hvert år blinde

som følge af A-vitamin-mangel, og det rammer især børn og unge.

Moderat mangel på vitamin A medfører symptomer som natteblindhed og kan udvikle sig til permanent blindhed, hvis man har alvorlig mangel på A-vitamin. Det har også vist sig, at manglen på vitaminet er skyld i mange tilfælde af mæslinger, diarre og andre sygdomme, der kan være livstruende for svækkede børn.

Det er svært at give disse børn, som typisk lever i udviklingslande, A-vitamin i form af vitaminpiller, som vi kender dem. Det skyldes primært, at familierne ikke har råd, og infrastrukturen er dårlig i de mest berørte områder. Det er derfor nærliggende – gennem den primære fødekilde ris – at tilføre ekstra A-vitamin – også selvom ris-kernen ikke naturligt producerer A-vitamin.

#### Hvide riskorn bliver gule

Forskere har de sidste 10 år arbejdet på at udvikle en gensplejset risplante, som er ble-

vet modificeret sådan, at den producerer betacaroten i riskornets frøhvide. Det har man gjort ved at overføre et gen fra påskeliljen og et gen fra jordbakterien *Erwinia*. Disse gener indgår forskellige steder i den komplicerede biosyntese af betacaroten, som er et forstadium til vitamin A. Når planter med et indhold af betacaroten bliver spist, omdanner kroppen let forstadiet til vitamin A. Ved specifikt at udtrykke generne i frøhviden, er det lykkedes at gøre den hvide frøhvide gul på grund af ophobningen af betacaroten, og derfor har risen fået navnet ”Golden Rice”.

I 2005 har et nyt forskerhold fremstillet en forbedret transgen variant, som kaldes Golden Rice 2. Den type ris producerer 23 gange mere betacaroten end den oprindelige genmodificerede ris. Humane kostforsøg har vist, at man blot behøver at spise mindre end 100 g af den gyldne ris for at få tilstrækkelig med vitamin A. Risen er endnu ikke på markedet, men man satser på, at den bliver godkendt til dyrkning i 2012.

### Ris med mere jern og zink – en vej til bedre ernæringskvalitet

Mangel på mikronæringsstofferne jern og zink er et udbredt og voksende problem på globalt plan. Cirka halvdelen af klodens befolkning er fejlnærede som følge af Fe- og Zn-mangel. Det er særligt mennesker i udviklingslandene, der lever af en ensidig kost domineret af kornarter såsom ris, majs og hvede, der er påvirkede.

Fe og Zn påvirker helbredet på en lang række områder: Det nedsætter f.eks. indlæringssevnen hos børn og giver en øget dødelighed. Selvom vegetabilsk føde indeholder en bred vifte af mikronæringsstoffer, er mængden og ikke mindst biotilgængeligheden af stofferne ofte for lav til at dække det daglige behov. Derfor er der forsket meget i at udvikle planter, der har en øget tilgængelighed af mikronæringsstoffer – og der er især fokus på jern og zink.

### Jern- og zink-indhold øget i frøhviden

Der er udviklet mange forskellige transgene planter med et forhøjet indhold af Fe og Zn, men ingen af dem er dog på markedet endnu. Ved at overudtrykke genet, der koder for enzymet nikotianamin-synthase (NAS) og naturligt findes i ris, er det lykkedes et dansk-koreansk forskerhold at forøge Fe- og Zn-indholdet 2-3 gange i frøhviden. Ved at forøge aktiviteten af NAS-enzymet i planten har rotteforsøg vist, at biotilgængeligheden bliver forøget markant i forhold til ikke-transgene planter. Årsagen er, at bindingen mellem Fe og fytat bliver svækket, og samtidig dannes der kemiske forbindelser, hvor Fe og Zn binder til nikotianamin, som kroppen meget let optager. De transgene planter er endnu ikke afprøvet uden for laboratorierne. Man ved ikke, om de er egnede til dyrkning på de udpinte jorde, hvor indholdet af Fe og Zn er lavt.

**Figur 6.6.** Riskornene tørres på vejen, inden de fyldes på sække og sælges (Yunnan-provinsen, Kina).





**Figur 6.7.** Ris sat til tørre i stakke (Yunnan-provinsen, Kina). Fotos: Søren Husted.



**Figur 6.8.** Moden risplante (Yunnan-provinsen, Kina).



Foto: Hans Christian Asmussen, NATiON.

## KAPITEL 7

## EFTERORD

## MILLIARDER

## KAN BLIVE MÆTTE

Siden afslutningen af den grønne revolution i 1980'erne har den globale produktion af fødevarer været tilstrækkelig til at dække den enkelte verdensborgers behov.

Det er derfor paradoksalt, at der stadig er 900 millioner mennesker, der sultet, og mindst 3 milliarder mennesker der er fejlnærede, fordi de indtager en ensidig kost, der ikke kan dække det daglige behov for mineraler og vitaminer.

Det altoverskyggende problem er i realiteten ikke mangel på mad, men et spørgsmål om, hvordan vi fordeler fødevarerne på kloden.

Fødevarerne bliver ikke produceret der, hvor der er brug for dem og ej heller transporteret rundt til de steder, hvor behovet er størst.

Den viden, som forskere rundt om i verden hele tiden tilegner sig, når ikke ud til dem, der har allermest brug for den.

Den politiske vilje til at ændre på tingene er ikke til stede i tilstrækkeligt omfang, infrastrukturen er for dårlig i mange udviklingslande, og transportudgifterne er for store i forhold til, hvad den sultende befolkning kan betale.



Efter at have læst de foregående seks kapitler har du fået præsenteret nogle af de mest fundamentale problemstillinger omkring global fødevarerforsyning. Du har forhåbentlig fået den nødvendige indsigt i de grundlæggende mekanismer, der styrer planteproduktionen på de frugtbare jorde mod Nord og på de udpinte jorde mod Syd.

Vi skal have fundet løsningen eller måske løsningerne på, hvordan vi helt konkret skaffer "Mad til Milliarder" i årene fremover – så her kommer en række bud på, hvilke forhindringer der skal ryddes af vejen, før verdens befolkning bliver brødfødt.

### **Små landbrug skal kunne producere mere**

I Danmark er et gennemsnitligt landbrug på ca. 50 ha., og der kommer flere og flere industrilandbrug til på mere end 200 ha. Men på verdensplan er 80 % af alle landbrug mindre end 2 ha. Disse små landbrug udgør mere end 60 % af hele det dyrkede areal på kloden. I de

tilfælde er hele familier afhængige af at kunne producere nok fødevarer på blot 2 ha, og de skal derudover producere et lille overskud for at kunne få råd til at købe enkelte ting på markedet.

Når vi skal afhjælpe sult og underernæring lige nu og i fremtiden, er det derfor allervigtigst at øge produktiviteten på det enorme antal små jordbrug, der i dag eksisterer – her vil effekten være størst.

### **Det moderne jordbrug skal være bæredygtigt**

Historien viser, at vi ikke kan løse den globale mangel på fødevarer ved at øge produktionen i det moderne industrialiserede jordbrug, hvor produktiviteten i forvejen er meget høj. Det vil ikke være bæredygtigt at øge produktiviteten yderligere på de frugtbare jorde i de moderne industrilandbrug, der typisk ligger på den nordlige halvkugle og transportere fødevarerne til den sydlige halvkugle, hvor behovet er størst.

I jordbruget mod Nord, bør det i stedet handle om at øge bæredygtigheden i produktionen. Meget tyder nemlig på, at grænsen for at øge høstudbytterne er ved at være nået, da det genetiske potentiale for at øge udbytterne er udnyttet effektivt. Selvom vi anvender den nyeste videnskabelige viden om optimering af plantevækst, inklusive anvendelsen af transgene planter, kan vi i årene fremover kun forvente ganske små stigninger i industrilandbrugets høstudbytter. En væsentlig forøgelse af høstudbytterne vil kræve anvendelse af mere kunstgødning – især kvælstofgødning.

### **Kunstgødning koster energi og belaster klimaet**

De miljømæssige omkostninger ved at producere kunstgødning er problematisk. Produktion af kvælstofgødning er energikrævende og medfører udledning af drivhusgasser. Samtidig er de tilgængelige naturreserver af fosfor aftagende, og det forventes, at der i

fremtiden fra politisk side bliver stillet endnu strengere krav til anvendelsen af kunstgødning. Det betyder, at man skal anvende gødningen mere effektivt og reducere mængderne yderligere.

I EU arbejder man på at stille krav om, at udledningen af CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser fra gødningsproduktionen skal reduceres med 50 %. Det er en kraftig indikation af, at der fra politisk hold i årene fremover ikke vil blive åbnet op for at øge planteproduktionen baseret på tilførsel af mere kunstgødning. Derfor er det heller ikke sandsynligt, at planteproduktionen vil blive forøget i det rige Nord for at forsyne det fattige Syd med fødevarer.

Forskere vil sandsynligvis rette fokus mod at øge udnyttelseseffekten i industrilandbruget i forhold til, hvilke naturressourcer, der bliver brugt i dag. Det vil især dreje sig om gødning. Alt for meget gødning går til spilde i jordbruget, og det gælder både i det konventionelle jordbrug og hos økologerne. Men

blikket er også rettet mod at udnytte vand bedre og reducere energiforbruget.

### **Størst potentiale hos dem, der høster mindst – udviklingslandene**

Vi har tidligere set på Mitscherlichs regel. Af den fremgår det, at det vil være meget nemmere at forøge høstudbyttet hos en fattig bonde i f.eks. Cambodja fra 2 til 4 ton ris pr. ha, fordi hans jorde lider af næringsstofmangel, end det er at øge udbyttet fra 7 til 9 ton pr. ha i f.eks. Japan, hvor landbruget allerede er intensiveret.

Men hvordan øger vi produktiviteten på det enorme antal små jordbrug, der findes på verdensplan, og som typisk bliver drevet af fattige bønder med adgang til meget begrænsede ressourcer i form af f.eks. vand, gødning og plantebeskyttelsesmidler?

Der er udgivet et hav af rapporter og skrevet et utal af videnskabelige artikler, der alle viser, at der er et stort potentiale for at øge høstudbyttet på de små jordlodder i Afrika,

Latinamerika og Asien. Og mange steder kan man, med den viden vi har til rådighed i dag, uden større besvær forøge produktionen med 50 % til 100 % og i visse tilfælde meget mere.

Der findes ikke bare én, men mange forskellige løsninger i forhold til at løse problemet med lav produktivitet i jordbruget. Nogle løsninger, der har vist sig at fungere godt ét geografisk sted, er virkningsløse, når de bliver overført til andre områder. Enten fordi de naturgivne forhold er anderledes, eller fordi det politiske system er et andet.

### **Et eksempel: Statsstøttet kunstgødning og frø i Zambia og Malawi**

I Zambia og Malawi har de lokale regeringer med støtte fra verdensbanken de sidste 10 år kørt forsøg med at yde massiv statsstøtte til at indkøbe og fordele kunstgødning samt kvalitetssåsåed til fattige jordbrugere. Samtidig har man villet øge kvaliteten af den rådgivning, man giver de lokale jordbrugere



om, hvordan de bedst kan dyrke afgrøder under de forhold, de har. På den måde er det lykkedes at flerdoble høstudbyttet, men alligevel har programmet ikke været en ubetinget succes.

Der har visse år været problemer med at få de økonomiske bevillinger igennem til indkøb af gødning og frø, problemer med at få dem fordelt på det rette tidspunkt, og korrupsion har fået store partier af gødning til at forsvinde ud i den blå luft. Det har i flere tilfælde stillet bønderne dårligere, end hvis de havde holdt fast i de gamle traditionelle dyrkningsprincipper uden brug af kunstgødning. Dette eksempel viser tydeligt, hvor svært det er at få tingene til at fungere, selvom ressourcerne er til stede, og selvom den tilgængelige viden bliver sat i spil.

### **Genmodificerede afgrøder vinder indpas ...**

Mange tror, at GM afgrøder er mest udbredte i det moderne industrilandbrug, og at det

primært er her, teknologien vil få fodfæste de kommende år, men det er ikke helt rigtigt. Ud af de 14 millioner planteavlere, der dyrker genmodificerede afgrøder, kommer mere end 90 % netop fra små landbrug i fattige udviklingslande.

Selvom der stadig dyrkes flest GM afgrøder i USA, Brasilien og Argentina, er arealet med GM afgrøder i udviklingslandene – især bomuld, majs og soja – vokset enormt de senere år. Alene i Indien er 90 % af bomuldsproduktionen baseret på GM planter, der er gjort resistente mod ødelæggende insekter. Flere prognoser peger i retning af, at arealet med GM afgrøder også vil stige i årene fremover.

#### **Fordele:**

GM afgrøderne har i mange tilfælde vist sig at have store fordele sammenlignet med de lokale sorter, der tidligere har været anvendt. Bomuld er et af de mest slående eksempler på dette: I troperne sprøjtes bomuld meget



intensivt for at undgå angreb af skadelige insekter – primært forskellige sommerfuglelarver – der spiser blomsten på bomuldsplanten. Derfor er det normalt at sprøjte bomuldsplanten 10-15 gange i løbet af en dyrkningssæson. Det er kostbart og arbejdskrævende og da pesticiderne er giftige, ødelægger de jordbrugerens helbred.

### **Ulemper:**

Selvom GM bomulden i disse år går en sejrs-gang i mange udviklingslande, er der dog flere tegn på, at succesen også har en problematisk bagside. Der er flere eksempler på:

- at visse af de skadelige insekter bliver resistente.
- at fraværet af sprøjtning gør GM bomulden mere modtagelig over for andre skadedyr, som GM bomulden ikke er designet til at modstå.

Noget tyder desuden på, at økologisk produktion af bomuld kan præstere lige så høje

udbytter som GM bomulden. Og tilmed give planteavlere en bedre indtjening, da jordbrugerne kan afsætte afgrøden til merpris, fordi den netop er økologisk.

### **Hvad gør vi nu?**

Der er ingen tvivl om, at vi står over for en kæmpe udfordring med at skaffe mad nok i fremtiden. I 60'erne og 70'erne lykkedes det gennem den grønne revolution at få mangedoblet udbytterne i flere udviklingslande. Vi skal gentage den succes, men forskellen er:

- at vi ikke kan inddrage mere jord.
- ikke kan bruge mere vand – landbruget bruger allerede 90 % af det ferskvand, vi har til rådighed.
- vi kan kun i meget begrænset omfang udvikle nye produktive plantesorter.
- det begynder samtidig at være slut med nogle af næringsstofferne, navnlig fosfor.

Der er ikke enighed blandt eksperterne om, præcis hvilken vej vi skal gå. Der bliver sat-

set på alle heste: bioteknologi, traditionel forædling, mere økologiske og mere højteknologiske løsninger. Så der er ikke en universel løsning! De konventionelle principper, genmodificerede afgrøder og de økologiske principper har alle vist, at de under forskellige forhold kan bidrage væsentligt til at øge fødevarereproduktionen i en verden, der har mere brug for det end nogensinde.

### **Udviklingslandene har ikke kun brug for viden**

I mange udviklingslande er høstudbytterne lave, selvom vi godt ved, hvordan vi skal øge udbytterne på de ufrugtbare jorde. Men der er alle mulige forhold, som gør, at denne viden ikke bringes i spil:

- bønderne har ikke penge til at investere i deres landbrug, og selv hvis de har, er det ikke sikkert, de vælger at bruge dem i deres jordbrug.
- de har svært ved at konkurrere prismæssigt med lande, der giver tilskud til bøn-



derne. USA og Europa giver syv gange så mange penge i tilskud til deres egne bønder, som de *samlet* giver i udviklingsbistand. Og kun 2 % af udviklingsbistanden går til landbrugsudvikling. Tilskuddene holder prisen på europæiske og amerikanske landbrugsprodukter nede og gør det svært for ulandene at konkurrere.

- bønderne kan også have svært ved at konkurrere, når infrastrukturen er dårlig. Dårlige veje er dyre at transportere kunstgødningen ud til bønderne på, og tilsvarende er det dyrt at køre afgrøderne til markedet. Kunstgødning i Afrika koster tre gange så meget som i Asien, fordi markedet er mindre, og det er dyrt at få det fragtet.
- bønderne producerer så lidt, at det knapt kan betale sig at bringe det til markedet for at sælge det.
- nogle mister op til 25 % af udbytteerne under lagringen, fordi det bliver spist af dyr eller mugner.

Alle disse mange ting gør, at udviklingen går alt for langsomt. Der er desværre også mange lande, som ikke prioriterer deres landbrug i tilstrækkeligt omfang. De laver i stedet høje skatter på landbrugsprodukter, fastsætter toldbarrierer og bruger penge på militær eller dyr administration.

### **Landbrugsudvikling udrydder fattigdom**

Der bliver investeret langt mindre i landbrugsudvikling end andre industrisektorer, selvom det er påvist, at landbrugsudvikling er klart den mest effektive måde at udrydde fattigdom på. Der findes dog nogle lande, som har valgt at satse på landbruget i deres udviklingsplaner:



- I Kina har man indset vigtigheden af at kunne brødføde sin egen befolkning og fremadrettet skaffe mad nok til de mange mennesker. Her er der store tilskud til gødning og landbrugsudvikling, men konsekvenserne for miljøet er enorme. Gødningsforbruget er helt ude af kontrol, og de mange akvatiske miljøer er stærkt eutrofierede og trues af total ødelæggelse.
- Brasilien ser landbruget som en vej til økonomisk vækst. Landet er på 20 år blevet blandt verdens største eksportører af oksekød, svinekød, kylling, kaffe, sukker, majs, soja, tobak, yams, meloner, mango, appelsinjuice, cashewnødder og papaja. Det er sket gennem en intensiv opdyrkning af skov- og savanneområder. Selvom landet er stort, har den intensive opdyrkning haft enorme konsekvenser for naturen.
- Indonesien og Malaysia har satset stort på oliepalmer. Oliepalmer giver frø, hvorfra man udvinder olie, som bliver brugt i fødevarerindustrien i enorme mængder. I begge

lande har staten og private investorer satset stort på oliepalmer, og det har givet mange jobs og penge. Til gengæld bliver der hver dag ryddet regnskov for at gøre plads til oliepalmerne.

### **Hvad kan du gøre?**

Hvis det var nemt at lave mad nok i verden og fordele den blandt alle, havde vi løst problemet for mange år siden. Men det er ikke nogen undskyldning for ikke at prøve at gøre noget – det er en kamp, vi kommer til at kæmpe i mange år fremover.

Der er enda flere tegn på, at kampen vil blive mere intensiv end tidligere, fordi adgangen til frugtbar jord og gødning aftager. Den kan endda blive forstærket, hvis en stigende andel af den frugtbare jord bliver anvendt til produktion af sukker og stivelse til fremstilling af bioethanol frem for til produktion af fødevarer. Selv i fattige lande, hvor befolkningen sulter, er der eksempler på, at regeringer har tilladt produktion af

sukker til fremstilling af bioethanol. Hvis den tendens vinder indpas i udviklingslandene, vil det være ødelæggende for indsatsen for at skaffe mad til alle. Men hvad kan du gøre for at bidrage til at skaffe "Mad til Milliarder":

### **Du kan:**

- rette opmærksomheden på dit forbrug – spis mindre kød, forbrug mindre og genanvend mere.
- fokusere på at bruge lokalt producerede produkter eller køb produkter som støtter bæredygtig landbrugsudvikling, for eksempel Fair Trade.
- støtte dem, der arbejder for at udfase landbrugsstøtten og fjerne handelsbarriererne mellem det fattige syd og det rige nord. Det er der et bredt flertal for i Folketinget, men stor modstand mod i både EU og blandt nogle af landbrugets interesseorganisationer.
- støtte arbejdet med at forbedre vilkårene for landbrugsudvikling og transport

i udviklingslandene. Infrastrukturen i det fattige Syd er en af de vigtigste hindringer for udvikling. Danmark giver mere i udviklingsbistand end mange andre, men bistanden er under politisk pres, og landbruget bliver nedprioriteret til fordel for bl.a. demokrati, frihed og markedsøkonomi. Du kan selv vælge at støtte gennem en af de mange NGO'er, som arbejder med landbrugsudvikling.

- melde dig ind i en forening eller interesseorganisation, som arbejder for at sikre mad nok til alle – på bæredygtig vis. Der er nok at vælge imellem – både med fokus på Danmark (miljø- og landbrugsorganisationer) og på udviklingslandene (ADDA, CARE, MS, IBIS etc.).
- investere i landbrug i udviklingslande igennem en af de mange mikrokredit formidlere du kan finde på nettet (KIVA, MyC4).
- tilegne dig mere viden om global fødevarerforsyning  
– FAO har en god portal at starte på.

**Viden er vejen frem. Kloge hjerner med stor viden om bæredygtighed, naturressourcer, planter og produktion er efterspurgt nu og i fremtiden. Overvej om det kunne være en karrierevej for dig ...**

## CASES

### MØD FIRE JORDBRUGERE





## En konventionel dansk planteproducent – Nick de Neergaard

Nick de Neergaard har drevet ejendommen Førslev Gods ved Fuglebjerg siden 1980. Godset har været i familien de Neergaards eje i over 200 år, og Nick er ottende generation på godset. Han driver i dag et stort konventionelt planteavlsbrug.

I 1980 var der på Førslev Gods 260 køer og ca. 600 ha landbrug og 300 ha skov. I dag er godset på omkring 1.100 ha. Nick driver ca. 900 ha landbrug og 280 ha skov, og så har godset desuden specialiseret sig i pasningsaftaler af andre gårde. Nick har omkring seks ansat: fire traktorførere, en driftsleder, en deltidssekretær, 1/8 del skovfoged, 1/2 godsejer (ham selv).

Førslev Gods er i dag udelukkende et planteavlsbrug. Den animalske produktion på godset stoppede i 90'erne, da det ikke

længere kunne betale sig at drive kvægbrug.

### Afgrøder og arbejdsopgaver

Godset dyrker hovedsagelig hvede og byg, men også en del sukkerroer, da de i dag giver en rigtig god omsætning pr. ha (20.000 kr. pr. ha, hvor korn giver omkring 10.000 kr. pr. ha).

”Verdensmarkedsprisen på sukker er høj i dag, blandt andet fordi sukker bliver brugt til fremstilling af bioethanol,” fortæller Nick de Neergaard.

Desuden dyrker han raps til olie og ærter til konserver: ”Det er begge afgrøder, som er gode og værdifulde i sædskiftet, dog giver de ikke et vanvittigt højt økonomisk afkast. De fungerer godt beskæftigelsesmæssigt i forhold til, hvordan vi er skruet sammen i driften. For en drift som vores er det vigtigt for de ansatte, at der ikke er for travlt på en tid af året og for lidt at lave på andre tidspunkter. Derfor er det godt at have forskellige afgrøder, der ikke alle skal høstes på



samme tidspunkt, men som giver en mere jævn arbejdsfordeling over sæsonen.”

Ved siden af godsets kornproduktion renser og tørrer Nick økologisk korn i en kæmpe tørrehal for et firma med speciale i økologiske produkter.

Ud over landbrugsdriften driver han skov på 280 ha og har en del huse, som godset lejer ud. Fra skovene producerer godset kløvet brænde i storsække. Egentlig kunne der også sælges bøgetræ til møbelfremstilling, men prisen er for dårlig til, at det kan svare sig.

### **Tilførsel af gødning til markerne**

Al Nicks jord bliver gødet dels med kunstgødning, dels med husdyrgødning. Der er på godset stadig nogle store gyllebeholdere fra tiden, hvor der var husdyr. Derfor kan Nick modtage store mængder afgasset gylle fra et lokalt gyllebaseret biogasanlæg og gylle fra de lokale landmænd, som han har indgået langsigtede gylleaftaler med. Derudover

modtager han slam fra Novozymes, et restprodukt fra deres enzymproduktion, som er fuld af kvælstof og kalk:

”Vi bruger slet ikke jordbrugskalk længe, efter at vi har fået restproduktet ind ad døren – det er alle tiders. Og de har fuldstændig styr på indhold. Vi har samme dokumentationsiver som Novo,” siger Nick de Neergaard og tilføjer: ”Derfor er jeg også ufattelig irriteret over den debat, der kører i samfundet om, at landbruget ikke har styr på noget. Det virker dybt mærkeligt. Vi har ligesom Novo styr på alt, hvad vi foretager os!”

### **Brug af gødning på godset**

Når godset spreder gylle på sine marker, bliver det nedfældet eller lagt ud med slanger. Når vårafgrøder, roer og byg bliver kunstgødet, foregår det med flydende kvælstof:

”Når vi nedfælder gødningen, sparer vi en enorm masse kvælstof ved at placere det lige der, hvor det skal være og bruges af

planten. I vores planteavlbrug er der ingen ressourcer, der må gå til spilde, det er der dårlig økonomi i.”

### **Jordbruget har trange kår**

Nick er utilfreds med de rammebetingelser jordbruget i Danmark får at arbejde under. Han kan ikke lave kvalitets-kornprodukter, fordi han ikke får lov til at gøde tilstrækkeligt til, at kornet får en kvalitet, der kan bruges til andet end svinefoder.

”Vi kan ikke gøde kornet nok til at opnå høj kornkvalitet til brød, i stedet må vi importere brødkorn fra udlandet, hvor rammebetingelserne er gunstigere. For sådan en jord som min – solid kalkrig lerjord – er det fuldstændig tåbeligt at begrænse kvælstoftilførslen. Jeg kan forstå et loft ovre i Vestjylland på de sandede jorde, men vores område har tidligere været centrum for kvalitetskorn, og jeg ville ønske, det kunne blive det igen,” fastslår Nick.



”De danske rammebetingelser er 1.000 kr. dårligere end de tyske landmænds pr. ha, det gør det simpelthen svært at være dansk konkurrencedygtig landmand!”

### **Ukrudt, skadedyr og svampe**

Ifølge Nick sprøjter de danske landmænd ganske lidt i forhold til andre europæiske lande. Men godset vil selvfølgelig skadevolderne til livs:

”Hvis vi sprøjter regelmæssigt, holder vi hele tiden ukrudt, skadedyr og svampe nede på et minimum. Dermed bruger vi minimale mængder sprøjtemidler til at bekæmpe med, og det er der god økonomisk fornuft i,” forklarer han.

### **Godset og naturen**

Nick er nødt til at passe på herlighedsværdierne på sin store ejendom, ellers mister den værdi. Så han bevarer hegn og planter re-miser, som giver godset store jagtindtægter.

”Vi har lavet en masse tiltag for vildtet

ved at etablere vildtagre og bufferzoner langs hegn, og det betyder, at vi har massevis af harer, agerhøns, fasaner og rådyr.”

Førslev Gods rummer mange forskellige naturtyper, og dem har Nick øje for. Han mener sagtens, at landskabet kan rumme både natur og produktion:

”Godset ligger på højbundslande, der virkelig egner sig til at blive dyrket. Andre lavbundslande egner sig måske knapt så godt, de burde måske tages ud af drift. Men det vil samfundet ikke betale for. Naturfreaks, som folk fra Danmarks Naturfredningsforening, vil bare have natur nu! Men det er til underholdning, og det har samfundet ikke råd til. Det er et synspunkt, der er urealistisk og usundt,” mener Nick de Neergaard og tilføjer: ”Her på godset laver vi tingene på en fornuftigt og ordentlig måde. Der hvor jorden kan, skal den dyrkes optimalt, hvor det ikke er muligt, der kan man tage den ud af drift.”



### **Den økologiske produktion er ressourcekrævende**

Nick ved, at forbrugeren kan lide garantier for fødevarerprodukter. Når det er økologisk, er der ifølge Nick en slags usagt enighed om, at produktet er behandlet godt og ordentlig. Og det kan forbrugeren godt lide. Men Nick mener, at der bliver brugt for mange ressourcer i det økologiske jordbrug i forhold til outputtet:

”Det må være vigtigt at kunne producere en tønde hvede, der er både ren og fin, med forholdsvis få ressourcer. Vi må rense det økologiske korn mange gange og tørre det længe, og selv da ser det ikke altid pænt og ordentligt ud. Det er da ikke en optimal udnyttelse af ressourcerne.”

### **Glæden ved produktet**

Nick drives af den håndværksmæssige glæde ved at lave gode produkter og det at drive en virksomhed, der ser godt ud.

”At kunne stå inde for sine produkter og sin virksomhed, vide at der er styr på det, og at produkterne er i orden – det er glæde for mig!”

Nick de Neergaard lever ikke af godset. Han er halvtidsansat godsejer og lever af hvern og andre indtægter fra for eksempel sin vindmølleinvestering. Jordbruget er ifølge Nick ikke nogen god forretning under danske himmelstrøg. Rammerne for jordbruget i Danmark skal ændres, hvis hans optimisme skal vende tilbage og nære drømmen om at give godset videre til næste generation.



### **En konventionel bonde i Uganda – Jimmy Olupot**

Jimmy Olupot driver i dag et blandet jordbrug på omkring 120 hektar. Han bor i udkanten af den lille landsby Kandengerwa Village i Palisa-distriktet, Uganda.

Jimmy bor sammen med sin kone og sine tre ansatte på gården. Hans syv sønner og to døtre bor hos dem i ferierne og i perioder, hvor de mangler arbejde. Han er en dygtig landmand og driver et velfungerende jordbrug, hvor han primært dyrker grønsager og har en hel del husdyr.

### **Organisering af marker og afgrødevalg**

Jimmys familie bor lige i kanten af landsbyen. Det betyder, at de har marker, der er relativt



tæt på deres hus, men de har også nogle, der ligger et godt stykke væk. Markerne omkring landsbyen er organiseret på nogenlunde samme måde, som de var i Danmark i 1800-tallet, hvor man havde ind- og udmarker.

”Vi har tolv forskellige stykker jord, som vi dyrker, og så har vi tilmed noget jord, som ikke er vores, men som vi tager os af for nogle naboer. Vi dyrker hovedsagelig cassava (en rodfrugt), peanuts, majs og bønner, og så har vi en hel del bananpalmer, appelsin- og mangotræer.”

De afgrøder, som han høster, bliver fragtet ind til det lokale marked og solgt. En del af høstudbyttet bliver brugt i familiens egen husholdning.

Det meste af transporten foregår til fods. Selvom der er et godt stykke ud til de yderstliggende marker, ja så bliver afgrøderne båret hjem til huset eller transporteret med oksekærre.

### **Husdyr og gødning til afgrøderne**

Jimmys familie har både kvæg og geder, desuden har de en masse fjerkræ, såsom kalkuner, høns og ænder. Han tjener penge på mælk fra køerne og gederne, æg fra hønsene og salg af kalve og kid. De skaffer foder til dyrene ved at bruge et såkaldt cut-and-carry-system. Det betyder, at græs og smågrene, som gives til dyrene, bliver høstet ved håndkraft i nogle nærliggende vådområder. På arealerne høster alle i landsbyen foder til deres kvæg, og derefter bærer man det hjem til folden.

”Desuden har vi arealer kun til græsning, hvor dyrene er lukket inde bag levende hegn af *Euphobia*,” forklarer Jimmy.

Kvæget og gederne producerer gødning, som bliver spredt på de grønsagsmarker, der ligger tættest på huset. Men husdyrgødningen udgør ikke hele næringsstofforsyningen:

”Vi køber noget kunstgødning nede i en større landsby, der ligger omkring 20 km herfra. Landbrugskonsulenten, der besøger

mig en gang imellem, giver mig en masse råd om gødningen, men han ved i virkeligheden ikke pokkers meget, ikke mere end jeg gør – så jeg lytter mest til mig selv ...”

### **Vand og klimaændringer**

Jimmy har gravet sin egen brønd tæt på sit hus, som giver ham vand til husholdningen og husdyrene.

Nogle af frugttræerne og grønsagerne bliver også vandet med vand fra brønden. Resten af afgrøderne klarer sig med det nedbør, der falder igennem sæsonen. I Uganda er der én kort og én lang regntid. Men tingene er begyndt at ændre sig. Det betyder, at den korte regntid giver endnu mindre vand, end den plejer at gøre.

”Vi mærker klimaforandringerne i vores hverdag nu. Mængderne og perioderne, hvor regnen falder, er anderledes end tidligere, derfor bliver vi nødt til at ændre afgrødevalg, og vi må plante på andre tidspunkter, end vi har gjort tidligere. Det er blevet sværere for

os at dyrke jorden de seneste par år, og tørken er et stort problem.”

### **Skadedyr, ukrudt og bekæmpelse**

Jimmy og hans ansatte bakser med masser af skadedyr på grønsagerne. Det er f.eks. helt håbløst at dyrke tomater, og han er bekymret for en potentielt kommende banansygdom:

”Sygdommen angriber bananblomsten og ødelægger fuldstændig bananhøsten. Heldigvis er den ikke hos os endnu, men jeg har hørt, at den ikke er langt herfra.”

Jimmy er ikke tryk ved den hjælp, der er at hente. Han synes ikke, at landbrugsrådgiveren har tilstrækkelig viden og indsigt. I hvert fald virker det ikke altid, det han foreslår. Og ham, der sælger sprøjtemidlerne nede i landsbyen, får provision for sine salg, så han er heller ikke helt til at regne med.

Jimmy sprøjter derfor imod svampe og skadedyr rutinemæssigt, som det nu hører sig til i et moderne landbrug.

Og så er der ukrudtet. Heldigvis er det ikke

et problem i banan-, mango- og appelsinplantagerne, for der er afgrøderne så store, at ukrudtet ikke kan konkurrere. Men man finder det i rigelige mængder i korn og grønsagsmarkerne, som må luges i hånden.

### **Drømmen om et større landbrug**

Jimmy kunne godt tænke sig mere jord til opdyrkning. Det er frustrerende for ham at se på sine naboer, der ikke er nær så dygtige som ham og derfor ikke får et ordentligt udbytte. Men det er ikke let at gøre noget ved:

”Det er svært at få fat i mere jord. Vi ejer jo ikke jorden her, det gør landsbyhøvdingen. Jeg kan hverken købe eller sælge jorden, det burde der laves om på, fordi så meget jord heromkring ikke bliver udnyttet særlig godt!”

Som beboer i landsbyen har man kun brugerrettigheder til jorden, og det kan man have haft i generationer. Efterhånden kan man gifte sig til at få mere jord, eller også kan man forsøge at indgå aftaler om at drive jord i fællesskab, såkaldt shared-cropping.

Jimmy har lavet en aftale med den nærmeste nabo om, at han kan dyrke naboens marker:

”Min nabo har hverken råd til frø, stiklinger eller gødning. Faktisk har han knapt råd til mad, så han kom tit her og tiggede lidt bønner. Jeg har derfor aftalt med ham, at jeg dyrker jorden for ham, og så deler vi udbyttet.”

Jimmy vil også meget gerne intensivere sin produktion, men han mangler kapital. Det er nærmest umuligt for ham at låne penge, og renterne er høje – mindst 25 % om året.

”Jeg kan ikke lave et økonomisk overskud, før jeg kan få råd til gødning og til at ansætte flere folk på gården. Så jeg synes det er svært for mig at øge min produktion.”

### **Mangel på pålidelig arbejdskraft**

Jimmys børn har fulgt hele grundskoleforløbet, og det er væsentlig længere tid end mange andre af landsbyens børn. De er nu flyttet hjemmefra, så der er ikke så megen



hjælp at hente til marken i hans egen familie, og benzindrevne maskiner har han ingen af. Alt arbejde er manuelt, og både plov og høstmaskinen bliver trukket af okser. Faktisk er det et problem for Jimmy at finde folk, der kan arbejde i marken for ham:

”For det første skal de ansatte have penge kontant, hvis det ikke er familiemedlemmer, og for det andet arbejder folk udefra ikke hårdt nok. Mine egne børn gider ikke være landmænd. De siger, det er for hårdt, og at man ikke tjener penge på det. De er flyttet til byen, men der tjener de nu faktisk heller ingen penge.”

Jimmy er af den overbevisning, at pålidelige folk er nogen, der har været tæt knyttet til familien i lang tid eller er familie. Derfor er det ret begrænset, hvem han kan trække på og dermed svært for ham at udvide produktionen pga. manglende arbejdskraft. Trods de svære kår en afrikansk jordbruger har, trives Jimmy og hans familie i Kadengerwa Village.



## En økologisk grønsagsproducent i Danmark

– Carsten Søgaard

Carsten Søgaard driver et 24 hektar stort landbrug på Grønholtgård på Glænø. Det er et økologisk planteavlsbrug med et mindre antal husdyr.

Grønholtgård er en mindre ejendom på 24 hektar, som passer fint med Carstens ide om at kunne leve af en lille gård. Dog har han i de seneste år forpagtet en del jord, så han i dag driver 70 hektar landbrugsjord. Han har



to medhjælpere ansat på fuld tid og indhenter ekstra hjælp i højsæsonen.

”Det med, at de enkelte landbrug skal blive større, fordi vi skal rationalisere og effektivisere, er skidt for samfundet. Der var engang 200 mand ansat på et 600 ha stort jordbrug, i dag er der 1,5 mand ansat. Jeg synes, det er sørgeligt, at man fyrer folk og i stedet køber kæmpe mejetærskere. Som et af verdens rigeste samfund bør vi selv bestemme udviklingen, og den kunne jeg godt ønske var en anden.”

Carsten har tidligere haft en ammekvægsbesætning, hvor han kunne lave lidt kød. Men

det tjente han ikke mange penge på. Egentlig var den største gevinst, at det var hyggeligt at have dyrene, og at det gav en god kontakt til lokalsamfundet, når kødet skulle sælges.

## Brugen af gødning og tilførsel af næringsstoffer

I det danske økologiske jordbrug arbejder man på at udfase brugen af konventionelt husdyrgødning helt. Carstens primære gødningskilde kommer fra det kløver, som han planter i marken. Kløveren fikserer kvælstof fra luften og bidrager dermed til kvælstoftilførslen. Dog får han i dag husdyrgødning fra en konventionel landmand i nærheden. Men det kommer til at stoppe:

”Næringsstofferne kommer jo ikke fra kogødningen, den indeholder jo kun de næringsstoffer, som køerne allerede har taget fra marken med deres afgræsning. Ved at øge andelen af arealer med kløver, kan jeg dække mit behov for tilførsel af kvælstof til mit produktionssystem.”

Carstens ejendom ligger på gode lerjorde, og dem mener Carsten ikke, det er nødvendigt at tilføje kalium. Og han kommer ikke til at mangle fosfor de næste mange år, da fosfor igennem de sidste årtier er tilført de danske landbrugsjorde i så stor stil, at mange dyrkede jorde i dag rummer en ganske stor pulje af fosfor.

”Jeg er sikker på, at jeg på sigt kan lave et planteavlbrug uden brug af næringsstoffer, der kommer udefra.”

”Min vårbyg er godt nok lidt lys, den kunne godt være lidt grønnere, hvis jeg tilfører mere kvælstof. Men lidt underskud af kvælstof betyder et lavere skadedyrstryk og færre svampeangreb. Jeg skal dog finde en balance med tilførslen af kvælstof, for jeg skal også tjene penge på høstudbyttet.”

(Jo grønnere byggen er, jo bedre er dens trivsel, og jo mere sandsynligt er det også, at planten danner mange frø. Frøene er ”kornet”, vi høster og bruger som foder eller føde til mennesker).

### **Afgrødevalg på markerne**

Carsten har hvede og byg på sine marker, grønsager og så dyrker han purløg, kløver og engrapgræs til frøavl.

De seneste par år er prisen på korn faldet, så nu har han en større andel af grønsager som for eksempel rødkål, hvidkål, sukermajs og squash. Og han har også fået kalve til opfedning. Grønsagsdyrkingen giver en stor omsætning, han får en god pris for afgrøderne bl.a. ved at sælge til Coop.

”Fidusen ved at have en del forskellige afgrøder er, at mit jordbrug bliver fleksibelt. Bonden, der kun har korn, er meget mere på spanden, end jeg er, når prisen på en bestemt afgrøde falder,” konstaterer Carsten.

### **Rotation af afgrøder**

Carsten har et økologisk sædskifte, hvor han skifter afgrøder på sine marker:

”Man kan godt have f.eks. majs efter majs, men jeg prøver at skifte for at få styr på ukrudtet og for at få næringsstoffer til

marken ved at dyrke kløver i mellemliggende år. Der skal gå 5-7 år mellem kål-afgrøder, fordi der ellers kommer besværlige sædskiftesygdomme til.”

Carsten har flest grønsager tæt på sin ejendom, fordi det transportmæssigt er nemmest. Lidt længere væk fra gården er der mere korn i sædskiftet. Faktisk er afgrøderne placeret lidt som i gamle dage med et udmarkssædskifte og indmarks-sædskifte.

### **Sygdomme og ukrudt ...**

Det enårige ukrudt kan Carsten kontrollere nogenlunde ved sædskifte. Han bruger en ukrudtsstrigle, som er økologens nødløsning i forhold til sprøjten. Med striglen kan der køres på marken, inden der sås, og efter kornet er spiret. Derudover renses grønsagerne med en radrenser og håndhakkes.

Carsten bakser en del med flerårigt rodukudt som Almindelig Kvik og Ager-Tidsel. For at bekæmpe Ager-Tidsel, sår han rød-kløver i to år på marker med meget tidsel.



Kløveren bliver slået flere gange hvert år, og når tidsler har været udsat for slåning i en længere periode, bliver de udpint. Derefter kan Carsten så korn, der så ikke skal konkurrere om næringsstofferne og pladsen med tidslerne.

### ... og skadedyr

I Carstens økologiske jordbrug er der et forholdsvist højt skadedyrstryk:

”Kål er meget sund, og derfor er den eftertragtet hos rigtig mange skadedyr – kålsommerfugl, trips og kålfluer. Jeg har overvejet at lægge net og fiberdug over mine grønsager, men det ser ikke kønt ud, og så er det også besværligt.”

Der er snudebiller, der æder frøene i Carstens hvidkløverblomster i så stort omfang, at han nogle steder høster 50 % mindre end på en konventionel kløvermark. Kampen om frøene prøver han at vinde ved at ændre afgrøden, altså bruge sædskifte, hvor han drøpper hvidkløver for

en tid og i stedet sår rødkløver. Det kan hvidkløver-snudebillerne ikke lide, og så forsvinder den. Dog er der en anden art snudebille, som så rykker ind og gnasker løs i rødkløveren.

### Jordbrugers møde med naturen

Carsten kunne ikke drømme om at vælte de levende hegn eller fylde de vandhuller, der ligger på hans ejendom, for at bruge arealet til drift.

”På Glænø danner små-skovene, hegnene og vandhullerne en stor naturværdi – det er dejligt, og jeg sætter pris på det.” Og Carsten tilføjer: ”På øen er der tilmed mange harer og rådyr. Rådyrene kan rigtig godt lide mine ”beskidte” marker med meget ukrudt, bedre end den konventionelle mark. Dog ærgres det mig noget, når de tramper mine afgrøder helt ned!”

I Carstens kålmarker ruger viben og strandskaden. Selv om det måske tager tid, så glæder han sig over lige at løfte harven for at undgå at ødelægge reder og æg.

”Men jeg skal jo altså også rense mine marker for ukrudt, ellers får jeg ikke en masse kål at høste senere på året, som jeg jo skal tjene mine penge på.”

### Dyrk og spis lokale afgrøder

Det konventionelle jordbrug importerer i stor grad fosfor og kaliumgødning fra den 3. verden. Men vi mangler det ikke herhjemme i Danmark:

”Hvis vi skal gøre noget for verdens befolkning og for verdens fødevarerforsyning, skal vi give den begrænsede næringspulje til dem i den 3. verden,” mener Carsten.

Ifølge ham har det aldrig været en målsætning for Danmark at skulle dyrke fødevarer til den 3. verden. Vi importerer i dag i stor stil GMO-soja fra Kina og Sydamerika for at fodre danske svin, man derefter sejler til Japan.

”Transport af næringsstoffer og fødevarer på globalt plan må høre op. Vi kan sagtens brødføde os selv i Danmark gennem økolo-

gisk produktion. Ejendomme, der kun dyrker korn, producerer 10 tons korn pr. hektar, som bruges til svinefoder. Jeg producerer 50 tons hvidkål pr. hektar. Det kan rigtig mange mennesker leve af.”

Carsten vil dyrke sunde fødevarer og har aldrig været i tvivl om, at det er bedre for naturen at drive et økologisk landbrug.

”Økologisk produktion er den rigtige vej at gå nu og i fremtiden.”





### **En økologisk jordbruger i Brasilien – Luiz Fernando Braz da Silva**

Luiz Fernando Braz da Silva bor ved Itapolis i staten Sao Paulo i Brasilien. Han driver et økologisk jordbrug på ca. 10 hektar sammen med sin kone og to deltidsansatte familiemedlemmer.



Luiz dyrker hovedsagelig grønsager og frugt. Han har en del hektar, som er dækket af appelsin- og limetræer med enkelte mango-træer hist og her. På nogle marker med unge citrus-træer dyrker han rækker af cassava og ærter nedenunder – et system med flere afgrøder på samme mark, såkaldt sam-dyrkning. Derudover dyrker han tomater, agurker, majs og ris i et sædskifte. Han har også et par geder og 45 høns, som er til familiens eget forbrug.

### Tilførsel af næringsstoffer til marken

Luiz gøder primært sine marker med hønsemøg, som han får fra en lokal ægproducent, der bor 50 km fra gården. Vejene i området er gode, så gødningen kan let transporteres ud til Luiz med lastbil:

”Når hønsemøget ankommer til min gård, blander jeg det med grøngødning og komposterer hele molevitten. Jeg har ikke nogen beholdere til komposten, så det ligger bare på den nøgne jord. Nogle gange overdækker jeg den med plastik for at undgå, at komposten udsættes for regn og sol, der udvasker og får de vigtige næringsstoffer til at fordampe, som komposten skal indeholde for at give mine afgrøder næring.”

Luiz bruger også en anden form for organisk gødning i sine grønsagsmarker, som kaldes Bokashi. Bokashi er en blanding af risiklid, husdyrmøg, molasse og vand, som er gæret og derefter tørret.

Komposten med hønsemøg bringer han ud på marken på en lille traktor, inden han

sår. Luiz supplerer løbende afgrøderne med bokashi i løbet af vækstsæsonen. Begge gødninger indeholder kvælstof, fosfor og nogen kalk. Det er helt nødvendige næringsstoffer på Luiz’ jorde, fordi de har lavt pH og er fattige på kalk og fosfor, såkaldte oxisol.

### Økologi er et slid

Det er et slid at være økologisk landmand i Brasilien. Der er insektpleger året rundt, da der ikke som f.eks. i Danmark er en kold vinter, som ofte får has på mange skadedyr. Så Luiz må kæmpe mod et evigt højt skadedyrstryk. Ud over at bruge sædskifter til at bryde livscyklus hos svampe og skadedyr, bruger han en bred vifte af tilladte plantebeskyttelsesmidler:

”Jeg laver mine egne sprøjtemidler. Noget der er godt, til at holde skadedyr som for eksempel mider væk med, er en mikstur af chili, sæbe og hvidløg. Det sprøjter jeg på mine grønsager, som er de afgrøder, der giver det bedste afkast. Jeg sprøjter også med

en olie, som er udvundet fra Neem-træets frø – oliens lugt holder skadedyr væk fra mine frugttræer.”

Luiz sprøjter sin frugt med kobbersulfat og svovl, som er tilladt i den økologiske produktion i Sydamerika samt i store dele af Sydeuropa. Derudover bruger han *Beauveria bassiana* – et biologisk bekæmpelsesmiddel, som kan bekæmpe skadedyr som for eksempel termitter, citrus white fly og andre insekter.

### Dyrkning både på friland og i drivhus

Størstedelen af Luiz’ produktion foregår i det fri. Men han har også et enkelt stort drivhus, hvor han blandt andet kan dyrke tomater. Her bruger han bier til bestøvning af tomater. Det, at dyrke afgrøder i drivhuse, giver ham mulighed for at kontrollere bestøvning, skadedyr og vandhusholdningen bedre.

”I drivhuset bruger jeg høslettet fra Bunke (en græsart, *Brachiaria decumbens*), som gror under mine citrusstræer. Det holder

ukrudtet nede og nedsætter fordampningen, og hvis jeg ikke har `hø` nok, supplerer jeg med plastik. Når høet er brugt i drivhusene, genanvender jeg det på marken.”

### **Salg af de økologiske afgrøder**

Luiz får en god pris for sine økologiske varer, en bedre pris end for de konventionelle produkter. Han sælger sine grønsager til en mellemmand, som så sælger produkterne videre til en stor supermarkedskæde i Sao Paolo. Appelsinerne bliver forarbejdet af en mindre andelsforening, og i Itapolis bliver de lavet til juice, som så sendes til Europa og solgt som økologisk fairtrade juice.

Det økologiske marked er mere sikkert, fordi bonden får en merpris for sine varer, og arbejdskraften stadig er billig. I de fleste tilfælde er det kun familien, der er ”ansat”, og de skal jo ikke på samme måde have løn, som en der kommer udefra. For Luiz er der god økonomi i økologi.

### **Økologien giver bedre arbejdsforhold**

For Luiz er det helt afgørende, at økonomien hænger sammen, men det er også vigtigt, at han og de ansatte oplever den økologiske produktionsmetode som mere skånsom: ”Arbejds miljøet er meget bedre i den økologiske produktion, og mine ansatte har et bedre helbred, end de havde, da vi dyrkede konventionelt. Vi får ikke længere hovedpine af arbejdet i marken.” fortæller han.

Økologiske jordbrug, som Luiz’ er ofte små øer i et kæmpe konventionelt produktionslandskab, hvor der primært dyrkes sukkerrør og appelsiner. Der er mange problemer med afdrift af pesticider fra de omgivende konventionelle marker ind over Luiz’ ejendom. Det er så slemt, at han skal opstille læhegn, ellers risikerer han at miste sin status som økologisk landmand.



## **Økonomi og viden i brasilianske øko-landbrug**

Viden omkring driften af et økologisk landbrug er langsomt under opbygning. Der sker en stor videndeling ved, at jordbrugerne mødes til workshops hos andelsforeningen inde i byen. Foreningen er via støtte fra staten i stand til at invitere eksperter inden for økologisk jordbrugsproduktion. Desuden har andelsforeningen ansatte, som kan yde rådgivning til landmændene.

Luiz' største problem er at sikre sig adgang til markedet og få rettidige betalinger for sine produkter. Fordi hans økonomi er så lille, kan forsinkede betalinger medføre store økonomiske problemer.

Han mener, at det økologiske ideal er fremtiden for hans landbrug. Men en fremtid med mere økologisk dyrkning vil kræve mere støtte fra staten, især på viden, da der er mange ting, der stadig er svære omkring det at drive et økologisk jordbrug i Brasilien.

# BLIV EKSPERT I BÆREDYGTIGHED



## **Naturressourcer** (Bacheloruddannelse)

Verdens befolkning vokser med eksplosiv hast. Derfor går vi på global rovdrift i naturen og bygger byer, fælder skove og etablerer jordbrug. Et af de vigtigste spørgsmål er, hvordan vi får det ud af naturen, som vi har brug for, uden samtidig at ødelægge den for eftertiden. Det er det, naturressourceeksperter arbejder med.

### **Hvorfor skal du studere naturressourcer?**

Naturressourcer er en uddannelse i krydsfeltet mellem naturvidenskab og samfundsvidenskab med fokus på, hvordan vi bedst arbejder med og i naturen. Du kan f.eks. arbejde med natur, miljø, planter, økologi, økonomi og bæredygtighed. Og du har mulighed for at specialisere dig ud fra personlige interesser.

*"Det er virkelig fedt, at al den viden og undervisning, vi får, er helt up to date, og du kan mærke et kæmpe stort engagement blandt alle undervisere og forskere."*

Martin Eriksen, *studerende*

Læs mere på <http://studier.ku.dk/bachelor/naturressourcer/>

Se film med naturressource-studerende på  
<http://studier.ku.dk/bachelor/naturressourcer/film/>

## Agricultural Development

(Kandidatuddannelse)

Som kandidat i Agricultural Development har du viden og kompetencer inden for arbejdet med udvikling af skov- og jordbrug og fødevarer i ulande. Du har blandt andet indsigt i, hvordan en forbedret forarbejdning af fødevarerne kan skabe bedre indtjening til lokalsamfundet.

### Hvorfor skal du studere Agricultural Development?

Uddannelsen giver et bredt overblik over udnyttelsen af naturressourcer på en bæredygtig måde. Den kombinerer naturvidenskab med en bredere samfundsfaglig forståelse af udviklingsrammerne. Gennem uddannelsen får du en videnskabelig og praktisk viden om landbrugsudvikling, både hvad angår produktion, fødevarerforarbejdning og -kvalitet samt økonomi.

Agricultural Development-uddannelsen tiltrækker studerende fra hele verden. Så det internationale fokus begynder allerede den første dag i København, og du vil igennem studiet få et stort internationalt netværk.

*"Jeg kan godt lide at arbejde med mennesker og anvende min viden i praksis. Derfor tager jeg til Mexico på feltarbejde for at hjælpe med at bevare og udvikle landbrugsområderne i et lille Maya-samfund."*

Bogdan Turcano, studerende

Læs mere på <http://studier.ku.dk/kandidat/naturressourcer-og-udvikling/>







## Agriculture

(Kandidatuddannelse)

Verdens befolkning vokser hastigt, og de mange nye munde skal mættes. Der er dog begrænset adgang til vand, næringsstoffer og egnede arealer til fødevarerproduktion. Samtidig skaber voksende byer behov for grønne livsmiljøer og planter, som kan skabe trivsel, sundhed og rekreation. Som kandidat i Agriculture er du specialist i bæredygtig produktion og anvendelse af planter til fødevarer, foder, fibre, energi, rekreation og sundhed.

### Hvorfor skal du studere Agriculture?

Kandidatuddannelsen i Agriculture gør dig i stand til at identificere, beskrive og analysere problemstillinger forbundet med bæredygtig brug af naturressourcer. Du bruger din naturvidenskabelige ekspertise til at finde løsninger på komplekse problemer omkring bæredygtig produktion af planter til fødevarer, foder, energi og grønne livsmiljøer.

*"Den store valgfrihed er noget af det bedste ved min uddannelse.  
Den giver større motivation i det daglige."*

Sally Nordlund Andersen, *studerende*

Læs mere på <http://studier.ku.dk/kandidat/agronomi/>

# SCIENCE.KU.DK

– hvis du vil vide mere om os

SCIENCE - Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet er landets største naturvidenskabelige forsknings- og uddannelsesinstitution. Vores mission er at skabe, udvikle og anvende naturvidenskabelig viden på højeste niveau til gavn for offentlige myndigheder, erhvervsliv og samfundet som helhed.



---

DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET