



---

Sveriges  
lantbruksuniversitet

# Växtförädling som strategi mot undernäring

Ett examensarbete inom trädgårdsingenjörsprogrammet,  
av Katarina Christiansen

2009

Huvudområde biologi

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Huvudområde biologi

Katarina Christiansen

*Växtförädling som strategi mot undernäring*

*Plant breeding as a strategy against nutritional deficiency*

Examensarbete för trädgårdsingenjörer, EX0363

10 hp, Grund AB

Alnarp, 2009

Handledare Håkan Asp

SLU Alnarp, Hortikultur

Examinator Marie Olsson

SLU Alnarp, Hortikultur

Nyckelord: Förädling, näring, undernäring, biotillgänglighet

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	1
SUMMARY.....	2
A.INTRODUKTION.....	3
<b>A.1. Bakgrund.....</b>	<b>3</b>
<b>A.2. Syfte och frågeställning.....</b>	<b>3</b>
<b>A.3. Avgränsning.....</b>	<b>4</b>
B. MATERIAL OCH METOD.....	4
C. RESULTAT.....	4
<b>C.1. Bakgrund: Odling i förändring.....</b>	<b>5</b>
<i>C.1.a. Traditionellt jordbruk.....</i>	<i>5</i>
<i>C.1.b. Nya uppfinningar inom jordbruket.....</i>	<i>5</i>
<i>C.1.c. Mekanisering.....</i>	<i>6</i>
<i>C.1.d. Mekanisering och växtförädling.....</i>	<i>7</i>
<b>C.2. Berikning.....</b>	<b>8</b>
<i>C.2.a. Varför berikas livsmedel?.....</i>	<i>8</i>
<i>C.2.b. Reglering och risker.....</i>	<i>9</i>
<b>C.3. Bristämnen – utbredning och orsaker.....</b>	<b>10</b>
<i>C.3.a. Näringsbrist i Nord.....</i>	<i>10</i>
<i>C.3.b. Näringsbrist i Syd.....</i>	<i>11</i>
<i>C.3.c. Matförsörjning, undernäring och fattigdom.....</i>	<i>12</i>
<b>C.4. Förädlingens möjligheter.....</b>	<b>14</b>
<i>C.4.a. Direkta ekonomiska fördelar.....</i>	<i>14</i>
<i>C.4.b. Önskvärda egenskaper och acceptens.....</i>	<i>14</i>
<i>C.4.c. Biotillgänglighet.....</i>	<i>15</i>
<i>C.4.d. Förädlingsstrategier.....</i>	<i>16</i>
<i>C.4.e. Strategi: Större rotupptag.....</i>	<i>17</i>
<i>C.4.f. Högre mineralhalt, bättre motståndskraft.....</i>	<i>18</i>
<i>C.4.g. Avkastning framför näringshalt.....</i>	<i>18</i>
<i>C.4.h. Golden rice.....</i>	<i>19</i>
<i>C.4.i. Naturligt näringsrik och varierad mat.....</i>	<i>20</i>
<i>C.4.j. Inflytande.....</i>	<i>20</i>
D. DISKUSSION.....	21
REFERENSLISTA.....	24

## SAMMANFATTNING

Under 1900-talet förändrades levnadsvillkoren för stora delar av världens befolkning; i många fall till det bättre. Stora tekniska framsteg inom industri och jordbruk sammanföll med nyerövrade kunskaper i kemi och, så småningom, även bioteknik. De nya innovationerna la grunden för en total omvandling av jordbruket från hur det hade sett ut i nästan tusen år. Mekanisering och växtförädling drev tillsammans med kemiska bekämpningsmedel och oorganiska gödningsmedel fram en grön revolution som resulterade i en snabbt ökande livsmedelsproduktion.

Trots dessa förändringar är den globala mat- och näringsförsörjningen ett enormt problem ännu idag. Problematiken med näringsförsörjning bemöts framför allt med olika berikningsprogram och interventioner, ofta i FN:s regi. Möjligheterna att genom dessa interventioner arbeta effektivt och kraftfullt har dock ifrågasatts, och att döma av nedslående statistik behövs fler strategier mot svår näringsbrist. En möjlig sådan strategi är framställningen av näringstäta grödor genom bioteknisk växtförädling. Tekniken gör det möjligt att överföra gener, som kodar för särskilda egenskaper, från en art till en annan. En tänkbar metod vore att ta fram sorter med ett kraftigt förhöjt innehåll av spårämnen, såsom järn, jod och zink. En annan metod fokuserar på själva biotillgängligheten genom att antingen minska andelen antinutrientier, som försvårar näringsupptaget, eller öka andelen föreningar som främjar biotillgängligheten. Detta angreppssätt ställer stora krav på den nya grödan. Resultatet ska framför allt ge hög avkastning och näringsnivåerna ska ha goda effekter på människans hälsa och vara biotillgängliga. Dessutom måste de positiva egenskaperna hos grödan vara stabila i olika odlingsområden och klimat, och acceptensen för produktens smak och utseende måste testas och säkerställas.

Studien indikerar att fördelarna med bioteknisk förädling är många. Ett minskat mänskligt lidande och större möjligheter att leva ut sin fulla potential vore en direkt positiv effekt av tekniken. En ekonomiskt och socialt förbättrad situation i utvecklingsländer, som interventionen i synnerhet riktar sig till, vore en annan vinst. Dessutom skulle en förhöjd näringshalt skapa mer vitala grödor, med bättre motståndskraft mot sjukdomar och ökad förmåga att ta upp vatten och näring ur jorden. Tekniken anses dock inte vara en slutgiltig lösning på problematiken kring undernäring och matförsörjning; denna uppgift kräver lösningar bortom bioteknik, produktionsmetoder och mattillgång.

## SUMMARY

During the twentieth century, conditions of life drastically changed for great parts of the world's population; in many cases to the better. Vast technical advances in industry and agriculture coincided with recent knowledge in chemistry and, by and by, biotechnology. The new inventions founded a complete conversion of agriculture from how it had been for almost a thousand years. Mechanizing and plant breeding together with chemical fertilizers and insecticides urged on a green revolution that resulted in an accelerating production of foods.

Despite these changes, global food and nutrition maintenance remains to be an enormous problem. The nutrition set of problems are mainly met with various fortification programs and interventions, often under UN management. Yet, the prospects of efficient and powerful acting through these interventions have been questioned, and judging by discouraging statistics, several strategies against nutritional deficiencies are being required. One strategy might be the manufacturing of nutrient dense crops through biotechnical plant breeding. The technology facilitate for genes, that code for specific characteristics, to transfer from one species to another. One possible method would be to breed for varieties with extensively increased micronutrient content, e. g. iron, iodine and zinc. Another method focuses on bioavailability itself, either by decreasing the amount of antinutrients, which make uptake more difficult, or increasing the levels of bioavailability-promoting compounds. This approach makes great demands upon the new crop. Above all, the result should give high yields and the nutrition levels must be bioavailable and have positive effects on human health. Also, the crop's positive qualities must be stable in different areas of culturing and climates, and the acceptance for the taste and looks of the product must be tested and secured.

The study indicates that the advantages of biotechnical breeding are many. Decreased human suffering and better opportunities to practice one's full potential would be direct positive effects of the technology. An economically and socially improved situation in developing countries, mainly addressed by this intervention method, would be another gain. Also, an increased nutrient content would evolve more vital crops, with better resistance to pathogens and enhanced ability to water and nutrient uptake from the soil. Yet, the technology is not considered to be a final solution to the malnutrition and food maintenance problem; this task calls for solutions beyond biotechnology, production methods and food supply.

## A. INTRODUKTION

### A.1. Bakgrund

Sedan 1900-talets mitt pågår stora förändringar vad gäller levnadsmönster och kostvanor (WHO, 2003a). Förändringarna tog avstamp i den industrialiserade världen men är numera att betrakta som globala, då dess inflytande på världens utvecklingsländer är starkt och pågående. Traditionell kost, huvudsakligen baserad på vegetabilier, har i stor utsträckning ersatts av feta och energirika livsmedel, inte sällan av animaliskt ursprung (aa.). En ökning av tillsatt socker och mättat fett har gått hand i hand med en minskning av frukt och grönt, tillsammans med komplexa kolhydrater och kostfibrer (Lundegårdh, 2007). Kostval är en viktig pusselbit i det levnadsmönster som i sin helhet avgör människans premisser att uppnå en god hälsa, tillfredsställelse med sin livssituation och samhälleligt deltagande.

I samband med 1900-talets genomgripande omvälvningar, framför allt kopplade till utbredd industrialisering, urbanisering, globalisering och ekonomisk utveckling, har levnadsstandard och tillgång till mat i många fall ökat, inte minst i utvecklings- och övergångsländer (WHO, 2003a). Samtidigt är det tydligt att en stor andel av världens befolkning lever med en undermålig daglig diet, vilket i sin tur bidrar till såväl undernäring som kroniska sjukdomstillstånd. Arbetet med denna problematik i utvecklingsländer fokuserar framför allt på att bekämpa undernäring, men tillgång till ett fullgott dagligt näringsintag är en fråga som förtjänar ett helhetsgrepp, bland annat för att bemöta ökningen av kroniska sjukdomar som är relaterade till kost. Kopplingen mellan ekonomisk situation och hälsa är också tydlig och uppskattningar ger vid handen att cirka 30 % av jordens befolkning lider av undernäring i någon form (aa.). Detta arbete fokuserar på möjligheterna att genom modern växtförädling förebygga undernäring, framför allt i ekonomiskt, politiskt och socialt utsatta områden i världen.

### A.2. Syfte och frågeställning

Studien syftar till att undersöka vilka internationella ansträngningar som görs för att bekämpa undernäring i särskilt utsatta områden. Vilka livsmedelstekniska metoder används och hur effektiva är de? Hur ser näringsförsörjning och mattillgång ut på en global nivå och vilka faktorer, förutom mattillgång, påverkar människans näringsstatus? Att förbättra mina kunskaper i informationssökning och vetenskapligt skrivande kan även sägas vara en del av syftet.

Frågeställningen lyder:

- Vilken roll kan bioteknisk växtförädling spela i det globala arbetet mot undernäring?

### **A.3. Avgränsning**

Även om resultatdelen inleds med en tillbakablick, för att placera växtförädling som kommersiell metod i ett visst historiskt sammanhang, ligger studiens fokus på arbetet mot undernäring idag, på 2000-talet. Litteraturstudien avgränsas inte till några särskilda grödor eller länder, men ur undernäringssynpunkt är det mest intressant att undersöka läget i delar av Afrika, Asien och Sydamerika. De bristämnen som behandlas är framför allt järn, zink och vitamin A.

## **B. MATERIAL OCH METOD**

Arbetet är genomfört som en litteraturstudie utan praktiska inslag. Som studiematerial användes internationella, vetenskapliga artiklar för att i stor utsträckning utgå från aktuellt material. Litteratur från Malmö stadsbiblioteks e-bokskatalog var också till stor användning. Andra viktiga informationskällor var myndighets- och organisationshemsidor samt dokument och direktiv från dessa.

## **C. RESULTAT**

### **C.1. Bakgrund: Odling i förändring**

I *Någonting är nytt under solen. Nittonhundratalets miljöhistoria* (2003) redogör McNeill för de omvälvande ekonomiska, ekologiska, produktionsmässiga, politiska och sociala förändringar som på olika sätt präglade 1900-talets samhällen, och vilka historiska omslag som föregick dem. McNeills perspektiv sätter miljön och mänsklig påverkan på denna i fokus. Författaren beskriver ett sekel som går i utvecklingens, effektiviseringens och rationaliseringens tecken men där uppfinnare, beslutsfattare och entreprenörer samtidigt saknar insikt i konsekvenserna av dessa förändringar, fundamentala för i stort sett hela jorden, dess natur och invånare (McNeill, 2003). Jordbrukssektorn berördes i mycket hög grad av dessa förändringar då nya växtsorter, gödnings- och bekämpningsmedel i kombination med ny mekanik introducerades på en alltmer globaliserad marknad (Cochrane, 1993).

### *C.1.a. Traditionellt jordbruk*

Myrdal (1996a), forskare i svensk agrarhistoria, menar att 1900-talets dominans av industriell produktion föregicks av viktiga förändringar inom jordbruket mellan 1700- och 1800-talet. I takt med ett alltmer produktivt jordbruk växte även befolkning och infrastruktur fram i Sverige, vilket inte vore möjligt utan förbättrade jordbruksredskap och växelbruk (aa.; Myrdal 1996b). Träplog, järnharv, skära och slaga ersattes med mer funktionella upplagor med inslag av järn, som exempelvis den nya plogens vändskiva bestod av, för bättre bearbetning (aa.; Myrdal, 1996a). Mcneill (2003) bortser från den agrara revolution som Myrdal menar ägde rum i och utanför Sverige under 1700- och 1800-talet, och skriver mer generellt att de odlingstekniska framstegen togs i långsam takt fram till 1900-talets början (aa.; Myrdal, 1996b). Motorn i jordbruket var framförallt muskelkraften från människor och djur; organiskt material var den enda gödselkällan; växtskydd utfördes genom växelbruk och träda och utsädet var främst av lokalt ursprung. Över 70 % av jordens befolkning arbetade inom jordbrukssektorn vid förra sekelskiftet (Mcneill, 2003). Myrdal (1996c) skriver dock att redan under 1800-talets slut hade arbetstidsåtgången inom det svenska jordbruket börjat sjunka, vilket frigjorde arbetskraft till den pågående industrialiseringen.

### *C.1.b. Nya uppfinningar inom jordbruket*

Scenen förändrades radikalt under 1900-talet, då produktiviteten inom jordbruket kraftigt höjdes (Mcneill, 2003). Metoder som konstgödning och konstbevattning spreds och kommersialiserades, och avkastningen per odlad hektar kunde höjas, samtidigt som det direkta behovet av utökad odlingsmark minskade. Kemiska gödnings- och bekämpningsmedel, bevattning, jordbruksteknik och växtförädling möjliggjorde matförsörjning för en världsbefolkning som under 1900-talet ökade fyrdubbelt, samtidigt som odlingsarealen under samma period ”bara” växte sig dubbelt så stor (Mcneill, 2003). I USA fördubblades eller tredubblades avkastningen av viktiga grödor som korn, vete, potatis och bomull mellan 1940 och 1970 (Cochrane, 1993). Ett par årtionden senare hade den gröna revolutionen sträckt sig utanför den industrialiserade världen. Mellan 1961 och 1991 fördubblades avkastningen av majs, vete och ris i utvecklingsländerna; mest i Asien och mindre i Afrika (Persley, 2002).

Den moderna agroindustriella revolutionen har skapat ett jordbruk som förmår försörja långt fler människor än vad tidigare epoker någonsin var i närheten av (Mcneill, 2003). Samtidigt är negativa effekter av denna rationalisering redan synbara i form av utarmning av jorden, erosion, förgiftning och sjukdomsresistens på grund av övergödning, överexploatering, vårdslöst använda och illa sammansatta bekämpningsmedel, i kombination



med ansvarslösa beslut, tagna med ett alltför kort tidsperspektiv (Mcneill, 2003). J. W. Clay skriver att jordbruket numera är den största enskilda faktor som påverkar miljön (Clay, 2004). Rådande jordbrukssystem kan nå ut till alla nivåer av biosfären, där allt levande bor, och orsaka negativa förändringar på bördighet, naturliga habitat och biologisk mångfald, vatten- och energiförbrukning, luft-, mark- och vattenkvalité (Clay, 2004; Filson, 2004).

### *C.1.c. Mekanisering*

Från och med 1920-talet dominerade traktorn bland outhärliga hjälpmedel inom det amerikanska jordbruket och dåvarande Sovjetunionen, Europa och Japan följde efter (Mcneill, 2003). Traktorn blev lättare, snabbare och energisnålare än sina föregångare och 1950 var arbetshästen utbytt i USA (Cochrane, 1993). Även plogen förbättrades och på 60-talet fanns en maskinell lösning för de flesta tunga arbeten som tidigare bara kunde utföras för hand. Under de tjugo följande åren minskade arbetsinsatsen inom jordbruket i allt högre takt (Cochrane, 1993). Arbetskraftsbrist och de höga kostnaderna för arbetskraft var därmed inte längre en begränsande produktionsfaktor inom det amerikanska jordbruket och stora markarealer kunde odlas upp (Mcneill, 2003). Eftersom varje gröda ställde särskilda krav på den mekaniska utrustningen ersattes många, små och heterogena fältytor med färre, stora odlingar, på vilka ett eller ett fåtal grödor producerades, så kallade monokulturer. Denna utveckling försämrade den växtskyddseffekt som finns i ett mer varierat jordbruk, och behovet av kemiska bekämpningsmedel grundlades därmed (Mcneill, 2003).

Omdaning av jordbruket påverkade näringshalten i jorden på flera sätt. Det slutna kretsloppet inom vilket näring, vatten, avfall och energi fyller en naturlig funktion ersattes med mer specialiserade jordbrukssystem (Altieri, 2000). Gödsel från boskap kunde inte längre utnyttjas på samma förtjänstfulla sätt då det geografiska avståndet mellan djur- och växtproduktion ökade (aa.). Samtidigt bidrog monokulturer till att mer eller mindre tömma jordens näringsinnehåll på vissa växttillgängliga näringsämnen (Mcneill, 2003). Den logiska följderna blev, i enlighet med tidsandan, att tillföra mer konstgödsel till odlingen.

Mekaniseringen av jordbruket spelade spannmålsproducerande kontinenter som Nordamerika och Australien i händerna men försatte länder med stora nivåskillnader och fragmentariska odlingsytor i ett svårt underläge, i synnerhet om dessa även saknade en utbyggd infrastruktur för ett motoriserat samhälle (Mcneill, 2003). Den snabba utvecklingen under bara ett par decennier gjorde mekaniseringen till en revolution i sig själv (Cochrane, 1993).

### *C.1.d. Mekanisering och växtförädling*

Ytterligare en aspekt av denna gröna revolution var växtförädlingens allt större roll och samverkan med mekaniseringen. Under 1960- och 1970-talen kulminerade detta samspel, då växtgenetiker lyckades ta fram bland annat dvärgvete och dvärgris; grödor som gav mycket hög avkastning och samtidigt passade för maskinell skörd (Mcneill, 2003). Stapelgrödor, framförallt vete, majs och ris, utvecklades med hög skördenivå, tålighet mot skadliga organismer och mottaglighet för kemiska gödningsmedel och bevattning (aa.). Sorter med proportionellt stort skott och liten rot har sämre chanser att ta upp svårörliga spårämnen i marken, som ofta kräver närkontakt med roten för att absorberas av växten (Lundegårdh, 2007). Dessa proportioner har gynnats genom växtförädling. Ett annat kriterium som skulle uppfyllas var lämplighet för skörd med maskin (Mcneill, 2003). Denna produktionslösning exporterades från väst till flertalet utvecklingsländer, där den på mer eller mindre lyckade sätt anpassades till andra förhållanden (aa.).

Utbredning av förädling som en allt viktigare faktor vid livsmedelsproduktion exemplifieras av IRRI, International Rice Research Institute, som grundades år 1960 (Mcneill, 2003). Forskningsinstitutet arbetade bland annat med att korsa ris från tropiska och tempererade områden och vid decenniets slut ingick världens stora risbod i detta arbete. Den gröna revolutionen hade därmed nått sydöstra Kina och dess närområden. I USA var år 1970 dominansen av majs hybrid total i relation till konventionella sorter, och avkastningen hade tre- eller fyrdubblats sedan 1920-talet. För Afrika söder om Sahara var en förhöjd majsavkastning den främsta fördelen med den gröna revolutionen, se tabell 1. Istället för att använda det egna, varierade utsädet tillsammans med beprövade metoder, slog sig nya grödor in på marknaden som dessutom ofta krävde specifika konstgödsel och bekämpningsmedel. Dessutom var – är – vatten här en bristvara och tillsammans med en ekonomiskt svag position hade länderna söder om Sahara svårt att dra samma produktionsmässiga nytta av den gröna revolutionen som stora delar av den övriga världen, inte minst i väst och Japan (aa.).

Skillnaden i effektivitet mellan jordbruken växte kraftigt under 1900-talets andra hälft. Efter år 1981 hade många utvecklingsländer övergått från att vara nettoexportörer till nettoimportörer av livsmedel (Mcneill, 2003). Afrikansk spannmålsproduktion lider numera av ett årligt underskott för ländernas egna försörjning, och klyftan mellan egen produktion och behov antas öka. Enligt prognoser för 2020-talet lär det ökade behovet vara globalt men som störst i utvecklingsländerna (Persley, 2002).

Tabell 1. Avkastning i 93 utvecklingsländer, 1961-1992. Källa: Mcneill, 2003.

*Avkastning (Kg/ha)*

<i>Gröda</i>	1961-1963	1969-1971	1979-1981	1990-1992	<i>Ökningsfaktor</i>
Vete	868	1 153	1 637	2 364	2,7
Ris	1 818	2 218	2 653	3 459	1,9
Majs	1 157	1 456	1 958	2 531	2,2

Fogel (2004) fastslår att andra världskriget orsakade ett globalt matunderskott, och den snabbt stigande befolkningen efter 1945 gjorde behovet av nya sätt att producera mat på ännu mer akut. Under 1950- och 60-talen sjönk dödstalen snabbast i Asien, bland annat på grund av stora matinterventioner och förbättrade metoder för att bekämpa malaria. Kontinentens befolkning fördubblades under denna händelserika och viktiga period. Trots detta ökade världens matkonsumtion per capita under 1900-talets andra hälft med cirka 0,6 % per år. Detta vore knappast möjligt utan nya grödor och utsäde, gödningsmedel, ny jordbruksteknik och utökad odlingsmark (aa.). Världens resurser är dock ojämnt fördelade och den gröna revolutionen har ännu inte lyckats utplåna kronisk undernäring – ett tillstånd för 15 % av dagens befolkning (Fogel, 2004) – vilket enligt Mcneill inte heller var dess huvudsakliga ambition (2003).

## **C.2. Berikning**

### *C.2.a. Varför berikas livsmedel?*

Berikning av livsmedel görs i dag i industriell skala (Bouis, 2002). Att tillsätta näringsämnen av olika slag i samband med att produkten processas är en utbredd metod vid modern livsmedelsframställning. När ett livsmedel framställs, bereds eller på andra sätt behandlas för att bland annat förlänga produktens hållbarhet kan vitaminer, mineraler och andra nyttoämnen gå helt eller delvis förlorade (SLV, 2009; Serra-Majem, 2001). Lagring och hantering är andra källor till näringsminskning i livsmedel (Europeiska unionens officiella tidning, 2006). Syftet med berikning är enligt Livsmedelsverkets hemsida att kompensera för näringsförluster, för att bemöta risken för näringsbrist och förebygga folksjukdomar (SLV, 2009).

Enligt EU:s reglering av näringshöjande tillsatser, *Europaparlamentets och Rådets förordning (EG) nr 1925/2006 om tillsättning av vitaminer och mineralämnen samt vissa andra ämnen i livsmedel*, motiveras tillsättning av ett vitamin- eller mineralämne i ett livsmedel, oavsett om det normalt förekommer där eller ej, om en brist har kunnat påvisas

bland befolkningen; om tillsättningen innebär att nutritionsstatus bland delar eller hela befolkningen förbättras; eller om det sker i enlighet med utvecklingen av vetenskapliga rön. Som exempel på berikningsmedel nämns framför allt vitaminer och mineraler inklusive spårämnen, men även aminosyror, essentiella fettsyror, fibrer samt växter och extrakt från örter (Europeiska unionens officiella tidning, 2006).

Inte ens inom en så pass resursstark gemenskap som den Europeiska unionen tillgodoses vitamin- och mineralbehovet hos befolkningen i stort, bland annat på grund av att de näringsrekommendationer som ofta framförs från forskningsvärlden inte efterlevs i tillräcklig utsträckning. Även i detta sammanhang antas berikningsämnen vara viktiga, eftersom de till viss del täcker upp för det näringsintag som uteblir på grund av sämre kostvanor. Näringsbrist förekommer inom medlemsländerna men är ett ovanligt sjukdomstillstånd (aa.).

### *C.2.b. Reglering och risker*

År 2006 harmoniserades lagstiftningen angående tillsatser inom EU i och med ovan nämnda reglering om tillsättning av vitaminer och mineraler (Europeiska unionens officiella tidning, 2006). I regleringen uttrycks en risk för överkonsumtion av vissa tillsatta näringsämnen på grund av svårigheter att bedöma hur stort ett sammantaget intag är, i synnerhet då tillsatser och kosttillskott ersätter en varierad och balanserad kost. Ibland tillsätts vissa ämnen som varken är vitaminer eller mineraler i form av extrakt eller koncentrat, vilket kan leda till att intaget långt överskrider den mängd som är rekommenderad. Fördelarna med dessa koncentrat är inte alltid fastställda och metoderna är inte alltid säkra, och bör i dessa fall ha en övre tillåten gräns. I regleringen framgår också bland annat att vitaminer och mineralämnen inte får tillsättas i mat som inte är bearbetad, till exempel frukt, grönsaker och fisk (Europeiska unionens officiella tidning, 2006).

Inom EU regleras tillsättning av näringsämnen i flera direktiv och en reglering, *European Parliament and of the Council on the addition of vitamins and minerals and of certain other substances to foods* från 2006. Med "näringsämnen" åsyftas framförallt vitaminer och mineraler och deras källor, men i vissa direktiv även aminosyror, nukleotider och koliner med flera. EFSA, *European Food Safety Authority*, avgör i samarbete med Europeiska kommissionen vilka tillsatsämnen som är tillåtna inom unionen, efter det att livsmedelsföretagaren har ansökt om tillstånd för användning till kommissionen (EFSA, 2007).

I en rapport från CUL, Centrum för uthålligt lantbruk, skriver Bengt Lundegårdh att de samhälleliga konsekvenserna av farmaceutiska åtgärder i form av kosttillskott och

livsmedelsberikning inte ska underskattas (Lundegårdh, 2007). Att dessa åtgärder till fullo skulle kompensera för dagens sämre kostvanor – rika på protein och energi – är inte säkert. Risken är stor att tillsatser och tillskott inte kan ersätta hälsobefrämjande essentiella ämnen som går förlorade vid processning, eller saknas redan i växtmaterialet. Vad effekterna i så fall innebär för människans hälsotillstånd är osäkert, men de skulle kunna vara allvarliga. Dessutom lägger denna moderna livsmedelsproduktion grunden för ett dyrt, energislukande system som inkluderar framställning av syntetisk näring och intensiv odling, tillsammans med höga sjukvårdskostnader och mänskligt lidande. En annan produktionsmodell, som förlitar sig på energin från solen för att skapa naturligt näringsrika livsmedel av hög kvalitet och därmed gör farmaceutiska insatser överflödiga, vore långt mer att föredra, skriver Lundegårdh. Med en sådan modell hade kraven på kvalitet fått avgöra avkastningens storlek, och inte tvärtom (Lundegårdh, 2007).

### **C.3. Bristämnen – utbredning och orsaker**

#### *C.3.a. Näringsbrist i den resursstarka världen*

I ovan nämnda CUL-rapport skriver Lundegårdh (2007) vidare att näringsintag har fått en alltmer framträdande roll som förklaringsfaktor för människans hälsotillstånd, inte minst vid utvecklande av kronisk sjukdom. Undersökningar av kostvanor inom EU avslöjar att underskott av mikronäringsämnen, framförallt jod, folsyra och järn, vållar problem och mänskligt lidande inom hela unionen, om än i varierad omfattning. Ett otillräckligt intag kan leda till allvarliga tillstånd som medfödda missbildningar, anemi och andra bristsjukdomar (aa.; WHO, 2003b). Av Europas invånare lever 16 % med ett otillräckligt intag av jod; en mineral som förebygger utvecklingsstörning (WHO, 2003b). Hjärt- och kärlsjukdomar och cancer – de två vanligaste dödsorsakerna i Europa – kan, liksom övervikt, härledas ur ett undermåligt näringsintag (aa.). De akuta bristsjukdomar som orsakades av matbrist och ensidig kost en gång i tiden i västvärlden är dock ovanliga idag (Lundegårdh, 2007).

FN:s livsmedels- och jordbruksorgan gjorde i slutet av 90-talet uppskattningen att 11 miljoner människor i den industrialiserade delen av världen är undernärda (FAO, 2001). Vidare beskriver Lundegårdh svårigheten i att få en helhetsbild av näringsämnen och dess betydelse för – och sammanlagda inverkan på – människans hälsa. Genomförda studier har, alltsedan de essentiella vitaminerna upptäcktes under 1900-talets första hälft, inriktats på ett ämne i taget och bortsett ifrån synergi- och antagonisteffekter ämnen emellan. Vid jämförelser mellan kosttillskott och fruktintag har endast det senare visat sig ha en skyddande effekt mot

kroniska sjukdomar. Detta indikerar att synergieffekter mellan ämnena faktiskt verkar och kan inte ersättas med ett eller ett par tillskottsämnen (Lundegårdh, 2007).

Fogel ger i *Escape from hunger and premature death, 1700-2100* (2004) USA som exempel på ett rikt land med såväl stora övervikts- som undernäringssproblem. Tillstånd av otillräckligt näringsintag drabbar framförallt fattiga, gravida kvinnor, barn och äldre. På senare år har överviktsproblematik och felaktig kost, snarare än för lite kost, fått alltmer uppmärksamhet, men sett över problemens omfattning i stort är undernäringssfrågan den viktigaste och mest utbredda av de två (Fogel, 2004).

### *C.3.b. Näringsbrist i den resurssvaga världen*

Ökad matproduktion per capita – ett av 1900-talets särmärken – är ingen garanti i sig själv mot matbrist och undernäring, vilket Persley konstaterar i *Agricultural Biotechnology: Country Case Studies: A decade of development* (Persley, 2002). Av jordens sex miljarder invånare lever runt 800 miljoner människor i en tillvaro med osäker mattillgång (aa.). Siffran för antalet undernärda är betydligt högre; över tre miljarder människor får inte sitt behov av mikronäringsämnen tillgodosatt (Welch & Graham, 2003). Med få undantag lever de i Asien, Afrika och Sydamerika och en fjärdedel av dessa är undernärda barn (Persley, 2002). Av världens befolkning lider närmare en tredjedel av jobbristrelaterade sjukdomar och lika många får inte i sig tillräckliga mängder järn för att undgå anemi (Shekar et al., 2005). Bland barn under fem år lider ungefär 25 % av vitamin A-brist (aa.). Järn, jod och vitamin A är de ämnen som vållar störst problem medan brist på zink, vitamin B-12 och folat bör uppmärksammas mer än de gör idag, se tabell 2 (Demment et al., 2003). Enligt uppskattningar från UNDP – FN:s utvecklingsorgan – tvingas 850 miljoner människor att avsluta varje dag hungriga (UNDP, 2009).

Tillståndet i Afrika lyfts ofta fram som exempel på ett mycket kritiskt läge gällande mat- och näringsförsörjning, inte minst bland barn. I flera sydasiatiska länder är situationen dock inte bättre, sett till andelen undernärda och underviktiga (Shekar et al., 2005). Prognoser gör gällande att andelen undernärda barn kommer att sjunka till år 2015 i alla delar utom i Afrika, samtidigt som Indien, Bangladesh, Afghanistan och Nepal fortfarande kommer att ha störst andel underviktiga barn (aa.).

Skillnaden mellan god och dålig näringsstatus antas komma att öka bland människor (Shekar et al., 2005). Samtidigt som undervikt och undernäring drabbar resurssvaga människor i betydligt högre utsträckning än samhällets mer kapitalstarka skikt, sker minskningen av andelen undernärda i Syd i långsammare takt än bland jordens övriga

befolkning med näringsbristproblem. Undernäring och fattigdom går hand i hand; dels genom de relaterade sjukdomar som lättare drabbar en försvagad människa, dels genom försämrade chanser att utbilda sig och utvecklas intellektuellt, vilket försvagar människans ekonomiska, sociala och hälsomässiga position ytterligare. Dessutom tillkommer ökade vårdkostnader (aa.), inlärningssvårigheter och ökad dödlighet (Demment et al., 2003; Welch & Graham, 2003). I undernäringsens spår följer med andra ord förlust i mänsklig potential, glädje, humankapital och nationell ekonomisk utveckling (Welch & Graham, 2003; Demment et al., 2003).

Tabell 2. De vanligaste bristämnen, dess påverkan på människokroppen vid allvarlig brist och främsta åtgärder idag. Ombearbetning av källa: Unnevehr et al., 2008.

<i>Bristämne</i>	<i>Effekt vid brist</i>	<i>Åtgärder idag</i>
Järn	Orsakar mödra- och barnadödlighet. Påverkar inlärningsförmåga och fysisk utveckling, försämrar arbetsförmåga. Är ofta kopplad till infektionssjukdomar.	Berikning av veteprodukter.
Vitamin A	Orsakar blindhet, ökad sjukdomsrisk och dödlighet, framför allt bland gravida kvinnor och barn.	Tillskott.
Jod	Kan ge hjärnskador.	Jodberikat salt.
Zink	Bidrar till försämrat immunförsvar hos nyfödda och barn.	Tillskott.
Folat	Ökar risk för mödradödlighet, komplikationer vid födseln och defekter hos barnet.	Berikning av veteprodukter.

### *C.3.c. Matförsörjning, undernäring och fattigdom*

Persley pekar även på det paradoxala i att livsmedelstillgången har ökat per capita sedan 1960 och att priserna har sjunkit, samtidigt som matbristproblematiken förblir olöst (Persley, 2002). Paradoxens förklaring ligger delvis i kopplingen mellan fattigdom och mattillgång. Över tre miljarder människor är fattiga eller extremt fattiga (Persley, 2002). För en resurssvag invånare motsvarar matinköp uppemot 75 % av inkomsten, vilket kan jämföras med 44 % av en genomsnittlig europeisk inkomst respektive 14 % av en amerikansk (Clay, 2004).

Matproduktion och tillgång till mat är således en viktig bestämmande faktor men inte den enda som avgör utbredningen av undernäringsproblematiken (FAO, 2001). Situationen i varje

nation är med alla sina aspekter – politiska, sociala, historiska med flera – unik. I flera av de utvecklingsländer där andelen underviktiga har minskat har utbildningsnivå bland kvinnorna visat sig vara en viktig determinant. Andra viktiga faktorer berör – förutom mattillgång per capita – hälsa och tillgång till vård, rent vatten och renlighet, miljöfaktorer, samhällets resursfördelning, tillsammans med kvinnors status (FAO, 2001; Shekar et al., 2005). Under de två första levnadsåren är en otillräcklig kost som allra allvarligast och många av de skador som då uppstår, orsakade av näringsbrist, kan inte heller repareras senare i livet. Bland annat riskerar barnets hjärna att allvarligt störas i sin utveckling. Insatser som tillgodoser barnets alla behov under denna kritiska period handlar inte uteslutande om mattillgång och privatekonomi utan även om kunskap och vård (Shekar et al., 2005).

I internationellt arbete för bekämpning av utbredd fattigdom är matförsörjning ett viktigt inslag (UNDP, 2009). FN:s barnfond, UNICEF, och livsmedelsprogram, WFP, spelar i detta arbete en framträdande roll. UNICEF har ålagts uppgiften att bekämpa mycket allvarlig undernäring, medan WFP fokuserar på måttlig näringsbrist, bland annat genom att fördela näringsberikad mat eller berikningsämnen som mottagaren själv tillsätter maten (WFP, 2009). FN-organen samarbetar med universitet, icke-statliga organisationer, den privata sektorn och andra FN-organ för att utveckla och förbättra näringsförbättrade produkter, såsom basvaror, kryddor och matblandningar, med lösningar som gör maten redo att användas direkt. Förutom att minska det mänskliga lidandet är målet även att underlätta för människor i fattigdom att kunna delta i samhällslivet och bidra med sin egen arbetskraft. En människa som lever med ständig osäker mattillgång tvingas lägga det mesta av sin tid åt att försöka trygga dagens måltid, och varje dag handlar mer eller mindre om att överleva. Förmågan eller viljan att ta risker i form av företagande eller experimenterande med nya jordbruksmetoder är svag. Är man däremot garanterad att få mat för dagen ökar möjligheterna att ta sig an andra arbetsuppgifter och utveckla nya kunskaper (WFP, 2009).

Fattigdom och ett otillräckligt mat- och näringsintag försvårar ekonomisk och social utveckling, eftersom det skapar en negativ spiral, där försämrad hälsa och minskade möjligheter att delta i samhällets olika dimensioner befäster den svåra situationen (WHO, 2008). Sambandet verkar på båda hållen (Demment et al., 2003). Utan en tryggad tillgång till säker och hälsosam mat förblir utgångsläget ogynnsamt. Medan undernäring försvagar motståndskraften mot sjukdomar och infektioner försvagas även arbetsförmåga och inkomst, vilket spär på den negativa trenden (WHO, 2008). Arbetet med att skapa hållbara lösningar vad gäller matförsörjning och näringsbrist är därför en fråga om handlingskraft på flera plan; ekonomiska, sociala och kulturella (Zimmermann & Caim, 2004). Varken näringsbrist eller



fattigdom kan utplånas med enkla medel eftersom de är komplexa problem som präglar stora delar av samhällslivet där de verkar (UNDP, 2009).

#### **C.4. Förädlingens möjligheter**

Med modern bioteknik är det möjligt att manipulera växt-DNA genetiskt, för att påverka grödans egenskaper i en viss riktning (Santaniello, 2005). I flera vetenskapliga artiklar lanseras möjligheten att genom ”bioberikning” – en bioteknisk metod genom vilken grödor med ett högt näringsinnehåll selekteras fram genom genetisk förädling (Welch & Graham, 2003) – bemöta problematiken med undernäring i utsatta områden genom framtida interventioner. Med *intervention* åsyftas här ett fredligt ingripande av humanitära skäl och på frivillig basis.

##### *C.4.a. Direkta ekonomiska fördelar*

Ett system för livsmedelsproduktion som förutsätter att mat till stor del tillsätts näring i samband med framställningen är enligt Lundegård omständigt och osäkert (2007).

Berikningsämnena kostar, liksom tillsättningen av dem, och tillgången har sina begränsningar, i vissa fall där behovet är stort (Bouis, 2002). Livsmedelsprogram som grundar sig på traditionell berikning och tillskott har genom erfarenhet visat sig vara mer eller mindre ohållbara i flera utvecklingsländer där försök har gjorts (Welch & Graham, 2003). Denna typ av omfattande interventioner måste upprätthållas kontinuerligt med ekonomiska medel, och såväl kostnadseffektivitet som hållbarhet är därför diskutabelt, menar Bouis (2002).

Med hjälp av en relativt ny användning av bioteknik öppnas möjligheter som kan komma odlarna själva till dels (Bouis, 2002). Ett jordbruk med bioberikade grödor kan upprätthålla sig självt, när det väl är etablerat, förutsatt att produktiviteten kan hållas på en hög nivå och förarbetet på forsknings- och utvecklingsstadiet är väl genomfört. Istället för att utlämnas åt politisk välvilja genom mer konventionella interventioner såsom beriknings- och tillskottsprogram skulle odlare bli mer självförsörjande. Författaren menar således att kostnadseffektivitet, hållbarhet och utbredning skulle kunna vara de klara fördelarna med bioberikade grödor (aa.).

##### *C.4.b. Önskvärda egenskaper och acceptans*

För att en intervention med näringsförhöjda grödor ska kunna bli framgångsrik och få så god effekt som möjligt måste ett antal kriterier uppfyllas av den förädlade produkten, menar Welch och Graham (2003). Målsättningen, att genom en sådan intervention nå människor som

lider av eller löper stor risk att drabbas av mikronäringsbrist, ställer krav på resultatet. Till att börja med måste avkastningen vara tillräckligt hög, för att odlare i stor utsträckning ska ta till sig den nya metoden. De näringsnivåer som bioberikningen når ska ha en tydlig effekt på människans hälsa och grödans positiva egenskaper måste vara stabila i olika odlingsområden och klimat. Mikronäringsämnenas biotillgänglighet, liksom de nya produkternas smak, utseende och andra kvalitéer, behöver testas av människor för att försäkra att berikningen får avsedd effekt även efter traditionella matlagningssätt och att acceptensen bland konsumenter är hög (aa.).

Människor tenderar att föredra mat som har ett vitt eller ljus utseende, till exempel vissa sorter av ris, vete och kassava (Bouis, 2002). Ett förhöjt mineralinnehåll antas inte påverka grödans utseende och smak eftersom halten fortfarande utgör en så pass låg andel av den fysiska massan. Bioberikning av vitamin A utgör ett sannolikt undantag, och troligen finns det flera exempel. Betakaroten, förstadium till vitamin A, skulle kunna prägla det förädlade livsmedlet i stor utsträckning genom att göra det mer gul- eller orangefärgat. För att odlare och konsumenter ska våga satsa på och välja nya grödor med ett mer otraditionellt utseende krävs utbredd medvetenhet kring dess fördelar genom utbildningsprogram. Annars riskerar bioberikningsgrödorna få ett alltför svagt fäste i utsatta områden (aa.).

#### *C.4.c. Biotillgänglighet*

Den fysiologiska effekten av bioberikade grödor är direkt kopplad till kroppens förmåga att tillgodogöra sig och nyttja näringen, antingen för olika kroppsliga funktioner eller till lagring, vilket benämns ämnets *biotillgänglighet* (King, 2002). Mängden biotillgänglig näring i en ätbar växt och människokroppens förmåga att tillgodogöra sig denna näring beror på en samling av faktorer (Welch & Graham, 2003).

En aspekt av ett ämnes biotillgänglighet är människokroppens möjligheter att absorbera ämnet i mag- och tarmorganen (King, 2002). För järn och zink – två av de vanligaste bristämnen – avgör denna kroppsfunktion utnyttjandegraden av ämnena (King, 2002). Det genetiska utgångsmaterialet spelar, tillsammans med hur grödan produceras, också en stor roll (Welch & Graham, 2003). Den genom konsumtion intagna mängden näring är inte densamma som den mängd som kommer människan till dels eftersom såväl intag som absorption och tillgodogörande beror på flera yttre premisser. Det handlar framför allt om processning och annan behandling av maten, andra komponenter i måltiden och människokroppens beskaffenhet (Welch & Graham, 2003).

Växter som konsumeras innehåller ämnen som både kan gynna och förhindra upptag och tillgodogörande av näringsämnen i människokroppen (Welch & Graham, 2003). I den föregående kategorin ingår bland annat aminosyror, askorbinsyra och hemoglobin, medan tanniner, polyfenoler och fytinsyra ingår i den senare (King, 2002). Dessa ämnen påverkar effekten av näringsberikande insatser och måste tas i beaktande när sådana strategier planeras och utförs. I synnerhet spelar antinutrientier in, särskilt hos spannmål, och reducerar bland annat järn- och zinktillgängligheten i växten. Genom biologisk och genetisk modifiering är det möjligt att minska eller ta bort antinutrientier i växtdelar som konsumeras, alternativt – med fördel – öka andelen föreningar som främjar biotillgängligheten av järn, zink, vitamin A med flera (Welch & Graham, 2003).

#### *C.4.d. Förädlingsstrategier*

Förädling av växter sker i grova drag genom två olika grundmetoder (Bouis, 2002). Det första alternativet, traditionell växtförädling, har använts inom jordbruket i tusentals år, då de bästa egenskaperna har tillvaratagits genom urval och korsning, medan sämre egenskaper har sorterats bort (Livsmedelsföretagen, 2009). Det andra alternativet innebär att gener överförs från en art till en annan eller mellan individer inom samma art genom molekylära metoder (Bouis, 2002). Med hjälp av genteknik kan specifika gener, som kodar för vissa egenskaper hos växten, förflyttas från en individ till en annan utan att påverka andra gener och egenskaper än just de avsedda (SLU, 2009). Denna specificering saknar den traditionella växtförädlingen (SLU, 2009).

Bouis pekar på tre förädlingsstrategier med målsättningen att på olika sätt höja människans näringsintag (2003). En möjlig väg att gå vore att öka mängden mineraler och vitaminer genom att utveckla grödor som så att säga berikar sig själva (Bouis, 2002). Lönnerdal (2003) skriver att en möjlig strategi mot näringsbrist vore att öka innehållet av spårelement i basgrödor såsom säd och baljväxter, genom att sätta in gener som kodar för de proteiner som binder spårelement eller tar upp dem i växten. Detta ingrepp garanterar dock inte i sig att bristproblematiken angrips eftersom det kräver många järn- och zinkatomer bundna till varje proteinmolekyl. En lämplig kandidat vore möjligen proteinet ferritin, eftersom det kan binda 4 500 järnatomer till varje molekyl, men dess biotillgänglighet är oklar. Eftersom många växter innehåller åtminstone små mängder ferritin skulle selektion och förstärkning av växtens ferritingener kunna vara ett bra alternativ (Lönnerdal, 2003).

En annan metod vore att minska andelen antinutrientier som försämrar biotillgängligheten av essentiella mineraler och vitaminer i basvaror och hämmar upptaget (Bouis, 2002). Detta

alternativ ska dock genomföras med försiktighet, eftersom många antinutrientier är viktiga metaboliter som kan ge växten högre stresstolerans och motståndskraft mot sjukdomar (Welch & Graham, 2003). Fytinsyra är ett exempel på ett ämne med hämmande effekt på tillgängligheten av järn och zink, och att minska fytinsyrahalten i mat har visat sig öka absorptionen av järn och zink (Lönnerdal, 2003). Basgrödor med låg fytinsyrahalt har tagits fram genom selektiv förädling, med positiva resultat på upptagningen av mineralerna (aa.).

Den tredje förädlingsmetoden syftar till att höja antalet föreningar som främjar biotillgängligheten av de önskvärda ämnena, till exempel genom att föra in ett specifikt protein som ökar upptagningen av olika spårämnen (Bouis, 2002; Lönnerdal, 2003). Askorbinsyra, det vill säga C-vitaminens förstadie i växter, bidrar stort till att göra järn biotillgängligt (Lönnerdal, 2003). Samma mineral tycks även påverkas av betakaroten men sambandet mellan vitaminen och ökad järnabsorption är oviss. Även aminosyror kan ha effekt på kroppens mineralupptag, bland annat av zink och järn. För ett framgångsrikt koncept vore en kombination av flera strategier att föredra, såväl biotekniska som traditionella (Bouis, 2002; Lönnerdal, 2003).

#### *C.4.e. Strategi: Större rotupptag*

Kunskapen om vilka processer som styr fördelningen av mikronäringsämnen i växten och dess näringsmässiga verkningsgrad är begränsad (Welch & Graham, 2003). Flera mekanismer verkar för att nå jämvikt genom förflyttning, omfördelning och absorbering av metaller i växtdelarna. Upptag av näring sker via rötterna och ett sätt att på morfologisk väg påverka absorptionen av metaller vore att öka kontaktytan mellan mark och rötter, genom utveckling av flera fina rötter och rothår. En annan väg vore att öka lösligheten och rörligheten av mikronäringsämnen vid rotytan (aa.). De mekanismer som styr absorptionen av spårämnen via rotcellernas plasmamembran behöver vara tillräckligt specifika (Lönnerdal, 2003), och transportvägar och jonkanaler tillräckligt aktiva, för vidare spridning av spårämnena från rotzonen till växtens ätbara delar (Welch & Graham, 2003). Upptag av molekyler via plasmamembranet sker även passivt genom diffusion, från hög till låg koncentrations- eller elektrokemisk gradient (Raven et al., 1999). Genom enkel diffusion tas framför allt vatten, syre och koldioxid upp av växten, medan exempelvis oorganiska ämnen som  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  och  $\text{Cl}^-$  kräver transport av ett ofta specifikt kanal- eller bärarprotein via membranet (aa.). De proteiner och gener som styr upptag, förflyttning och tömning av näringsämnen via floemet behöver därför kartläggas (Lönnerdal, 2003). Den sista länken, biotillgängligheten, är

avgörande för huruvida människan kan tillgodogöra sig ämnet eller inte (Welch & Graham, 2003).

Grödor med förhöjd mineralhalt utvecklar ofta mer djupgående rötter och kan därför nå näring och fukt längre ner i jordmänen (Bouis, 2002). Med denna förmåga blir grödan uthålligare och mindre krävande då det gäller bevattning och gödning, vilket i sin tur skulle ge positiva effekter på miljön (Bouis, 2002).

#### *C.4.f. Högre mineralhalt, bättre motståndskraft*

I många länder med matförsörjningsproblem är jorden näringsfattig, vilket även försämrar näringstillståndet i de grödor som växer där (Welch & Graham, 2003). Författarna menar att en ökad halt av metaller i form av mikronäringsämnen i grödan skulle ge en starkare och mer livskraftig planta, med förhöjd avkastning som följd (aa.). Med hänvisning till försök med vete i tre olika områden med näringsfattig jord i Bangladesh pekar Welch och Graham på en ökad skörd i sju av de nio fallen. Spannmål med förhöjd mikronäringshalt resulterar även i en ökad rottillväxt, menar författarna (2003). Detta trots att behovet för plantans rötter att expandera ofta minskar när den tillgängliga växtnäringen i jorden ökar (Ascard & Rehnstedt, 2003). Större rötter leder i sin tur till förbättrat vatten- och näringsupptag ur jorden (Graham & Welch, 2003). Påvisade skillnader i sjukdomsresistens och stresstolerans talar också för näringsförhöjda grödor (Welch & Graham, 2003; Bouis, 2003).

Bouis skriver att tillväxten blir snabbare under kulturtidens början för mineraltäta grödor, i synnerhet i jordar fattiga på spårelement, belägna i torra områden (Bouis, 2003). Författaren menar att risken för total utarmning av de näringsfattiga jordarna är liten, eftersom de förädlade grödorna förmås frigöra spårelement som annars vore växtotillgängliga, genom att avge vissa kemiska föreningar från sina rötter vidare ut i jorden. I många jordar med så kallad spårelementbrist är förhållandet snarare så att den mängd spårelement som finns är hårt bunden och svårtillgänglig för växtrötterna i sin nuvarande form (Bouis, 2003).

#### *C.4.g. Avkastning framför näringshalt*

Under förädlingens historia har ett högt näringsinnehåll inte varit en prioriterad egenskap när nya sorter har tagits fram. Som tidigare nämndes tog växtgenetiker, när tekniken var relativt ny, uteslutande tillvara på sorter med hög avkastning, motståndskraft mot sjukdomar och god förmåga att svara positivt på kemiska gödningsmedel och bevattning (McNeill, 2003).

Avgörande var även sorternas lämplighet för mekanisk skörd. Dessa egenskaper är alla kopplade till effektivisering, lönsamhet och avkastning, snarare än till kvalitéer som

näringsinnehåll och smak. Att kompromissa med avkastning och lönsamhet till förmån för ett ökat näringsinnehåll har sällan varit aktuellt inom jordbruket (Bouis, 2002). Resistens mot medel för ogräsbekämpning var ett annat förädlingsmotiv, liksom utveckling av insektsdödande protein i växten (Clay, 2004).

Förutom ekonomiska skäl kan även okunskap vara en anledning till att näringshalt inte har beaktats vid förädling (Lundegårdh, 2007). Bristande insikt i hur sekundära ämnen, till exempel betakaroten, askorbinsyra och lykopen bildas i och påverkar växten har knappast gynnat dessa processer och ämnen (Lundegårdh, 2007). Synen på förädlingens uppgifter och potential har dock vidgats något då intresset för sorter som kräver mindre vatten, gödningsmedel och bekämpningsmedel har ökat (Clay, 2004).

#### *C.4.h. Golden rice*

Som tidigare nämndes lider vart fjärde barn under fem år av vitamin A-brist. I ett försök att bemöta detta problem pågår forskning och utveckling av så kallat ”Golden rice”, ett på bioteknisk väg vitamin A-berikat ris (Zimmermann & Caim, 2003). Bland vissa viktiga grödor har sorter med högt betakaroteninnehåll upptäckts, till exempel för majs och sötpotatis, och i dessa fall är traditionell växtförädling möjlig. Ris är en annan mycket viktig basföda, framför allt i stora delar av Asien. Till skillnad från majs och sötpotatis innehåller ris inte vitamin A-föregångaren betakaroten naturligt i frövitnen, endospermen, vilket gör bioteknisk förädling nödvändig (aa.). Förutom sin höga status som viktig basföda är ris lämpligt för förädling eftersom det har låg allergen verkan och inte innehåller toxiska ämnen (Lönnerdal, 2003).

Beräkningar av vilka effekter som skulle kunna följa med nyttjandet av Golden rice i Filippinerna, landet som Zimmermann och Caim undersökte, pekar på stora förbättringar såväl hälsomässigt som ekonomiskt (2004). Dessa beräkningar har dock gjorts utifrån optimistiska kalkyler såsom ett högt betakaroteninnehåll i riset, inga förluster efter skörden, stor geografisk räckvidd och en hög upptagningsprocent i kroppen. Även mer pessimistiska kalkyler skulle ge en viss, om än mindre, hälsovinst och förlängd livstid (Zimmermann & Caim, 2004).

Golden rice som lösning på vitamin A-brist är dock en kontroversiell fråga. En ståndpunkt som har framförts är att Golden rice snarare skulle öka bristen på vitamin A i världen än tvärtom (Zimmermann & Caim, 2004). Från den icke-statliga aktören Greenpeace uttrycks en viss oro för att Golden rice – som av organisationen anses vara en osäker och ofullständig vitamin A-källa – skulle dra till sig uppmärksamhet från problemets kärna och mer hållbara

lösningar (Greenpeace, 2005). Zimmermann och Caim understryker dock att ingen teknologisk insats ensam kan lösa världens mat- och näringsförsörjningsproblem; en samling av teknologiska, ekonomiska och sociala verktyg behövs (2004). En fördel med Golden rice är enligt författarna att det är en intervention som kan reproduceras och förökas av bönderna själva, vilket skulle kunna göra den till en kostnadseffektiv och vältäckande insats (Zimmermann & Caim, 2004).

#### *C.4.i. Naturligt näringsrik och varierad mat*

I *Plant breeding: A new tool for fighting micronutrient malnutrition* poängteras att undernäring av mikronäringsämnen i utvecklingsländer i slutändan bara kan lösas genom förbättrad kost (Bouis, 2002). Tillgång till frukt, grönsaker, baljväxter, fisk och andra animaliska produkter kräver såväl köpkraft som stabilitet och infrastruktur; områden som inte sällan är eftersatta eller svagt utvecklade i länder med stora problem gällande näringsförsörjning. Nya basgrödor med hög vitamin- och mineralhalt skulle kunna utgöra ett positivt bidrag, om än ej slutgiltigt, för att förbättra försörjningssituationen i avlägsna områden, svåråtkomliga för import och interventioner. Författaren tillägger även att näringshöjande växtförädling inte kan nå samma höga innehåll av vitaminer och mineraler som industriellt berikade livsmedel och kosttillskott (aa.). Demment et al. skriver att biotillgängliga mikronäringsämnen framför allt finns i animaliska livsmedel, och att ansträngningar bör läggas på jordbruks- och matbaserade lösningar, trots att dessa är dyrare och mer tidskrävande än tillskotts- och berikningsinsatser (2003).

#### *C.4.j. Inflytande*

I och med att växtförädling numera är en uppgift för växtgenetiker snarare än lokala odlare har industrialiseringen av jordbruket blivit ännu mer fullkomlig (Widengård, 2003). Utvecklingen av nytt utsäde är en affärsverksamhet i sig själv. I regel tillämpas begränsningar för användning av patenterat utsäde och återanvändning av grödan från en säsong till nästa (aa.). Frågan om det är etiskt försvarbart att ta patent på frön – en av naturens viktigaste gåvor, enligt vissa – är mycket kontroversiell. Stater med starka kommersiella och industriella intressen i ett handelssystem som möjliggör fröpatent påtalar genom sina olika institutioner patentets fördelar för biologisk och genetisk mångfald (Widengård, 2003). En annan ståndpunkt framförs bland annat av FN-anknutna institutioner, där övertygelsen om patentsystemets lämplighet på biokulturer är svagare (aa.).

Widengård(2003) skriver att statliga förädlingsprogram riskerar att missa en viktig uppgift, det vill säga att utveckla tekniker för en stor men fattig jordbruksbefolkning, på grund av knappa resurser. Privata företag med vinstintresse saknar ett tydligt sådant incitament. Här finns en risk att de mest lönsamma grödorna gynnas på bekostnad av långsiktighet och hållbarhet inom jordbruket. Widengård menar även att lokal kunskap kring jordbruk och traditionell förädling riskerar att gå förlorad om genetiskt modifierade grödor med få variationer används på stora områden. Möjligheten att tillämpa sina kunskaper – förvärvade genom arbete och erfarenhet – minskar därmed (Widengård, 2003).

Tidigare konstaterades att den gröna revolutionen inte gynnade resurssvaga odlare, som verkade under mer odlingsosäkra förhållanden, i samma utsträckning som den gagnade rika länder med stora odlingsytor. För aktörer inblandade i kampen mot fattigdom ses denna snedfördelning som ett stort problem, vilket har resulterat i utarbetande av samarbetsmetoder mellan forskare och odlare (Toomey, 1999). En metod som syftar till att öka bönders inflytande tidigare i framställningsprocessen av förädlade grödor kallas för *PPB* – *participatory plant breeding* (Widengård, 2003). Genom denna samarbetsmodell lär sig odlare och växtförädlare av varandra, när lokal och formell kunskap möts och utbyts. Intentionen är bland annat att erkänna odlares kunskap och utveckla och effektivisera tekniker som tillämpas lokalt. Förhöjd produktivitet, ökad kostnadseffektivitet, snabbare introduktion av nya sorters grödor, djupare förståelse för odlares behov och större biologisk mångfald menar författaren skulle kunna vara de största vinsterna av denna formen av samarbete (aa.).

#### D. DISKUSSION

Människans rätt till mat, hälsa, arbete och en dräglig tillvaro slås fast i FN:s konvention om ekonomiska, sociala och kulturella rättigheter (FN, 1997). I och med detta globala åtagande har alla länder som har ratificerat konventionen erkänt ett gemensamt ansvar för världens befolkning, dess välbefinnande, trygghet och utveckling. Utmärkande för just 1900-talet var bland annat alla tekniska framsteg inom industri och jordbruk, spridningen av ny teknik och hastigheten som dessa förändringar skedde i. Befolkningstillväxten accelererade, liksom matproduktion och miljöskadliga utsläpp. Jordens bärkraft och förmåga ställdes därmed inför en ny realitet. Kanske kännetecknar även en växande solidaritet för världens resurssvaga befolkning det förra århundradet, i och med bildandet av FN efter det andra världskriget och avkoloniseringen av europeiska koloniområden, framför allt i Afrika.

Möjligheten att producera mycket mer livsmedel och mätta jordens hela befolkning har dock inte tillvaratagits, vilket McNeill(2003), Persley(2002) och Welch & Graham(2003)



konstaterar. Ur ett västerländskt perspektiv kan svårigheter med näringsförsörjning närmast uppfattas som undantagsfall (FAO, 2001). Även om problemen förekommer tycks näringsbrist på grund av otillräcklig föda höra till historien. I världens fattigaste länder är regeln snarare motsatt då majoriteten i dessa länder lever med osäker mat tillgång och få möjligheter att äta sig mätt. Att halva jordens befolkning inte får i sig tillräckliga mängder av biotillgängliga mikronäringsämnen tyder på att otillräcklig näringsförsörjning inte är ett marginellt problem. McNeill(2003) menar att 1900-talets teknologiska framsteg bidrog till att vaska fram århundradets vinnare och förlorare. Den gröna revolutionen tycks ha förstärkt de maktförhållanden som delvis startade under kolonialiseringens epok och tog tydlig form under 1900-talets första, tumultartade hälft. Stora och välorganiserade länder, med USA i särskild åtanke, drog mycket stor nytta av de nya uppfinningarna. För instabila regioner, belägna i mer odlingsosäkra områden och under nyckfulla klimatförhållanden, uteblev den positiva effekten helt eller delvis (aa.).

Trots stora framsteg inom jordbrukssektorn de senaste hundra åren är fördelningen av dess frukter snedvriden. Att teknik för hög livsmedelsproduktion finns garanterar inte att dess förtjänster kommer alla till dels. Flera faktorer än själva matproduktionen spelar uppenbarligen in. Politisk vilja, demokrati, utbildning, infrastruktur, jämställdhet, kvinnans roll i samhället och tillgång till barnavård är viktiga samhällsliga inslag i närings- och matförsörjningsproblematiken. Detta är områden som var och ett förtjänar stora ansträngningar, såväl nationella som internationella. Många afrikanska länder blev självständiga först under 1950- och 60-talen, Indien 1947 (Öhman, 1991). Att bygga upp politisk, ekonomisk och social stabilitet görs troligen inte i en handvändning, i synnerhet inte då många länder i långa tider har ställts mot förtryckande koloniserare och påtaglig orättvisa. Sett ur ett historiskt perspektiv kan det därför även argumenteras för att de forna – ofta ekonomiskt starka – kolonialmakterna inte bara borde utan rent av är skyldiga att aktivt bekämpa fattigdom och matförsörjningsproblemen i dessa områden. Man kan tala om de resursstarka ländernas moraliska skyldighet att agera, i ljuset av historiska orättvisor och den oerhört haltande maktbalansen som fortfarande råder (Hampson & Reppy, 1996). Med konsekvenserna av den gröna revolutionen, jordbrukets industrialisering och fröpatent har tvetydiga signaler sänts ut. Förhoppningsvis fortsätter internationellt arbete att utvecklas mot en mer tydligt solidarisk politik, men goda politiska intentioner har sina klara begränsningar om de inte har stöd hos andra viktiga aktörer, inte minst privata, multinationella företag.

Att komma tillrätta med den omfattande frågan om mat- och näringsförsörjning kräver således ihärdigt arbete. Innan förbättringar på alla de plan som kräver förbättring –

ekonomiska, politiska, sociala och kulturella – har uppnåtts, kan lösningar som bioberikade grödor vara mycket användbara. Fördelarna vore många. Positiva effekter på människans hälsa och miljö, bättre motståndskraft hos växten mot sjukdomar på grund av ökad mineralhalt och bättre upptagningsförmåga av spårämnen har påvisats. Dessutom vore det en hållbar intervention, som kan reproduceras hos odlaren, till skillnad från berikade livsmedel och kosttillskott, som kräver uppföljning. Flera artikelförfattare poängterade att bioberikning inte är att betrakta som en slutlig lösning på detta enorma problem och det är viktigt att arbeta med flera tänkbara strategier.

Bioteknisk växtförädling, specifikt riktad mot undernäring i världens mer utsatta områden, har tills relativt nyligen varit en outnyttjad och förbisedd resurs. Traditionell växtförädling har framför allt siktat på ökad avkastning och tolerans mot bekämpningsmedel. Stora monokulturer och hög användning av bekämpningsmedel kan dock slå tillbaka mot ekologin, vilket troligen har bidragit till en viss skepsis mot växtförädlingsmetoder, åtminstone i vissa opinionsläger. I synnerhet ifrågasätts säkerheten med bioteknisk förädling, med uppfattningen att det är onaturligt och skulle kunna få oförutsedda och negativa konsekvenser för människa och miljö. En annan synpunkt som förs fram är faran i möjligheten att ta patent på nya grödor, vilket är möjligt om en ny sort har tagits fram genom genteknik. Användaren av en ny sådan sort är skyldig att betala en licensavgift till förädlingsföretaget för varje ny säsong som grödan brukas (Monsanto, 2004). Patentmöjligheten kan enligt motståndare betraktas som en opposition mot synsättet att mat är en mänsklig rättighet och växters reproduktion en av naturens viktigaste gåvor (Public Citizen, 2009; Allkorn, 2009; Greenpeace, 2009). Om modern bioteknik istället kan utnyttjas för att öppna upp för nya möjligheter till mer välgörande projekt skulle denna skepsis möjligen minska, och förtroendet för såväl förädlingsföretag som politikernas goda vilja öka.

Sammantaget talar mycket för bioberikning. Metoden är dock – liksom användningen av genmodifierade grödor i övrigt – ny, och de verkliga konsekvenserna är oklara. Bioberikning som strategi mot undernäring kan rimligtvis möta en viss skepsis liknande den som finns mot GMO-metoder i övrigt, använda i andra syften. Acceptans och säkerhet måste undersökas och fastställas innan storskaliga interventioner påbörjas. Kopplingen mellan samhällsutveckling, ekonomi och människans hälsa beskrevs kort tidigare, och den vinst som ett förbättrat näringstillstånd skulle ge på alla dessa plan vore troligen mycket stor. Att få sitt dagliga behov av näring tillgodosett är därför inte bara en hälsofråga; det är även en fråga om demokrati och rättvisa.

## REFERENSLISTA

Allkorn (2009). *Manifest om tillgången till utsäde*. Sammanfattning. Online (2009-03-04): <http://www.allkorn.se/pdf/sammanfattning%20-%20manifest%20uts%C3%A4de.pdf>

Altieri, M. A. (2000). *Modern agriculture: Ecological impacts and the possibilities for truly sustainable farming*. Division of Insect Biology. University of California, Berkeley. Online (2009-03-03): [http://www.cnr.berkeley.edu/~agroeco3/modern\\_agriculture.html](http://www.cnr.berkeley.edu/~agroeco3/modern_agriculture.html)

Ascard, J. och Rehnstedt, C. (red.) (2003). *Ekologisk odling av grönsaker på friland*. Kurspärm. Jordbruksverket.

Bouis, H., E. (2002). *Plant breeding: A new tool for fighting micronutrient malnutrition*. The Journal of Nutrition. 0022-3166/02. American Society for Nutritional Sciences. 2002.

Clay, J. W. (2004). *World agriculture and the environment: A commodity-by-commodity guide to impacts and practices*. Island Press, Washington D,C. 2004. E-bok.

Cochrane, W. W. (1993). *The development of American agriculture: A historical analysis*. University of Minnesota Press. 1993. E-bok.

Demment, M. W., Young, M. M. och Sensenig, R. L. (2003). *Providing micronutrients through food-based solutions: A key to human and national development*. The Journal of Nutrition. 133: 3879S-3885S. American Society for Nutritional Sciences. 2003.

EU: Food law, Nutrition and Labeling unit (2007). *Administrative guidance on submissions for safety evaluation of substances added for specific nutritional purposes in the manufacture of foods*. Direktiv. Europeiska kommissionen. Online (09-01-24): [http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/nutritional/adm\\_guidance\\_safety\\_substances\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/nutritional/adm_guidance_safety_substances_en.pdf)

EU (2006). *Europaparlamentets och Rådets förordning (EG) nr 1925/2006 om tillsättning av vitaminer och mineralämnen samt vissa andra ämnen i livsmedel*. Europeiska unionens

officiella tidning. 06-12-30. L 404/26. Online (09-01-21): <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:404:0026:0038:SV:PDF>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations Staff (2001). *State of food insecurity in the World 2001. Food insecurity: When people live with hunger and fear starvation*. FAO. 2001. E-bok.

Filson, G. C. (red.) (2004). *Intensive agriculture and sustainability: A farming systems analysis*. UBC Press, Vancouver. 2004. E-bok.

FN (1997). *Konventionssamling i mänskliga rättigheter och humanitär rätt*. Sammanställd av frivilligorganisationernas fond för mänskliga rättigheter. Stockholm.

Greenpeace (2005). *Golden rice is a technical failure standing in way of real solutions of Vitamin A deficiency*. Artikel. Författare saknas. Online (2009-02-21): <http://www.greenpeace.org/international/press/releases/golden-rice-is-a-technical-fai>

Greenpeace (2009). *Patent på liv*. Hemsida. Online (2009-03-02): <http://www.greenpeace.org/sweden/kampanjer/gmo/gmo-i-varlden/Patent-pa-liv>

Hampson, F. O. och Reppy, J.(red.) (1996). *Earthly goods. Environmental change and social justice*. Cornell University Press. Ithaca och London.

King, J., C. (2002). *Evaluating the impact of plant biofortification on human nutrition*. The Journal of Nutrition. 0022-3166/02. American Society for Nutritional Sciences. 2002.

Livsmedelsföretagen hemsida (2009). Online (09-02-22): <http://www.li.se/Templates/Article9.aspx?PageID=d0f9a98d-6d13-429f-8239-b50f5aaa194f>

Lundegårdh, B. (2007) *Förändringar av råvarans nyttigheter. Vad kan den svenska bonden göra för att öka sin globala konkurrenskraft?* Rapport. Centrum för uthålligt lantbruk. Uppsala. 2007. Online (09-01-29): <http://www.cul.slu.se/publikationer/RapportLRF.pdf>

Lönnerdal, B. (2003). *Genetically modified plants for improved trace element nutrition*. The Journal of Nutrition. 0022-3166/03. American Society for Nutritional Sciences. 2003.

Mcneill, J. R. (2003). *Någonting är nytt under solen: 1900-talets miljöhistoria*. Studieförbundet Näringsliv och Samhälle. SNS Förlag. Stockholm.

Monsanto hemsida (2004). *Why does Monsanto patent seeds?* Online (2009-09-04): [http://www.monsanto.com/seedpatentprotection/monsanto\\_patent\\_seeds.asp](http://www.monsanto.com/seedpatentprotection/monsanto_patent_seeds.asp)

Myrdal, J. (1996a). *Jordbrukets nya riktning ur Landbon, ladan och lagen och hägnaderna, arbetstiden och bygdelaget samt ytterligare 20 agrarhistoriska artiklar*. Kungliga Skogs- och lantbruksakademien. Stockholm 1996.

Myrdal, J. (1996b). *Det europeiska jordbrukets historia och det svenska jordbrukets historia fram till 1900 ur Landbon, ladan och lagen och hägnaderna, arbetstiden och bygdelaget samt ytterligare 20 agrarhistoriska artiklar*. Kungliga Skogs- och lantbruksakademien. Stockholm 1996.

Myrdal, J. (1996c). *Betingsläror och arbetsåtgång i lantbruket ur Landbon, ladan och lagen och hägnaderna, arbetstiden och bygdelaget samt ytterligare 20 agrarhistoriska artiklar*. Kungliga Skogs- och lantbruksakademien. Stockholm 1996.

Persley, G. J. & Reginald MacIntyre, L. (red.) (2002) *Agricultural biotechnology: Country case studies: A decade of development*. CABI. New York. E-bok.

Public Citizen hemsida (2009). *The WTO on agriculture: Food as a commodity, not a right*. Online (2009-03-04): <http://www.citizen.org/trade/wto/articles.cfm?ID=10393>

Raven, P. H., Evert, R. F. och Eichhorn, S. E. (1999). *Biology of Plants*. Sixth edition. W. H. Freeman and Company/ Worth Publishers. New York.

Santaniello, V. (2005). *Agricultural biotechnology: Implications for food security*. Agricultural Economics. Volym 32, Nr. 1

Serra-Majem, L. (2001). *Vitamin and mineral intakes in European children: Is food fortification needed?* Public Health Nutrition: 4(1A), 101-107. Cambridge.

Shekar, M., Heaver, R och Yi-Kyoung, L. (2005). *Repositioning nutrition as central to development: A strategy for large scale action*. World Bank. Washington D.C., 2005. E-bok.

SLU (2009). LTJ-fakulteten, Alnarp. Online (09-02-22): [http://www.ltj.slu.se/1/O1\\_for2.html](http://www.ltj.slu.se/1/O1_for2.html)

Toomey, G. (1999). *Farmers as researchers: The rise of participatory plant breeding*. Nyhetsartikel 1999-09-10. The International Development Research Centre, IDRC. Online (09-02-25): [http://www.idrc.ca/en/ev-5559-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.idrc.ca/en/ev-5559-201-1-DO_TOPIC.html)

UNDP hemsida. *Strategies and policies for poverty reduction*. Online (09-01-27): <http://www.undp.org/poverty/propoor.htm>

Unnevehr, L., Pray, C. och Paarlberg, R. (2008). *Addressing micronutrient deficiencies: Alternative interventions and technology*. The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics. Vol. 10, Nr. 3, Art. 1. Online (09-03-02): <http://www.agbioforum.org/v10n3/v10n3a01-unnevehr.htm>

Vogel, R. W. (2004). *The escape from hunger and premature death, 1700-2100. Europe, America, and the Third World*. Cambridge University Press. 2004. E-bok.

Welch, R. M., Graham, R. D. (2003). *Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective*. Focus paper. Journal of Experimental Botany, Vol. 55, Nr. 396. Februari, 2004.

WFP hemsida (2009). Online (2009-02-25): <http://www.wfp.org/nutrition/howto>

WHO (2003a). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: Report of a WHO/FAO expert consultation*. Genève. 2002. Online (09-02-01): [http://www.who.int/hpr/NPH/docs/who\\_fao\\_expert\\_report.pdf](http://www.who.int/hpr/NPH/docs/who_fao_expert_report.pdf)

WHO (2003b). *Food and health in Europe: A new basis for action*. Köpenhamn: Regional Office for Europe, World Health Organization.

WHO (2008). *Maternal and newborn nutrition and health*. Faktblad. Online (09-01-26): [http://www.who.int/making\\_pregnancy\\_safer/events/2008/mdg5/nutrition.pdf](http://www.who.int/making_pregnancy_safer/events/2008/mdg5/nutrition.pdf)

Widengård, M. (2003). *Intellectual property rights in common bean breeding*. Department of Plant Biology and Forest Genetics and Department of Rural Development. SLU. Uppsala. Online (09-02-25): <http://ex-epsilon.slu.se/archive/00000089/01/Widengard.pdf>

Zimmermann, R. & Caim, M. (2004). *Potential health benefits of Golden rice: A Philippine case study*. *Food Policy* 29 (2004) 147-168. Elsevier.

Öhman, C. (1991). *Historia för högstadiet*. Almqvist & Wiksell Läromedel AB. SAMS. Uppsala.