

## 9

---

### *En hållbar och tillräcklig matproduktion*

I april 2005 gav *World Food Programme* och den kinesiska regeringen tillsammans tillkänna att hjälpsändningarna med livsmedel till Kina skulle upphöra vid slutet av året. För ett land där hundratals miljoner människor gick kroniskt hungriga för en generation sedan, var detta en stor prestation, en milstolpe. Kinas framgång med att nästan helt utrota hungern beror på att man genomgående minskat fattigdomen och detta hör i sin tur samman med att landet expanderat sin ekonomi åttafaldigt sedan de ekonomiska reformerna år 1978 och med att spannmålsskördarna gått upp med 50 procent mellan åren 1977 och 1986. (1)

Medan hungern varit på väg att försvinna i Kina, har den spridit sig i Afrika söder om Sahara och på delar av den indiska subkontinenten. En av följderna är därför att antalet människor som hungrar har ökat från historiens lägsta nivå för inte så länge sedan, nämligen 820 miljoner år 2000, till 852 miljoner år 2002. (2)

En förklaring till att världens spannmålsskördar tredubblats sedan år 1950 är den snabba övergången i utvecklingsländerna till hybridmajs från USA och vete- och rissorter med hög avkastning, vilka utvecklats i Japan. Utbredningen av dessa högst produktiva utsäden, i kombination med en tredubbling av den bevattnade arealen och en niodubbling av världens konstgödselanvändning, har tredubblat världens spannmålsskörd. Ökad bevattning och användning av konstgödsel har på det stora hela undanröjt de begränsningar i avkastning som

berott på brister i jordens fuktighet och näringsinnehåll i stora delar av världen. (3)

Men nu står världens jordbrukare inför en enorm ytterligare efterfrågan på jordbruksprodukter, nämligen inte bara från de 70 miljoner ytterligare människor som beräknas tillkomma per år, utan också från ungefär 5 miljarder människor som vill öka andelen köttprodukter i sin konsumtion, och dessutom från de potentiellt miljontals bilister som går över till biobränslen producerade av jordbruket för att ersätta en allt mera knapp tillgång på bensin och diesel. Och när det gäller tillgången, å andra sidan, står jordbrukarna inför krympande tillgång på bevattningsvatten, stigande temperaturer, förlust av åkermark till andra användningsområden, stigande bränslekostnader och en krympande uppsättning avkastningshöjande teknologier. För dem som gillar att bli satta på prov, är detta det gyllene tillfället att bli jordbrukare eller agronom. (4)

### **Nya insikter om jordens produktivitet**

Ansträngningarna att höja åkermarkens produktivitet går allt mera trögt i takt med att förrådet av jordbruksmetoder, som ännu inte använts, krymper. Denna förlust i utvecklingstakt ifråga om åtgärder för att höja jordbrukets produktivitet förekommer världen över. Mellan åren 1950 och 1990 steg världens spannmålsavkastning per hektar med 2,1 procent om året. Men från 1990 till 2000 ökade den bara med 1,2 procent om året. Detta beror dels på att avkastningen efterhand i allt mindre grad svarar på ytterligare konstgödning och dels på att tillgången på bevattningsvatten är begränsad. Under det nuvarande årtiondet (fram till 2010) kan ökningstakten i jordbrukets produktivitet komma att dämpas ännu mer. (5)

Detta innebär att man efterlyser nya idéer om hur åkermarkens produktivitet kan höjas. Ett enkelt sätt, ifall jordens fuktighet medger det, är att öka arealerna som ger flera skördar om året. Förr har man i Nordamerika och västra Europa begränsat åkerarealerna för att hålla överskottsproduktionen i schack och där finns nu en viss kapacitet för dubbla skördar, vilket hittills inte har utnyttjats fullt ut. Faktiskt har den tre gånger större spannmålsskörden i världen jämfört med år 1950 i hög grad berott på de imponerande ökningarna av multipla skördar i Asien. Några av de vanligaste kombinationerna är vete och majs i norra Kina, vete och ris i norra Indien, och de dubbla eller tredubbla risskördarna i södra Kina, södra Indien, och i nästan alla risodlande länder i sydöstra Asien. (6)

Den dubbla skörden av höstvetet och majs på slättlandet i norra Kina, satte fart på den kinesiska spannmålsproduktionen så att den nått samma nivåer som i USA sedan två årtionden tillbaka. Höstvetet i USA ger nästan 4 ton per hektar. Majsen ger i genomsnitt 5 ton. Tillsammans kan dessa två grödor, odlade i växelbruk ge en avkastning på 9 ton spannmål per hektar och år. Kinas dubbla risskördar avkastar 8 ton per hektar. (7)

För fyrtio år sedan producerade norra Indien endast vete, men med uppkomsten av vete- och rissorter som mognar tidigare och ger högre avkastning, har vetet kunnat skördas i tid för att man sedan ska kunna plantera ris. Denna kombination av vete och ris används nu allmänt i hela Punjab och Haryana, samt i delar av Uttar Pradesh. Veteavkastningen på 3 ton och risavkastningen på 2 ton ger

tillsammans 5 ton spannmål per hektar, och bidrar till att livnära Indiens befolkning på 1,1 miljarder. (8)

Ytan, som kan användas för att få flera skördar per år, begränsas av tillgången på bevattning och i vissa områden av bristen på arbetskraft för att snabbt skörda en gröda och plantera en annan. Förlusten av arbetskraft på landsbygden i och med industrialiseringen kan minska de multipla skördarna drastiskt och därmed den skördade arealen. I Japan t.ex. uppnåddes toppen med nästan 5 miljoner hektar spannmålsskörd år 1960, främst för att landets arbetsamma jordbrukare då skördade två gånger om året. Men år 2005 hade Japans skördade areal sjunkit till 2 miljoner hektar delvis för att åkermark tagits i anspråk för annan användning, men allra mest p.g.a. den stadiga nedgången i antalet skördar per år under årtionden av ökande löner i industrin, som dragit till sig arbetare från jordbruket. Den billiga arbetskraft, som krävs för att odla små lotter intensivt, har försvunnit. Inte ens ett understödspris på fyra gånger världsmarknadsnivån har kunnat hålla kvar tillräckligt med arbetare för att bära upp omfattande multipla skördar. (9)

På liknande sätt har Sydkoreas skördade spannmålsareal krympt till hälften sedan toppen år 1965 – först och främst p.g.a. ett minskat antal skördar per år. För Taiwans del har de sjunkit med nästan två tredjedelar sedan 1975. När industrialiseringen fortsätter i Kina och Indien, kommer deras mera välbärgade regioner kanske att uppleva liknande nedgångar i multipla skördar. Inkomsterna har blivit fyra gånger högre i Kina sedan 1980 och där tycks denna process redan ha minskat produktionen. (10)

År 1996 avskaffade man i USA begränsningarna på den odlade arealen och det öppnade nya möjligheter för att få flera skördar per år. Den vanligaste kombinationen i USA är att man först sår höstvet och sedan sojabönor på sommaren. Sex procent av sojabönsskörden kommer från åkrar som också producerar höstvet. Eftersom sojabönor binder kväve minskar detta växelbruk jordbrukarnas behov att sprida konstgödsel. (11)

En samordnad ansträngning i USA, för att både korsa fram sorter som mognar tidigare och att utveckla odlingsmetoder som underlättar att ta flera skördar per år, kunde främja avkastningen väsentligt. Om kinesiska jordbrukare i stor utsträckning kan odla vete och majs för dubbel skörd, då skulle USAs jordbrukare, på en motsvarande breddgrad och med liknande klimatmönster, kunna göra samma sak, om bara agronomisk forskning och jordbrukspolitik skulle vara inriktade på att stöda detta.

Västeuropa, med sina milda vintrar och sitt högavkastande höstvet, kunde kanske också skörda två gånger i högre grad, tillsammans med något sommarspannmål, såsom majs, eller med en oljeväxt. På andra håll, t.ex. i Brasilien och Argentina, råder det en omfattande frostfri odlingsäsong, som tillåter höggradigt jordbruk med mer än en skörd, ofta vete eller majs i kombination med sojabönor. Att konstgödsel finns tillgängligt underlättar också dubbla skördar. (12)

I många länder, bland dem USA, Japan och de flesta i Västeuropa, har konstgödselanvändningen nått en nivå där ytterligare användning inte har någon

större effekt på avkastningen. Men det finns fortfarande vissa ställen, som t.ex. största delen av Afrika, där ytterligare konstgödning skulle hjälpa till att höja avkastningen. Tyvärr saknar Afrika söder om Sahara den infrastruktur som krävs för att transportera gödseln på ett ekonomiskt sätt till de byar där den behövs. Till följd av en utarmning av jorden, sjunker spannmålsavkastningen i stora delar av Afrika söder om Sahara. (13)

En uppmuntrande reaktion på denna situation i Afrika, är att man nu samtidigt odlar spannmål och träd av ärtväxtfamiljen. Träden växer långsamt till en början, vilket medger att spannmålsgrödorna kan mogna och skördas. Sedan växer träden snabbt till någon meters höjd eller mer, och faller löv som ger kväve och organiskt material – och bägge är verkligen bristvaror i Afrikas jordar. Veden kan sedan utnyttjas som bränsle. Denna enkla teknik, anpassad till lokala förhållanden, utvecklad av forskare vid *The International Centre for Research in Agroforestry i Nairobi*, har gjort det möjligt för jordbrukare att fördubbla sin spannmålsavkastning på några få år i takt med att jordens bördighet byggs upp. (14)

Trots lokala framsteg, är det mycket tydligt att det går trögt att öka livsmedelsproduktionen i allmänhet. Detta tvingar oss att överväga både hur efterfrågetillväxten kan begränsas och hur man kan utnyttja förekommande skördar mera produktivt. På efterfrågesidan kan målet att nå en acceptabel global balans mellan livsmedel och befolkning, vara beroende av om man kan stabilisera folkmängden så snart som möjligt, och om man kan sänka den ohälsosamt höga konsumtionen av köttprodukter i industriländerna, samt ifall man kan begränsa omvandlingen av livsmedel till fordonsbränslen. Men vi måste också tänka i vidare perspektiv på jordens produktivitet, med hänsyn inte bara till en enskild gröda, utan också till hur man ska kunna öka möjligheterna till flera skördar per år och hur man tillgodogör sig förekommande skördar på ett bättre sätt.

## **Vattnets produktivitet kan höjas**

Eftersom det krävs tusen ton vatten för att producera ett ton spannmål, är det inte överraskande att 70 procent av världens vatten används till bevattning. Därför är det en central uppgift att höja just bevattningsvattnets effektivitet när man vill nå det övergripande målet att höja vattnets produktivitet. Att använda mera vattensnåla bevattningsmetoder och växla över till grödor som kräver mindre vatten kan bidra till att utveckla den bevattnade arealen, även om man har begränsad vattentillgång. Om man avskaffar ekonomiska bidrag till vatten- och energianvändning, bidrag som uppmuntrar till slöseri med vatten, kan vattnets pris stiga till den nivå marknaden avgör. Högre vattenpris uppmuntrar alla förbrukare att använda vattnet mera effektivt. Lokala sammanslutningar av vattenförbrukare på landsbygden, som direkt engagerar just dem som använder vattnet, har redan höjt vattnets produktivitet i många länder. (15)

Vad världen nu behöver göra är att sätta in åtgärder för att höja vattnets produktivitet, i stil med den satsning som nästan tredubblade jordbruksmarkens produktivitet under den senare halvan av 1900-talet. Markens produktivitet mäts

vanligen i ton spannmål per hektar eller liknande. Ett jämförbart nyckeltal för bevattningsvatten är hur många kilogram spannmål som kan produceras per ton vatten. Globalt sett är detta medeltal nu ungefär ett kilogram spannmål per ton vatten. (16)

Det finns en del data, insamlade på internationell nivå, om bevattningsvattnets effektivitet när det gäller ytvattenprojekt – d.v.s. dammar som levererar vatten till jordbrukare genom ett nätverk av kanaler. Grödorna nås aldrig av 100 procent av bevattningsvattnet helt enkelt för att en del av det avdunstar från markytan, en del sipprar ner i jorden och en del rinner bort. (17)

Sandra Postel och Amy Vickers, som är specialister på att analysera regleringen av vattenanvändningen, har upptäckt att ”effektivitetsgraden för bevattning med ytvatten ligger mellan 25 och 40 procent i Indien, Mexiko, Pakistan, Filipinerna och Thailand; mellan 40 och 45 procent i Malaysia och Marocko; och mellan 50 och 60 procent i Israel, Japan och Taiwan.” Effektiviteten för bevattningsvattnet påverkas inte bara av typen och beskaffenheten av bevattningssystemet, utan också av temperatur, luftfuktighet och jordmånstyp. I torra regioner med höga temperaturer är avdunstningen av vattnet betydligt större än i fuktiga områden med lägre temperaturer. (18)

Vid ett möte i maj år 2004 redogjorde den kinesiske ministern för vattenresurser, Wang Shucheng, ganska detaljerat för mig hur man planerade att höja effektiviteten i det kinesiska bevattningssystemet från 43 procent år 2000 till 51 procent år 2010 och sedan till 55 procent år 2030. Stegen han beskrev inbegrep en höjning av vattenpriset, införandet av incitament att tillämpa mera vattensnåla metoder och att utveckla lokala organ som kan ta ansvar för denna process. Om man uppnådde dessa mål, menade han, skulle man säkra en framtida livsmedelstrygghet för Kina. (19)

En höjning av effektiviteten i bevattningen innebär i allmänhet att man går ifrån det mindre effektiva systemet med översvämning eller vattenfårar till sprinklers som vattnar uppifrån eller till droppbevattning, som är det allra mest effektiva när det gäller bevattning. Går man över till sprinklersystem med lågt tryck minskas vattenförbrukningen med uppskattningsvis 30 procent jämfört med systemet med översvämning eller fårar, medan en övergång till droppbevattning vanligen minskar vattenåtgången med hälften. (20)

Använder man droppsystem som ett alternativ till bevattning i fårar ökar det även avkastningen, eftersom man får en jämn tillförsel av vatten med minimala förluster p.g.a. avdunstning. Droppsystem är både arbetsintensiva och vattensnåla, och därför bra i länder med stor arbetslöshet och vattenbrist, eftersom jordbrukaren kan höja vattenproduktiviteten, genom att utnyttja den arbetskraft som ofta finns i överskott på landsbygden. (21)

Ett antal små länder – Cypern, Israel och Jordanien – är i högsta grad beroende av droppbevattning. När det gäller de tre stora jordbruksproducenterna, Indien, Kina och USA, används denna mera effektiva teknik endast på mindre än en procent av den bevattnade arealen i Indien och Kina, mot ungefär fyra procent i USA. (22)

Under de senaste åren har en miniversion av droppbevattningssystemen utvecklats för att bevattna en liten trädgård med ungefär 100 växter (som täcker 25 kvadratmeter). Denna består i praktiken av en hink med ett mjukt plaströr som sprider vattnet. Något större system med tunnor kan bevattna 125 kvadratmeter. I bägge fallen höjer man upp behållaren något så att tyngdkraften sprider vattnet. Något större droppsystem som utnyttjar plaströr som lätt kan flyttas blir också alltmera populära. Dessa enkla system kan tjänas in på ett år. Genom att samtidigt minska vattenkostnaden och öka avkastningen, kan de mycket påtagligt öka inkomsten för småbönder. (23)

Sandra Postel tror att en kombination av dessa droppbevattningsmetoder i olika storlekar på ett lönsamt sätt skulle kunna bevattna 10 miljoner hektar av Indiens åkermark, vilket är nästan en tiondel av den totala. Hon anser att det finns en liknande potential i Kina, som nu också utvidgar arealen för droppbevattning för att spara på de knappa vattenresurserna. (24)

Organisationsförnyelser – i synnerhet när man överför ansvaret att hålla igång bevattningssystem, från centrala myndigheter till lokala vattenförbrukarföreningar – kan underlätta mera effektivt utnyttjande av vattnet. I många länder organiserar sig bönderna lokalt så att de kan axla detta ansvar. Eftersom människorna i lokalsamhället har ett ekonomiskt intresse i att vattnet sköts väl, är de benägna att ta hand om det bättre än en avlägsen central myndighet kan göra. (25)

Mexiko ligger längst fram i denna rörelse. År 2002 skötte jordbrukarföreningar mer än 80 procent av Mexikos offentligt bevattnade åkermark. En fördel för regeringen av denna reform är att kostnaden för att upprätthålla bevattningssystemet ligger på det lokala planet, vilket minskar trycket på statsfinanserna. Detta innebär också ofta att föreningarna måste ta ut större avgifter för bevattningsvattnet. Men trots detta är jordbrukarnas produktionsfördel så stor, när de får sköta sin egen vattentillgång, att det uppväger denna ytterligare utgift. (26)

I Tunisien där vattenförbrukarnas sammanslutningar har hand om både bevattnings- och hushållsvatten, har antalet föreningar ökat från 340 år 1987 till 2575 år 1999. Många andra länder har nu sådana organisationer som sköter vattenresurserna. Även om de tidiga grupperna organiserades för att ta hand om stora offentligt utvecklade bevattningssystem, har några nyligen bildade grupper skapats också för att sköta lokal bevattning med grundvatten. De tar ansvar för att stabilisera grundvattnets nivå, med målet att undvika utplåning av grundvattendepån och det ekonomiska avbräck en sådan förlust skulle medföra för lokalsamhället. (27)

Låg vattenproduktivitet är ofta resultatet av låga vattenpriser. I de flesta länder är priserna irrationellt låga, och hör samman med en tid då vatten var en resurs som det fanns gott om. När vattnet blir en bristvara, måste det prissättas som en sådan. Regionala myndigheter i norra Kina höjer nu vattenpriserna i små steg för att avskräcka slöseri. Ett högre vattenpris påverkar alla vattenförbrukare, och uppmuntrar investeringar i mera vattensnåla bevattningsmetoder, industriprocesser och hushållsmaskiner. (28)

Det som nu behövs är en ny inställning, ett nytt tänkande om vattenförbrukning. Ett exempel är att man går över till mera vattensnåla grödor närhelst det är möjligt – det bidrar starkt till ökad vattenproduktivitet. Risproduktionen i Beijings omnejd fasas ut för att ris är en så törstig gröda. På liknande sätt begränsar Egypten risproduktionen och satsar på vete i stället. (29)

Alla åtgärder för att höja avkastningen på bevattnad åkermark höjer också produktiviteten hos bevattningsvattnet. Samma sak gäller alla metoder att höja effektiviteten i omvandlingen av spannmål till animaliskt protein, för det resulterar i själva verket i att vattnets produktivitet ökar.

Ifall människor, som konsumerar ohälsosamma mängder köttprodukter, rör sig neråt i näringskedjan, innebär det inte bara en hälsosammare diet för dem och därmed minskade sjukvårdsutgifter, utan också minskad vattenförbrukning. För USAs del, där den årliga spannmålskonsumtionen (både som mat och foder) i medeltal uppgår till ungefär 800 kilogram per person, skulle en måttlig minskning i konsumtionen av kött, mjölk och ägg lätt kunna minska spannmålsförbrukningen per person med 100 kilogram. Med tanke på att det nu finns nästan 300 miljoner invånare i USA, skulle en sådan sänkning skära ned spannmålsförbrukningen med 30 miljoner ton och förbrukningen av bevattningsvatten med 30 miljarder ton. (30)

Det behövs en bred uppsättning av metoder för att minska vattenförbrukningen till en hållbar nivå för världens grundvattendepåer och vattendrag – inte bara inom lantbruket utan inom ekonomin i alla avseenden. De allra mest uppenbara åtgärderna – förutom mera vattensnåla bevattningsmetoder och mera vattneffektiva grödor inbegriper att man inför mera vattneffektiva industriprocesser och att man använder mera vattensnåla hushållsmaskiner. En något ovanligare åtgärd är att man överger gammaldags koleldade kraftverk, som kräver stora mängder vatten för att kylas ner, till förmån för vindkraft – något som under alla omständigheter borde ha gjorts redan för länge sedan, med tanke på störningen av klimatet. Återanvändning av vattnet från städerna är en annan uppenbar åtgärd man bör överväga i länder som står inför akut vattenbrist.

## **Effektivare proteinproduktion**

Ett annat sätt att höja både markens och vattnets produktivitet är att producera djurproteiner mera effektivt. Eftersom cirka 38 procent (omkring 730 miljoner ton) av världens spannmålsskörd används till att producera djurprotein, är potentialen för en effektivare användning av spannmålen stor. (31)

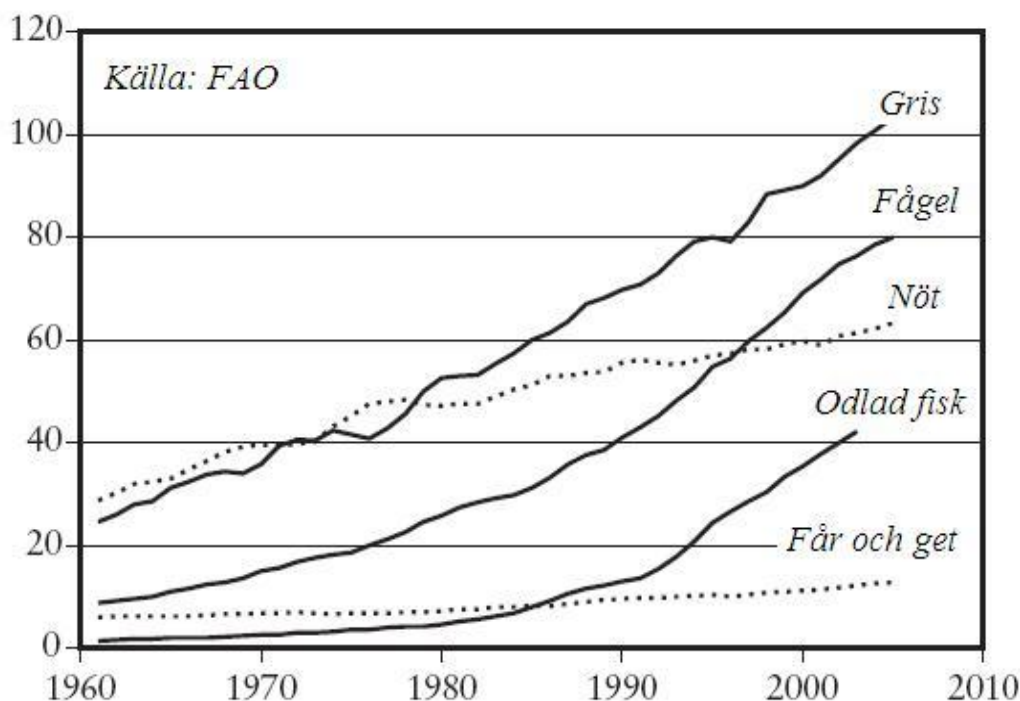
Världens köttproduktion ökade från 47 miljoner ton år 1950 till 260 miljoner ton år 2005, vilket mer än fördubblade konsumtionen per person, från 17 kilogram till 40 kilogram. Mjölk- och äggkonsumtionen har också ökat. I varje land där inkomsterna har stigit, har köttkonsumtionen också gjort det, vilket kanske återspeglar en smak som utvecklats under fyra miljoner år av jägar- och samlar-tillvaro. (32)

Samtidigt som både havsfisket och nötköttsproduktionen på betesmarker har planat ut, har världen växlat över till spannmålsbaserad produktion av djur-

protein för att öka mängden. Och när efterfrågan på djurprotein stiger, förändras sammansättningen av de konsumerade proteinprodukterna. Då får de som mest effektivt omvandlar spannmål till protein, de billigare produkterna, en mera framträdande roll. Också hälsoaspekterna har betydelse i övergången från nötkött till fågel och fisk.

Olika djur omvandlar spannmål till protein med mycket varierande grad av effektivitet. För nötboskap inomhus krävs det ungefär 7 kilogram spannmål för att producera en viktökning på ett kilogram hos det levande djuret. För grisarnas del är siffran närmare 4 kilogram spannmål för ett kilograms viktökning, för fågel drygt 2 kilogram, medan växtätande arter av odlad fisk (som karp, tilapia och havskatt) ligger under 2 kilogram. När marknaden styr produktionen över till mera spannmålseffektiva produkter, ökar det produktiviteten både hos marken och vattnet. (33)

Världens produktion av nötkött, som till största delen kommer från betesmarker, ökade mindre än en procent om året från 1990 till 2005. Tillväxten i antalet djurfabriker var minimal. Grisproduktionen växte med 2,5 procent per år och fågel med nästan fem. Den snabba tillväxten i fågelproduktionen – från 41 miljoner ton år 1990 till 80 miljoner ton år 2005 gjorde att fågel gick om nötkött år 1995, så att fågel intog andra plats efter gris. (Se figur 9-1.) Grisproduktionen i världen, där hälften sker i Kina, gick förbi nötboskapsproduktionen år 1979 och har fortsatt att vidga avståndet till de andra sedan dess. Också nötboskapsproduktionen utvidgas globalt sett, men det sker långsamt, då den begränsas av både tillgången på betesmarker och boskapens ineffektiva omvandling av foder. Faktiskt är det möjligt att den med tanke på spannmålsåtgången högeffektiva fiskodlingen, som nu ökar snabbt, kommer att producera mer protein än nötboskapen, inom ett årtionde eller två. (34)



Figur 9-1: Världens köttproduktion 1961-2005. (Miljoner ton)



Den stora vinnaren ifråga om djurprotein är just vattenbruket, till stor del för att växtätande fiskar omvandlar vegetabiliskt foder till animaliskt protein så effektivt. Avkastningen från vattenbruk ökade från 13 miljoner ton år 1990 till 42 miljoner ton år 2003, en tillväxt på mer än tio procent om året. Kina som är den största producenten, står för häpnadsväckande två tredjedelar av världens avkastning. Vattenbruket i Kina producerar i främsta rummet fisk (mest karp), som tas fram inne i landet i sötvattendammar, sjöar, reservoarer och på risfält, och dessutom skaldjur (mest ostron, sandmusslor och andra musslor), som oftast odlas i kusttrakterna. (35)

Kinas vattenbruk är för det mesta integrerat med lantbruket, så att jordbrukare kan utnyttja jordbruksavfallet, som gris- eller ankgödsel till att gödsla dammar, och på det sättet stimulera tillväxten av plankton som fiskarna lever av. Fiskpolykultur används allmänt i både Kina och Indien. Det ökar ofta dammarnas produktivitet med minst 50 procent jämfört med monokulturer. (36)

När bristen på både mark och vatten till fiskdammar blir ännu större, utfodrar de kinesiska fiskodlarna fisken med ännu mer koncentrerad spannmål, bland annat sojamjöl, för att höja dammarnas produktivitet. Genom att använda denna teknik har de kinesiska lantbrukarna höjt dammarnas årliga avkastning från 2,4 ton fisk per hektar år 1990 till 4,1 ton per hektar år 1996. (37)

Den främsta produkten i USAs vattenbruk är havskatt, som kräver mindre än två kilogram foder per kilogram levande vikt. USAs årliga havskattsproduktion på 270 000 ton (knappt ett kg per person) sker huvudsakligen i fyra delstater: Mississippi, Louisiana, Alabama och Arkansas. Med drygt 60 procent av USAs avkastning är Mississippi världens största producent av havskatt. (38)

Allmänhetens intresse är främst inriktat på fiskodlingar, som är ineffektiva ur miljösynpunkt eller förstör ekologiska system, t.ex. odling av lax – en rovfisk – och räkor. Företag som bedriver sådan odling har en produktion på 3,6 miljarder ton, mindre än 9 procent av världens hela fiskodling, men de växer snabbt. Lax är ineffektivt eftersom den utfodras med annan fisk, vanligen i form av fiskmjöl, som antingen görs av resterna från fiskfabriker eller av ”skräpfisk” som fångats särskilt för detta ändamål. Räkodlingar innebär ofta att mangroveskogen vid kusterna förstörs för att skapa odlingsytor för räkorna. (39)

Världens vattenbruk domineras av skaldjur och växtätande arter – framför allt karp i Kina och Indien, men även havskatt i USA och tilapia i många länder. Det är här den stora tillväxtpotentialen för effektiv produktion av djurprotein finns. (40)

När vi tänker på sojaböner som en del av vår diet, då ser vi tofu, vegetariska färser och liknande köttersättningar framför oss. Men det mesta av världens snabbväxande sojabönsskörd konsumeras indirekt när vi äter nöt- och griskött, fågel, mjölk, ägg och odlad fisk. Även om det inte är en synlig del av vår diet, så har inblandningen av sojamjöl i fodergivorna revolutionerat världens foderindustri och i högsta grad höjt effektiviteten, när spannmål omvandlas till djurprotein. (41)

År 2005 producerade världens jordbrukare 220 miljoner ton sojaböner – 1 ton på 9 ton spannmål. Av dessa konsumerades ungefär 15 miljoner ton direkt som tofu eller köttersättning. Mesta delen av de återstående 205 miljoner tonnen (frånsett det som togs undan för utsäde) pressades för att få ut 33 miljoner ton sojaolja, som separerades från det värdefulla mjölet med hög proteinhalt. Redan år 2006 kommer kanske 2 miljoner ton (7 procent) att gå till besinstationer som biodiesel. (42)

De 144 miljoner ton sojamjöl som återstår efter att oljan extraherats ges som foder till nötboskap, grisar, kycklingar och fiskar, vilket berikar deras diet med högvärdigt protein. En kombination av sojamjöl och säd i förhållandet en del soja till fyra delar säd förstärker avsevärt effektiviteten när säd omvandlas till djurprotein, ibland nästan fördubblas den. (43)

Världens tre största köttproducenter – Kina, USA och Brasilien – kan inte klara sig utan sojamjöl som proteintillskott till fodergivorna. Man har länge använt sojamjöl i USA för att förstärka nötboskapens och hönsfåglarnas foder, och där är sojamjölets andel av fodret numera cirka 18 procent, jämfört med 8 procent år 1964. (44)

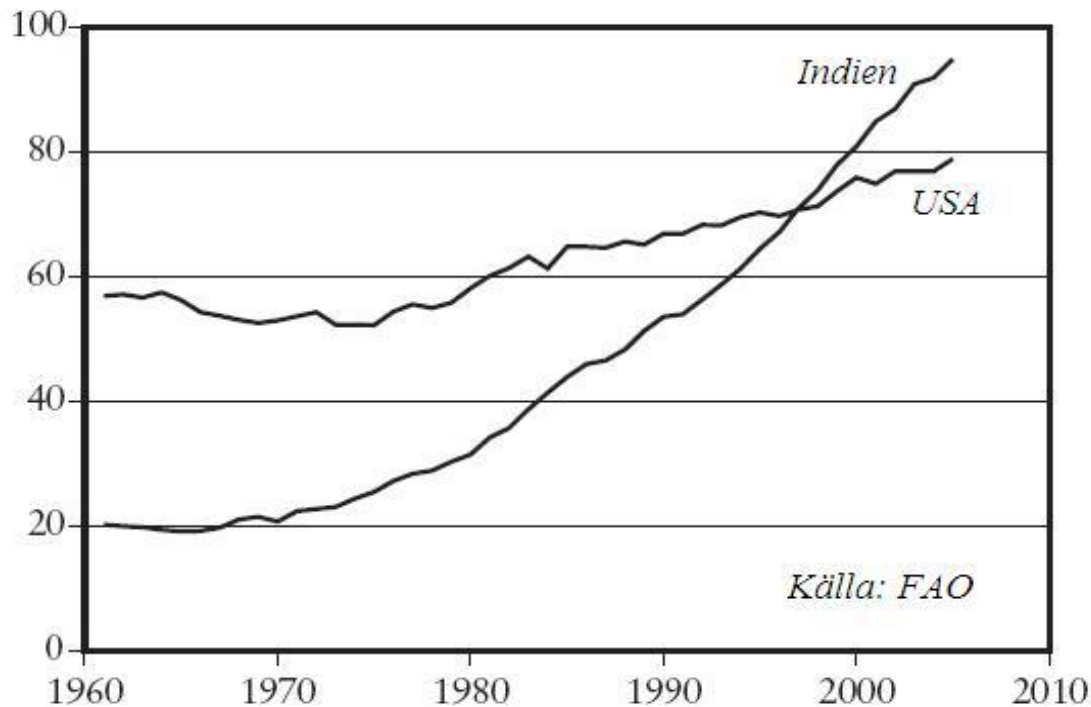
För Brasiliens del, där övergången började i slutet av 1980-talet, utgör sojamjölet nu cirka 21 procent av foderblandningen. I Kina kom insikten att foder-effekten kunde förstärkas betydligt med sojamjöl först flera år senare. Mellan åren 1991 och 2002 gick sojamjölsandelen av fodret snabbt upp från 2 procent till 20 procent. Fisk, som behöver särskilt mycket protein, fick i Kina år 2003 ungefär 5 miljoner ton sojamjöl inblandat i de 16 ton sädbaserat foder som förbrukades. (45)

Med denna fenomenala ökning både ersatte sojamjölet en del sädbaserat foder och höjde effektiviteten med vilken den återstående säden omvandlades till djurprodukter. Detta bidrog också till att förklara varför den andel av världens spannmålsskörd som används till foder inte har ökat de senaste 20 åren, trots att produktionen av kött, mjölk, ägg och odlad fisk har stigit. Och det förklarar varför världens sojabönsproduktion sköt fart från 16 miljoner ton år 1950 till 220 miljoner ton år 2005, och alltså blivit 13 gånger större. Samtidigt som utrymmet för att höja fodereffekten med sojamjöl nu på det stora hela har använts i de största livsmedelsproducerande länderna, finns det fortfarande många utvecklingsländer som ännu inte har utnyttjat denna potential fullt ut. (46)

### **Nya system för proteinproduktion**

Stigande tryck på jordens mark- och vattenresurser för att producera boskaps-, fågel- och fiskfoder har lett till att en hel del lovande nya modeller har utvecklats för produktion av djurprotein, och till dem hör mjölkproduktionen i Indien. Landets mjölkproduktion har ökat mer än fyrdubbelt sedan år 1970, från 21 miljoner till 95 miljoner ton. År 1998 gick Indien förbi USA som världens ledande producent av mjölk och andra mejeriprodukter. (Se figur 9-2.) (47)

Den tändande gnistan, som satte igång denna explosiva tillväxt, var att dr Verghese Kurien, en företagsam ung indier, år 1965 organiserade *The National Dairy Development Board*, en paraplyorganisation för mejerikooperativ. Mejerikooperativens främsta syfte var att marknadsföra mjölken från små besättningar, som i allmänhet bestod av en eller två kor, och utgöra en länk mellan den växande efterfrågan på mejeriprodukter och miljontals familjer i byarna där man endast hade ett litet överskott att sälja. (48)



Figur 9-2: Mjölproduktion i Indien och USA 1961-2005. (Miljoner ton)

När man väl skapat en marknad för mjölk sporrade det en fyrfaldig avkastningstillväxt. I ett land där proteinbristen hämmar tillväxten hos så många barn, är det faktum att man utvidgat mjölktilgången – från mindre än ett halvt glas per person om dagen, för 30 år sedan, till mer än ett glas idag – ett stort framsteg. (49)

Det som är så anmärkningsvärt är att Indien har byggt upp världens största mejeriindustri nästan helt på växtfibrer – vetehalm, rishalm, majsstjälkar och gräs som samlats från vägrenar. Och ändå överstiger värdet av mjölken som årligen produceras nu risskördens. (50)

En annan ny modell för proteinproduktion, som också är beroende av idisslande djur, har vuxit fram i fyra provinser i centrala östra Kina – Hebei, Shandong, Henan och Anhui – där det är vanligt att odla för dubbel skörd med kombinationen höstvetet och majs. När höstvetet väl mognat under försommaren, skördas det snabbt så att såbädden kan förberedas för majsen. På liknande sätt, så snart majsen skördats på hösten, förbereds jorden snabbt för vetesådden. Även om vetehalmen och majsstjälkarna ofta används som bränsle till matlag-

ning, håller byinvånare på att gå över till andra energikällor för detta ändamål, vilket gör att de kan utfodra boskap med det. Genom att tillföra små mängder kväve i form av urin till detta fibermaterial kan man få mikrofloran i det komplicerade fyrmagade matspjälkningssystemet hos nötboskap att omvandla fibrerna till djurprotein på ett effektivt sätt. (51)

Dessa fyra jordbruksprovinser i Kina, som kallas biffbältet av tjänstemännen, producerar mer nötkött genom att utnyttja skörderester – vete- och rishalm och majsstjälkar – än de vidsträckta betesmarkerna i de nordvästra regionerna gör. När man använder skörderester för att producera mjölk i Indien och nötkött i Kina, får jordbrukarna ut en andra skörd av den ursprungliga spannmålsskörden, vilket kraftigt höjer både markens och arbetskraftens produktivitet. (52)

Med tiden har Kina också utvecklat en anmärkningsvärt effektiv fiskodling där man utnyttjar fyra olika karparter tillsammans, arter vilkas näring finns på olika nivåer i näringskedjan, vilket innebär att man efterliknar naturens eget ekosystem i sjöar. Silver karp och marmorkarp lever på att sila vattnet efter växtplankton, respektive djurplankton. Gräskarpen äter som namnet antyder först och främst delar av växter, medan den vanliga karpn äter sin föda på botten och lever på dött, finfördelat organiskt material. Dessa fyra arter bildar alltså ett litet ekosystem, där var och en har sin nisch. Detta system med flera arter, som omvandlar foder till högvärdigt protein med en osedvanlig effektivitet, gav ungefär 13 miljoner ton karp år 2002. (53)

Även om fågelproduktionen har vuxit snabbt i Kina, liksom i andra utvecklingsländer, förefaller den liten i jämförelse med den fenomenala tillväxten i vattenbruk. Dagens vattenbruksavkastning i Kina – på 29 miljoner ton – är dubbelt så stor som fågelproduktionen, vilket gör landet till det första större land där vattenbruket har gått förbi fågelproduktionen. Den stora ekonomiska och ekologiska fördelen med detta system är att det så effektivt producerar djurprotein. (54)

Även om dessa tre nya modeller för proteinproduktion har utvecklats i Indien och Kina (bägge tätt befolkade) kan liknande system tillämpas i andra länder allteftersom befolkningstrycket intensifieras, efterfrågan på kött och mjölk ökar, och jordbrukare söker nya sätt att omvandla växtprodukter till djurprotein.

Världen är i desperat behov av flera nya metoder för proteinproduktion i stil med dessa. För ett halvt sekel sedan, när det bara fanns 2,5 miljarder människor i världen, ville nästan varje människa röra sig uppåt i näringskedjan. Nu har det antalet antagligen fördubblats. Köttkonsumtionen växer dubbelt så fort som befolkningen, äggkonsumtionen växer nästan tre gånger så snabbt och tillväxten i efterfrågan på fisk – både från haven och från fiskodlingar – är också snabbare än befolkningstillväxten. Mot denna bakgrund av växande global efterfrågan, kommer människans uppfinningsrikedom när det gäller att producera djurprotein i allt större mängder och allt mera effektivt, att sättas på prov. (55)

Medan världen har många års erfarenhet av att livnära ytterligare 70 miljoner eller fler människor om året, så har världen ingen erfarenhet av att cirka 5 miljarder människor samtidigt vill röra sig uppåt i näringskedjan. För att få en aning om vad detta innebär, kan man tänka på vad som hänt i Kina sedan de

ekonomiska reformerna 1978. Kina är ju den snabbast växande ekonomin i världen sedan dess, och har faktiskt förtydligat vanligen långsammare historiska förlopp och visat hur matvanorna förändras när inkomsterna stiger snabbt. (56)

Så nyligen som 1978 var köttkonsumtionen låg i Kina och bestod för det mesta av anspråkslösa mängder griskött. Sedan dess har konsumtionen av gris, nöt, fågel och lamm stigit många gånger om, så att Kinas totala köttkonsumtion pressats upp och blivit långt större än USAs. När inkomsterna ökar i andra länder kommer konsumenterna där också att vilja ha mera djurprotein.

När man tar hänsyn till följderna av denna allt större efterfrågan på världens mark- och vattenresurser, tillsammans med den efterfrågan som bottnar i befolkningstillväxt, får man en tydligare uppfattning om det framtida trycket på jorden. Om världens spannmålsutbud blir knappare de kommande åren, kommer konkurrensen om spannmålen mellan människor som vill ha mera biobränslen, de som befinner sig högt uppe i näringskedjan, och människor som befinner sig på de lägsta trappstegen på den ekonomiska skalan, att bli allt tydligare och utgöra en möjlig källa till spänningar inom och mellan samhällen. (57)

### **Att röra sig nedåt i näringskedjan**

En av de frågor, som jag oftast får när jag är ute på föreläsningsturné är: ”Hur många människor kan jorden klara av?” Jag svarar med en motfråga: ”På vilken nivå av livsmedelskonsumtion?” På USAs nivå av 800 kilogram per person och år av livsmedel och foder, skulle världens årliga spannmålsskörd på 2 miljarder ton kunna livnära 2,5 miljarder människor. På Italiens konsumtionsnivå på nästan 400 kilogram per år, skulle den nuvarande skörden kunna försörja 5 miljarder människor. Om man utgår från de 200 kilogram spannmål som i genomsnitt konsumeras per år av indier, skulle jorden kunna livnära en befolkning på 10 miljarder. (58)

I alla samhällen där inkomsterna stiger, förflyttar sig människor uppåt i näringskedjan och äter mer djurprotein i form av nöt- och griskött, fågel, mjölk, ägg, skaldjur och fisk. Sammansättningen av djurproteinprodukter varierar med geografi och kultur, men övergången till mer djurprotein, när köpkraften ökar, förefaller vara universell.

I takt med ökande konsumtion av köttprodukter, fågel och odlad fisk, ökar också spannmålsförbrukningen per person. Av de ungefär 800 kilogram spannmål som konsumeras per person och år i USA, drygt 2 kilogram om dagen, äter man ungefär 100 kilogram direkt som bröd, pasta och andra mjöl-, gryn- och flingprodukter. Men den största delen av spannmålen konsumeras indirekt i form av kött från boskap, fågel och odlad fisk. I Indien däremot, där människor konsumerar strax under 200 kilogram spannmål per person och år, eller ungefär ett halvt kilogram om dagen, äter man nästan all spannmål direkt för att tillfredsställa behoven av energi från basmaten. Det finns inte mycket tillgängligt för att omvandlas till köttprodukter. (59)

I de tre länder som hänvisades till ovan, är den förväntade livslängden högst i Italien, även om utgifterna i USA för sjukvård per person är mycket högre. De

som befinner sig mycket lågt på näringskedjan eller mycket högt på den, lever inte lika länge som de som befinner sig mittemellan. Medelhavskosten innehåller olika slags kött, ostar, fisk och skaldjur, men i måttliga mängder. Ur näringsvinkel är detta det hälsosammaste sättet att äta. (60)

Vad detta innebär är att de som befinner sig högt uppe på näringskedjan, så som genomsnittet bland befolkningen i USA och Kanada, skulle kunna förbruka mindre mängder spannmål och förbättra sin hälsa samtidigt. För deras del som lever i låginkomstländer som Indien, där dieten domineras av en stärkelsesrik stapelvara som ris, som ibland står för 60 procent eller mer av det sammanlagda kaloriintaget, kan en större andel djurprotein förbättra hälsan och höja den förväntade livslängden. (61)

Två tendenser är betydelsefulla; det förmögna skiktet rör sig nedåt i näringskedjan genom att konsumera färre köttprodukter och världen går över till allt mera spannmålsnärliga former av djurprotein. Tillsammans har dessa två förbättringar bidragit till att hålla den andel som används till foder konstant på ungefär 38 procent under de senaste två decennierna. (62)

En mycket vanlig uppfattning är att om man går över från djurprotein till högvärdiga proteiner från växtriket, så som bönor eller tofu gjord av soja, så utnyttjar man åkerarealen mera effektivt. Men detta är inte alltid fallet. Som vi konstaterat tidigare till exempel när det gäller fågel, så behövs det bara drygt 2 kilogram spannmål för att producera ytterligare ett kilogram levande vikt. När det gäller havskatt handlar det om mindre än 2 kilogram spannmål per kilogram viktökning. Ett hektar åkermark i delstaten Iowa kan alltså producera 12000 liter majs – eller 3000 liter sojabönor, som ger mycket lägre avkastning än majsen. Utfodrar man kycklingar eller havskatt med majsen kan det ge en större avkastning räknat i högvärdigt protein än att odla sojabönor och konsumera dem direkt, t.ex. i form av tofu. (63)

Det krävs en hel del åkermark för att producera sojaprotein, framför allt för att växter kräver mera energi för att producera högvärdigt växtprotein än för att producera stärkelse. Men eftersom fågel och havskatt är så effektiva i att omvandla spannmål, är det mera sparsamt med åker- och vattenresurserna att äta dem än att äta sojabönor. (64)

En del länder rör sig nedåt i näringskedjan genom att gå över till proteinkällor som är mera spannmålsnärliga, såsom vattenbruk. Kina, med sin väldiga vattenbruksavkastning, blir kanske det första landet där den odlade fisken får större betydelse än den vilt fångade. (65)

När nu inkomsterna ökar i det tätbefolkade Asien följer andra länder i Kinas spår. Till dem hör Indien, Thailand och Vietnam. För att ta exemplet Vietnam, lade man där upp en plan år 2001 för att utveckla 700 000 hektar jord i Mekongdeltat till vattenbruk, med målet att producera 1,2 miljoner ton fisk och räkor före år 2005. Det ser nu ut som om man troligtvis kommer att överträffa detta mål. (66)

## Åtgärder på många fronter

Sett ur ett historiskt perspektiv har ansvaret för att trygga livsmedelstillgången framförallt vilat på jordbruksdepartementet. Under andra halvan av förra århundradet, var det en relativt enkel sak att försäkra sig om en tillräcklig mängd spannmål på världsmarknaden. Närhelst världens spannmålsskörd visade sig vara i underkant och priserna började stiga, brukade USAs jordbruksdepartement helt enkelt sätta igång produktionen på en del av den åkermark, som man låtit stå obrukad som en del av åtgärdsprogram för att reglera tillgången, och på det sättet förstärktes avkastningen och priserna stabiliserades. Denna epok tog slut år 1996 när USA avvecklade sitt årliga program för att låta åkrar stå obrukade. (67)

Jordbruksdepartementen bär det främsta ansvaret för att utöka livsmedelsproduktionen så att världens synbarligen omätliga aptit tillfredsställs. Den snabbt växande efterfrågan från ytterligare 70 miljoner munnar att mätta varje år, från 5 miljarder människor som vill röra sig uppåt i näringskedjan, och nu för första gången, från den omätliga efterfrågan på jordbruksprodukter till fordonsbränsle, utgör en aldrig tidigare skådad utmaning för jordbruksdepartementen. Samtidigt måste de klara sig med ett krympande förråd av nya oprövade jordbruksmetoder, krympande tillgång på bevattningsvatten, och utsikten att kommande värmeböljor slår ut skördarna. Tillväxten i efterfrågan och begränsningarna i utbudet kommer tillsammans att utgöra den största utmaningen hittills för ledarna inom lantbruket.

I detta kapitel har vi diskuterat några av de nyare tillvägagångssätten som kan användas för att höja produktiviteten hos åkermark och vatten. Att utnyttja sådana och att sätta in andra åtgärder är självfallet viktigt, men i den nya värld där vi lever idag har den politik som andra departement genomför också avgörande betydelse för framtidens livsmedelsförsörjning.

Nu när vår begränsade planet har pressats till det yttersta (och mer än så), beror livsmedelstryggheten alltmer på om de departement, som har ansvar för hälsovård och familjeplanering, klarar av att upplysa allmänheten om konsekvenserna av befolkningstillväxt och att tillgodose behovet av familjeplanering. Om enskilda par bestämmer sig för att skaffa sig ett, två eller tre barn får direkta följder för världens livsmedelstrygghet.

I dagens värld kan beslut fattade av departement med ansvar för energifrågor – i frågor som om man ska hålla sig till fossila bränslen och därmed fortsätta att driva upp jordens temperatur, eller gå över till förnybara energikällor och stabilisera jordens temperatur – få större följder för livsmedelssäkerheten än några som helst åtgärder som sätts in av ett jordbruksdepartement.

Och i många av världens länder är vattenbristen en allvarligare begränsning för matproduktionen än bristen på mark. Framgång, eller utebliven framgång, för departement med ansvar för vattenfrågor, när det gäller att höja vattnets produktivitet, kommer att direkt påverka framtidens livsmedelstrygghet och matpriserna.

På liknande sätt förhåller det sig i en värld med för små (och krympande) åkerarealer: världens livsmedelstrygghet kommer också att påverkas av beslut som fattas av departement med ansvar för transporter – t.ex. i frågan om man ska utveckla bilcentrerade system, eller om man ska utveckla mera mångsidiga kommunikationer med transportformer som kräver mindre mark, som spårvägar, bussar och cyklar. Den politik som kommunikationsdepartementet bedriver i länder med jordbrist, såsom Kina och Indien, kommer att få direkta följder för livsmedelstryggheten på vår planet.

Mera allmänt kommer det att vara avgörande för ansträngningarna att utplåna hungern, hur långt regeringarna sträcker sig för att uppmuntra användningen av de knappa lantbruksresurserna för att framställa produkter som kan konverteras till bränsle för fordon. Frågan är hur effektiva regeringarna kommer att bli när det gäller att hantera denna framväxande konkurrens mellan bilar och människor om livsmedel.

Vår värld blir alltmera trångbodd, och därmed går ansvaret för livsmedelstryggheten långt utanför jordbruksdepartementets gränser så att alla departement är delaktiga i ansträngningarna att förverkliga jordens alla möjligheter att producera livsmedel på ett hållbart sätt. Samtidigt finns det många exempel på framgångar i jordbruket som kan importeras av länder som kämpar för att förbättra sin livsmedelstrygghet. Uppmuntrande nog kan två stora genombrott kopieras för att utvidga tillgången på djurprotein i många andra utvecklingsländer, nämligen de häpnadsväckande framgångarna för mjölkproduktionen i Indien och för fiskodlingen i Kina.

#### Noter till kapitel 9

1. "Last Food Shipment Signals End of 25-Year WFP Aid to China," Asian Economic News, 8 April 2005; U.S. Department of Agriculture (USDA), Production, Supply, & Distribution, electronic database, at [www.fas.usda.gov/psd](http://www.fas.usda.gov/psd), updated 13 July 2005.
2. U.N. Food and Agriculture Organization (FAO), *The State of Food Insecurity in the World 2004* (Rome: 2004), p. 6.
3. Thomas R. Sinclair, "Limits to Crop Yield," paper presented at the 1999 National Academy Colloquium, *Plants and Populations: Is There Time?* Irvine, CA, 5–6 December 1998; FAO, FAOSTAT Statistics Database, at [apps.fao.org](http://apps.fao.org), with fertilizer use data updated 4 April 2005.
4. United Nations, *World Population Prospects: The 2004 Revision* (New York: 2005).
5. USDA, op. cit. note 1.
6. Ibid.
7. John Wade, Adam Branson, and Xiang Qing, *China Grain and Feed Annual Report 2002* (Beijing: USDA, 2002); USDA, op. cit. note 1.



8. Double-cropping yields from USDA, *India Grain and Feed Annual Report 2003* (New Delhi: 2003); population from United Nations, *op. cit.* note 4; USDA, *op. cit.* note 1.
9. Grain harvested area from USDA, *op. cit.* note 1; USDA, *Japan Grain and Feed Annual Report 2003* (Tokyo: 2003).
10. USDA, *op. cit.* note 1.
11. Richard Magleby, "Soil Management and Conservation," in USDA, *Agricultural Resources and Environmental Indicators 2003* (Washington, DC: February 2003), Chapter 4.2, p. 14.
12. USDA, *op. cit.* note 1; Randall D. Schnepf et al., *Agriculture in Brazil and Argentina* (Washington, DC: USDA Economic Research Service (ERS), 2001), pp. 8–10.
13. FAO, *op. cit.* note 3; USDA, *op. cit.* note 1.
14. Pedro Sanchez, "The Climate Change–Soil Fertility–Food Security Nexus," summary note (Bonn: International Food Policy Research Institute, 4 September 2001).
15. Water requirements for grain production from FAO, *Yield Response to Water* (Rome: 1979); water use from I.A. Shiklomanov, "Assessment of Water Resources and Water Availability in the World," Report for the Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World (St. Petersburg, Russia: State Hydrological Institute, 1998), cited in Peter H. Gleick, *The World's Water 2000–2001* (Washington, DC: Island Press, 2000), p. 53.
16. Water use for grain production from FAO, *op. cit.* note 15.
17. Sandra Postel and Amy Vickers, "Boosting Water Productivity," in Worldwatch Institute, *State of the World 2004* (New York: W.W. Norton & Company, 2004), pp. 51–52.
18. *Ibid.*
19. Wang Shucheng, private meeting with author, Beijing, May 2004.
20. FAO, *Crops and Drops* (Rome: 2002), p. 17; Alain Vidal, Aline Comeau, and Hervé Plusquellec, *Case Studies on Water Conservation in the Mediterranean Region* (Rome: FAO, 2001), p. vii.
21. FAO, *op. cit.* note 20; Vidal, Comeau, and Plusquellec, *op. cit.* note 20.
22. Postel and Vickers, *op. cit.* note 17, p. 53.
23. Sandra Postel et al., "Drip Irrigation for Small Farmers: A New Initiative to Alleviate Hunger and Poverty," *Water International*, March 2001, pp. 3–13.
24. *Ibid.*
25. For more information on water users associations, see R. Maria Saleth and Ariel Dinar, *Water Challenge and Institutional Response: A Cross-*

- Country Perspective (Washington, DC: World Bank, 1999), p. 26.
26. Saleth and Dinar, *op. cit.* note 25, p. 6.
  27. World Bank and Swiss Agency for Development and Cooperation, Summary Report, Middle East and North Africa Regional Water Initiative Workshop on Sustainable Groundwater Management, Sana'a, Yemen, 25–28 June 2000, p. 19.
  28. Peter Wonacott, "To Save Water, China Lifts Price," *Wall Street Journal*, 14 June 2004.
  29. USDA, *op. cit.* note 1.
  30. Population from United Nations, *op. cit.* note 4; grain consumption from USDA, *op. cit.* note 1; water calculation based on 1,000 tons of water for 1 ton of grain from FAO, *op. cit.* note 15.
  31. USDA, *op. cit.* note 1.
  32. FAO, *op. cit.* note 3, with livestock data updated 14 July 2005; 2005 production estimates from FAO, Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture (GIEWS), Food Outlook, No. 1 (Rome: April 2005).
  33. Feed-to-poultry conversion ratio derived from data in Robert V Bishop et al., *The World Poultry Market—Government Intervention and Multilateral Policy Reform* (Washington, DC: USDA, 1990); conversion ratio of grain to beef based on Allen Baker, Feed Situation and Outlook staff, ERS, USDA, discussion with author, 27 April 1992; pork data from Leland Southard, Livestock and Poultry Situation and Outlook staff, ERS, USDA, discussion with author, 27 April 1992; fish from Rosamond L. Naylor et al., "Effect of Aquaculture on World Fish Supplies," *Nature*, vol. 405 (29 June 2000), pp. 1,017–24.
  34. Figure 9–1 from FAO, *op. cit.* note 3, with livestock data updated 14 July 2005; FAO, GIEWS, *op. cit.* note 32; fish data from FAO, FISH-STAT Plus, electronic database, at [www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp](http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp), updated March 2005.
  35. FAO, *op. cit.* note 34.
  36. Naylor et al., *op. cit.* note 33; polyculture in India from W. C. Nandeesha et al., "Breeding of Carp with Oviprim," in Indian Branch, Asian Fisheries Society, India, Special Publication No. 4 (Mangalore, India: 1990), p. 1.
  37. Krishen Rana, "Changing Scenarios in Aquaculture Development in China," *FAO Aquaculture Newsletter*, August 1999, p. 18.
  38. Catfish requirements from Naylor et al., *op. cit.* note 33; U.S. catfish production data from USDA, National Agricultural Statistics Service, *Catfish Production* (Washington, DC: February 2003), p. 5.

39. FAO, *op. cit.* note 34; Naylor et al., *op. cit.* note 33; Taija-Riitta Tuominen and Maren Esmark, *Food For Thought: The Use of Marine Resources in Fish Feed* (Oslo: WWF-Norway, 2003); Rebecca Goldberg and Rosamond Naylor, "Future Seascapes, Fishing, and Fish Farming," *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 3, no. 1 (February 2005), pp. 21–28.
40. FAO, *op. cit.* note 34; FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2004* (Rome: 2004).
41. USDA, *op. cit.* note 1; Suzi Fraser Dominy, "Soy's Growing Importance," *World Grain*, 13 April 2004.
42. Use of soy is from author's calculations based on USDA, *op. cit.* note 1, and on USDA, Foreign Agricultural Service (FAS), various agricultural reports (Washington, DC: various years); growth in biodiesel discussed in more detail in Chapter 2.
43. USDA, *op. cit.* note 1.
44. *Ibid.*
45. *Ibid.*; David McKee, "Crushing Competition," *World Grain*, 13 April 2004; USDA, FAS, *China Oilseeds and Products Annual Report 2004* (Beijing: March 2004); Dominy, *op. cit.* note 41.
46. Historical statistics in Worldwatch Institute, *Signposts 2002*, CD-Rom (Washington, DC: 2002); USDA, *op. cit.* note 1.
47. Figure 9–2 from FAO, *op. cit.* note 3, updated 14 July 2005; preliminary 2005 production estimates from FAO, GIEWS, *Food Outlook*, No. 2 (Rome: June 2005).
48. S. C. Dhall and Meena Dhall, "Dairy Industry—India's Strength in Its Livestock," *Business Line*, Internet Edition of Financial Daily from The Hindu group of publications, 7 November 1997; see also Surinder Sud, "India Is Now World's Largest Milk Producer," *India Perspectives*, May 1999, pp. 25–26; A. Banerjee, "Dairying Systems in India," *World Animal Review*, vol. 79, no. 2 (1994).
49. Milk supply per person from FAO, *op. cit.* note 3, updated 27 August 2004; United Nations, *op. cit.* note 4.
50. Banerjee, *op. cit.* note 48; Dhall and Dhall, *op. cit.* note 48.
51. Wade, Branson, and Xiang, *op. cit.* note 7; China's crop residue production and use from Gao Tengyun, "Treatment and Utilization of Crop Straw and Stover in China," *Livestock Research for Rural Development*, February 2000.
52. USDA, ERS, "China's Beef Economy: Production, Marketing, Consumption, and Foreign Trade," *International Agriculture and Trade Reports: China* (Washington, DC: July 1998), p. 28.

53. S. F. Li, "Aquaculture Research and Its Relation to Development in China," in World Fish Center, *Agricultural Development and the Opportunities for Aquatic Resources Research in China* (Penang, Malaysia: 2001), p. 26; FAO, op. cit. note 34.
54. FAO, op. cit. note 34; FAO, op. cit. note 3, updated 14 July 2005.
55. United Nations, op. cit. note 4; FAO, op. cit. note 3, updated 14 July 2005.
56. China's economic growth from International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, at [www.imf.org/external/pubs/ft/weo](http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo), updated 13 April 2005.
57. Meat consumption from FAO, op. cit. note 3, updated 14 July 2005.
58. Author's calculations from USDA, op. cit. note 1; United Nations, op. cit. note 4.
59. USDA, op. cit. note 1; United Nations, op. cit. note 4.
60. USDA, op. cit. note 1; United Nations, op. cit. note 4; Organisation for Economic Co-operation and Development, "Total Health Expenditure Per Capita, US\$ PPP," table, OECD Health Data, [www.oecd.org](http://www.oecd.org), June 2005.
61. FAO, op. cit. note 3, updated 14 July 2005.
62. USDA, op. cit. note 1.
63. Poultry derived from data in Bishop et al., op. cit. note 33; catfish and carp from Naylor et al., op. cit. note 33.
64. Naylor et al., op. cit. note 33; feed-to-poultry conversion ratio derived from data in Bishop et al., op. cit. note 33.
65. Aquaculture output from FAO, op. cit. note 34.
66. Ibid.; "Mekong Delta to Become Biggest Aquatic Producer in Vietnam," Vietnam News Agency, 3 August 2004.
67. USDA, ERS, Natural Resources and Environment Division, *Agricultural Resources and Environmental Indicators, 1996–1997*, Agricultural Handbook No. 712 (Washington, DC: 1997).