

Växtförädling, matproduktion och det framtida jordbruket

TEXT: ROLAND VON BOTHMER

Klimatförändringar, miljöproblem, överbefolkning, urbanisering, hunger, fattigdom, pandemier... Listan kan göras lång över de problem som mänskligheten står inför och kan vi verkligen klara alla dessa utmaningar?

I dag bor det fler människor i städer än på landsbygden och för att klara så att alla kan få ett drägligt och värdigt liv så måste livsmedelsförsörjningen säkras.

Vi måste producera upp till 70 % mer livsmedel fram till år 2050 (enligt FAO) på *i bästa fall* samma åkerareal som i dag och *i bästa fall* på samma tillgång av vatten som idag! Är detta en omöjlig ekvation? Det krävs en ”uthållig intensifierad odling”, som den moderna termen låter för jordbruksprodukter världen över – vi har ju bara ett jordklot till vårt förfogande.

Det gäller inte bara mängden livsmedel utan också hög kvalitet och stor variation. För att kunna se framåt i kristallkulan måste man ibland blicka bakåt – var kommer våra kulturväxter ifrån, hur stor är den genetiska diversiteten, hur har jordbruk och modern teknik utvecklats och hur kan vi prediktera framtiden?

Människan, naturen och den agrikulturella revolutionen

En gång i tiden var människan jägare och samlare. Vi var i balans med naturen och vår påverkan av biotoperna var små – vi utnyttjade överskottet, ”räntan”, i naturens skafferi men tärde inte på ”kapitalet”. Det betydde att de gamla populationerna av växter och djur var stabila, men också att få människor kunde försörjas på en viss areal.

Denna livsstil ändrades abrupt när människan blev jordbrukare, bofast och förändrade såväl biotoper som arter av djur och växter till att passa den nya näringen, jordbruket. De blev domesticerade.

Detta skedde först i det område som kallas Den Bördiga Halvmånen i sydvästra Asien för ungefär 10 000 år sedan och de flesta av våra stora kulturväxter har gamla anor (t ex korn, vete, lin och ärtor). Redan de äldre, högstående kulturerna i Mesopotamien och Egypten hade ett välutvecklat jordbruk baserat på många arter.



Författaren på Svalbard. Foto: Åsmund Asdal

SLU:s förtjänstmedalj i guld tilldelades professor Roland von Bothmer 2016
Roland von Bothmer är professor emeritus i kulturväxternas genetik och förädling. Som forskare och handledare av doktorander har han en tydligt internationell profil, med insatser i utvecklingsländer och i uppbyggnaden av den globalt viktiga genbanksverksamheten på Svalbard.



Vildformen av korn

Vildformen av korn (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) växer fortfarande vild i östra Medelhavsområdet och är en viktig genetisk resurs i kornförädlingen. Den har inga korsningsbarriär med det odlade kornet men visar flera ”vilda” egenskaper. Vildkornet har öppna blommor med uthängande ståndare och en korsbefruktningsgrad på upp till 10% (odlat korn har < 10%). Dessutom har *spontaneum* ett skört ax som lätt brister vid mognad och långa borst som lätt fastnar i en djurpäl och sprider fröna. Det är egenskaper som förlorats i det odlade kornet.

Foto Roland von Bothmer

När en vild växt anpassas till odling sker radikala genetiska förändringar. Den domesticerade arten får helt andra egenskaper. Den nya kulturväxten skall anpassas till sin nya miljö med kortare livscykel, annan reproduktion (en kulturväxt är mer självbefruktande än sin ursprungsform), förlust av fröspridningsmekanismer, jämn frögroning och frömognad. Det är egenskaper som är helt motsatta mot kraven i naturen.

Vildformen har blivit en kulturväxt och under processen har det ofta bildats isoleringsbarriärer mellan dem som förhindrar genutbyte. Nya arter bildas, vissa är kända bara som odlade, och den genetiska diversiteten har ökat. Successivt har människan också valt ut de typer som är önskvärda med bättre smak, högre kvalitet eller större sjukdomsresistens.

Efter den initiala, ganska snabba domesticeringsprocessen inom ett litet område skedde en successiv process – migration. Det nya jordbruket med sina kulturväxter spreds över världen och växterna anpassade sig till nya edafiska och klimatiska förhållanden. Så bildades specifika lokal- eller lantsorter genom naturligt och medvetet urval av nya former.

Jordbruket kom till Skandinavien för ca 6 000 år sedan och därefter har vi odlat korn och vete på våra åkrar (det blir under 6 000 generationer för en ett-årig gröda – tanken nästan svindlar). De gamla lantsorterna har varit en rik källa för utveckling av en hög genetisk diversitet.

Ända fram till slutet av 1800-talet har traditionell odling skett med en långsam förändring av odlingssystem och sorter. Under de sista 150 åren har en rekordartad utveckling skett. Nya och effektivare brukningsmetoder har revolutionerat jordbruket. Avkastningen har höjts dramatiskt med hjälp av konstgödning, bekämpningsmedel av olika slag, maskinell och teknisk utveckling och inte minst genom den moderna växtförädlingen. Ibland tycker man kanske att det gått alltför fort – den kloka eftertanken borde nog ha spelat en större roll i utvecklingen...

Växtförädling – traditionellt hantverk och modern forskning

Den moderna växtförädlingen började i Europa, och även i Sverige, som ett krav från odlarna, främst vid de större godsena. Man ville ha utsäde med jämnare kvalitet, stabilare avkastning och



Lantsort av korn

Lantsorter utvecklades tidigt som välanpassade till mycket lokala förhållanden. Den genetiska variationen inom och mellan olika lantsorter är mycket stor. I Europa är i stort sett alla gamla lantsorter försvunna, men en del finns bevarade i genbanker. Lantsorter odlas fortfarande i vissa områden i världen men håller på att försvinna med en oroväckande hastighet – den genetiska erosionen är ett faktum. Att bevara den genetiska variationen är viktigt för att framtida växtförädling skall kunna bedrivas rationellt. Här en mycket variabel lantsort av korn insamlad i Kirgisistan vid Issyk-Kuhl lake 2008.

Foto Roland von Bothmer

högre sjukdomsresistens än vad de gamla lantsorterna erbjöd. De mycket variabla lantsorterna blev utgångspunkt för de nya sorterna. Man gjorde helt enkelt ett urval av de bästa plantorna i lantsorten och detta blev den nya, mer homogena sorten.

Urval går bra att göra när man har variation i utgångsmaterialet, men vid upprepat urval ”tar variationen slut” och man har uppnått en genetiskt enhetlig, homozygot linje. Det var också vad som skedde. Vid återupptäckten av de Mendelska ärftlighetslagarna år 1900 och förståelsen för de genetiska mekanismerna ökade fick man plötsligt helt nya redskap för sin förädling. Man började korsa olika föräldralinjer, s k kombinationsförädling. Härigenom har man näst intill oändliga möjligheter att skapa nya kombinationer och nya sorter. Även om urval och rekombination är ”ålderdomliga” metoder är de i högsta grad aktuella – de används fortfarande i den moderna förädlingen, men analysmetoderna har blivit mycket sofistikerade.

Dagens förädlare har fått många nya redskap i sin verktygslåda och här går utvecklingen rasande fort. I takt med att ny kunskap blir tillgänglig genom forskning har ett stort antal metoder utvecklats och de flesta är fortfarande i bruk. Förädlaren väljer den eller de tekniker som bäst passar till det aktuella förädlingsprogrammet. Man ser en utveckling från mutationer, polyploidi, via cell- och vävnadsodling, molekylära markörer och transformation (eller GM, genetisk modifiering) till dagens nyaste tekniker med riktade mutationer, som CRISPR/Cas och zinkfinger technology.

I takt med att den vetenskapliga utvecklingen har blivit mer sofistikerad har också växtförädlingen börjat ifrågasättas. Det är speciellt fallet när transformationstekniken (GMO) utvecklades i början av 1980-talet. Metoden går ut på att enskilda gener ”klippas ut” flyttas mellan olika organismer, antingen inom arten eller mellan arter. När GM-tekniken började utvecklas var kom-



Korsningsförädling och artkorsningar

Växtförädlingen effektiviserades när man i början av 1900-upptäckte att man kunde korsa olika föräldralinjer och på så sätt kombinera egenskaper. Det innebär att man först preparerar bort de ännu omogna ståndarna (emaskulering, till vänster). När pistillen är mottaglig någon dag senare för man över pollen från den faderlinjen. – När vävnadsodlingen utvecklades på 1960- och 70-talen kunde man också göra korsningar mellan mer avlägset besläktade arter. I många fall sker en befruktning men fröet utvecklas inte normalt. Endospermet ("frövitan") som skall förse det unga embryot med näring degenererar. Embryot måste då prepareras ut och odlas på ett näringsrikt medium (till höger).

Foto Roland von Bothmer

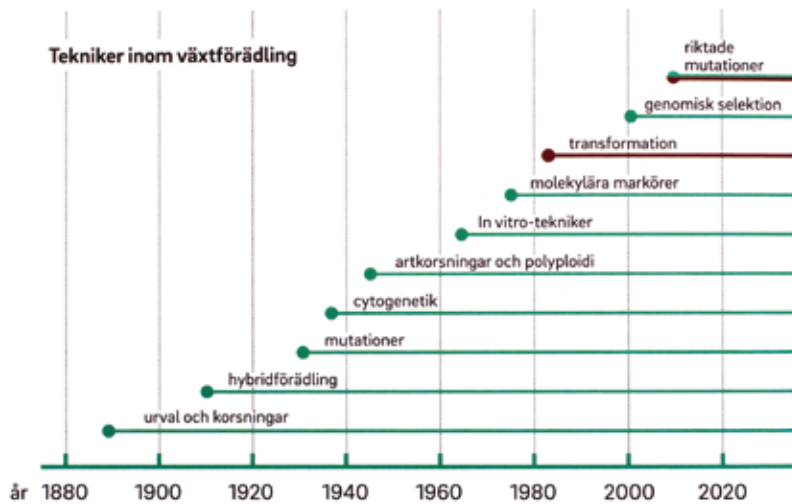
munikationen mellan företag, vissa forskare, politiker och allmänheten bristfällig. Dels lovade företagen mycket som inte kunde infrias och dels informerade man inte tillräckligt om teknikens möjligheter, begränsningar och risker. Man tog inte människornas oro för den nya och okända tekniken på allvar. Detta resulterade i den mycket strikta lagstiftning av GM-teknikens användning som nu praktiseras inom EU. Det innebär att det är komplicerat, långsiktigt och kostnadskrävande att få en sort godkänd för odling inom EU. Från början var själva GM-tekniken dyr att praktisera men tekniken, som nu är "gammal", är i dag både enkel och billig och kan enkelt praktiseras hemma i köket. De nya teknikerna med riktade mutationer innebär att inga gener flyttas utan man ändrar en gens funktion på plats.

Trots den stora teknikutvecklingen är växtförädlingen i dag en långsiktig process. Att ta fram en ny sort tar 8–10 år oberoende av vilken teknik som används. Förädling är alltså ingen näring som ger "snabba cash". Växtförädlaren måste dessutom vara något av en visionär. Inte nog att man skall hantera alla dagens problem med sjukdomar, avkastningspotential och odlingsproblem, man skall dessutom veta vad man marknaden vill ha – om 10 år!

Vem växtförädlar?

Växtförädlingen i Sverige och resten av världen har varit en mycket stabil verksamhet under mer än ett sekel. Först ut i Sverige var familjeföretaget W Weibull AB i Landskrona som bildades 1870. Kort därefter (1886) kom det "halvstatliga" Sveriges Utsädesförening i Svalöv. Båda företagen hade en mycket bred förädlingsportfölj och förädlade på i stort sett alla trädgårds- och jordbrusväxter som odlades i Sverige (utom frukt och bär). Senare (1912) grundades Hilleshög AB i Landskrona med uteslutande inriktning på sockerbeter, som man också blev världsledande i. Denna bild var stabil ända fram till 1980-talet då den stora internationella flyttkarusellen började. Företag köps och säljs på löpande band och fusioner och avknoppningar sker.

I Sverige skedde en fusion mellan Weibulls och Svalöv år 1993 (Svalöv Weibull AB som blev SW Seed) och med Lantmännen som ensam ägare. Det har också skett en betydlig minskning av de olika förädlingsprogrammen och flera av



Växtförädlingens utveckling

Växtförädling är en tillämpad och teknikbaserad disciplin som är nära kopplad till den vetenskapliga utvecklingen. Sedan den moderna växtförädlingen inleddes i slutet av 1800-talet har kontinuerligt nya och för sin tid revolutionerande metoder introducerats och berikat växtförädlarens verktygslåda. Urval och korsningar som utvecklades i slutet av 1800-talet är fortfarande viktiga element i dagens förädling. Transformation ger upphov till GM-växter som faller inom den speciella GMO-lagstiftningen. För riktade mutationer är bedömningen för närvarande oklar.

Bild från boken *Bortom GMO*

dem har också flyttats utomlands. Hilleberg har blivit en del av det multinationella företaget Syngenta Seeds AB och verksamheten i Landskrona har reducerats. Förädlingen av främst frysärtor bedrevs framgångsrikt av Findus i Bjuv, som nyligen blev uppköpt av ett internationellt företag och förädlingen har lagts ned. Verkligheten är att den en gång så stolta och världsberömda svenska växtförädlingen är nu ganska marginell. Det sker ingen förädling av grönsaker längre, inte ens i hela Norden, och mycket av förädlingen på jordbrukssidan är nedlagd, har minskats eller har flyttats utomlands.

Den utveckling vi ser är oroväckande. Vi blir mer och mer beroende av förädlingsverksamheter i andra länder, främst från multinationella företag, som definitivt inte har det svenska jordbruket i fokus. Internationellt ser utvecklingen liknande ut. Ett fåtal multinationella företag ("The Big Five") har successivt blivit ännu större. De köper upp mindre företag, främst inom bioteknikområdet, och fusionerar med företag inom jordbrukskemi. De sätter agendan för vad som skall förädlas och hur det skall förädlas och för vem och de har fokus på stora jordbruksområden, stora marknader och stora grödor.

Europa domineras fortfarande av små och medelstora företag med eller utan statligt stöd. Ett stort problem är att dessa företag inte har en rimlig möjlighet att konkurrera med de multinationella jättarna och inte har de ekonomiska muskler som krävs för att t ex kunna använda bioteknik i sin förädling.

Vem äger sorterna och generna?

Förutom när en förädling helt eller till största delen är finansierad av statliga medel, som dagens svenska äppelförädling som bedrivs vid SLU i Balsgård, har alla ett avkastningskrav på verksamheten. Intäkterna skall täcka fortsatt förädling, forskning och utveckling och ge en rimlig avkastning till ägarna. Man måste också säkra sig att en ny sort eller förädlingslinje inte kommer i orätta händer och kan utnyttjas av en konkurrent. Den hävdvunna rättigheten för bönderna att kunna ta sitt eget utsäde måste också kunna tillgodoses.

Under senare hälften av 1900-talet har ett effektivt och enkelt system utvecklats som många länder har anslutit sig till, UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) eller växtförädlarrätt. Det reglerar att ett företag eller en förädlare äger den sort som man släpper på marknaden och får in royalty för. Samtidigt som sorten kommer på sortlistan får

vem som helst fritt använda den till forskning och ny förädling – men självklart får man inte föröka upp den och sälja som sin egen sort.

Bonden får ta utsäde från den egna skörden och själv odla nästkommande år och betalar då en lägre royalty till sortägaren. Nackdelen är att det egna utsädet då inte är certifierat. Det kan innehålla orenheter som ogräsfrö eller svampsporer som kan påverka avkastningen i nästa års skörd.

I framför allt korsbefruktande växtslag (t ex raps, majs och sockerbetor) kan förädlaren försäkra sig om att det inte går att ta eget utsäde via så kallad *hybridförädling*, som är korsningar mellan olika inavlade föräldralinjer. Dessa hybrid sorter ger en mycket hög avkastning, men är höggradigt genetiskt variabla (heterozygota) och ger en mycket ojämn avkomma.

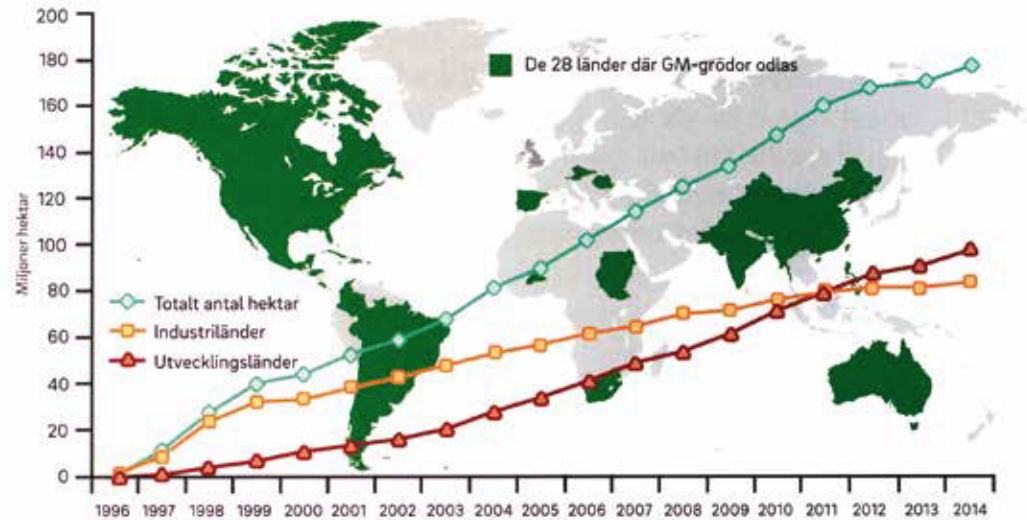
Under senare år, i takt med bioteknikens utveckling, har ett annat sätt att reglera intäkter till växtförädlingsföretagen, patentering, utvecklats. Det är ett komplicerat system som också är högst kontroversiellt och ifrågasatt. Varje land har olika patentlagstiftning vilket gör hanteringen dyr och komplicerad, dvs en dröm för överdimensionerade juridiska avdelningar på företagen. Framför allt är det i USA som patentering av gener eller sorter är en viktig faktor.

Om ett företag vill använda en gen för en specifik egenskap i sin egen förädling men som man inte äger själv kan det bli en snårig process. För att kunna använda genen i fråga kan det röra sig om flera patent för olika delar av genen som man måste ha tillgång till för att genen skall fungera – patent som kan innehas av olika företag! Det resulterar i en mycket komplicerad och dyr förhandlingsprocess. Det betyder också att små

Odling av GM-grödor

Den globala odlingen i 28 länder av GM-grödor från 1996 till i dag i industriländer, utvecklingsländer och totalt.

Bild från boken *Bortom GMO*



och medelstora företag har mycket begränsade ekonomiska möjligheter att utnyttja modern bioteknik. Förhoppningsvis kommer vi i Sverige och Europa vara förskonade från de värsta avarterna av patentraseriet.

Förädling i dag och i morgon

Teknikutveckling går rasande fort och GMO är numera en nästan "uråldrig" metod med sina mer än 30 år. När EU:s lagstiftning utvecklades under 1990-talet rådde försiktighetsprincipen. Den då nya tekniken var okänd och man måste kunna bedöma riskerna med att använda den. Baserat på den oro som myndigheter och allmänhet kände lade man ett stort ansvar på producenterna med en komplicerad och rigorös riskevaluering för att en sort skall bli godkänd för odling inom EU. Det var kanske befogat med dåtidens bedömning. Lagstiftningen har resulterat i att praktiskt taget ingen odling sker av GM-grödor i Europa.

Situationen är helt annorlunda i dag. Under de senaste 20 åren har GM-grödor odlats på sammanlagt mer än 1,5 miljarder hektar runt om i världen och numera årligen på ca 200 miljoner hektar. Några risker eller problem har inte noterats. GM-debatten som för 5–6 år sedan var mycket intensiv har numera tystnat i Sverige.

För mig har problematiken blivit en helt annan. Att få en sort godkänd inom EU kräver en astronomiskt hög kostnad. Med all testning som skall göras uppskattas det till ca 100 miljoner SEK. Inget av de många små och medelstora regionala företag vi har i EU har råd till detta, man får snällt se på när de stora multinationella företagen arbetar vidare och lanserar nya sorter, främst för

odling utanför EU. De små företagen har hamnat i ett Moment 22. Det är en (befogad) kritik mot att de stora företagen sätter agendan och lanserar de egenskaper som man själva prioriterar (t ex herbicidresistens och bt-tolerans), som också är bra för stora odlare i stora grödor (bomull, majs och soja) och ger goda inkomster till sortägaren. De små företagen (eller statliga förädlare) som har ambitionen att arbeta med små grödor i små odlingsområden eller för utsatta regioner (t ex stressegenskaper som är viktiga för vissa områden), kort sagt de egenskaper som skulle gynna konsumenter och små odlare eller vara av intresse för miljön får inte chansen att jobba med GM-tekniken, testerna är alltför dyra.

Samtidigt betonar GMO-kritikerna att det inte finns exempel på bra egenskaper framtagna med GM-tekniken. Detta sker samtidigt som många andra länder utanför EU odlar GM-grödor i mycket stor skala – som sedan importerar till EU och konkurrerar med inhemsk produktion.

Så kan till exempel en inhemsk produktion av proteingrödor för djurfoder (t ex ärtor och bönor) inte alls konkurrera med importerad soja! Vi håller härigenom på att avhända oss kontrollen av vårt eget jordbruk och vår egen förädling med utslagning av bönder och företag som följd.

Andra länder och stora företag tar över vilket är en fara för självförsörjning och matsäkerhet. Ett ytterligare problem är att avancerad forskning flyttar ut från EU, en "braindrain" sker.

GM-tekniken löser självklart inte alla problem. Det är en teknik, dock mycket kraftfull, bland många andra och är ett komplement när andra tekniker inte räcker till. GMO är nu en gammal teknik och de nya metoderna med riktade mutationer är mer precisa och effektiva.

Jordbruksverket har nyligen gett klartecken till försöksodling av en broccoli förändrad med CRIPR/Cas-tekniken. Man har bedömt att den är likvärdig med den gamla mutationstekniken och därför är helt fri att användas. Inga gener har flyttats mellan arter och det går dessutom inte att skilja från en linje som tagits fram med konventionella metoder. Sista ordet är dock inte sagt. Ärendet ligger nu i Bryssel för EU-bedömning.

Personligen tror jag det skulle vara mycket problematiskt att avreglera GM-tekniken. Vi sitter fast i gamla konventioner (och gammal byråkrati) och konservatismen är mycket stor i flera EU-länder. Det är sunt att vara skeptisk men det är risk med alla metoder – det är hur de används och till vad som vållar problem. Den mångåriga och storskaliga odlingen av

GM-grödor har övertygat mig om att det inte finns några risker med tekniken. Det helt överskuggande problemet är att vi låter andra (länder och företag) bestämma över vår egen matproduktion och vi får allt mindre att säga till om själva.

Framtidens jordbruk och matproduktion

Utvecklingen av framtidens jordbruk är spännande. Vi har preciserat en rad problemställningar som måste lösas såväl i Sverige som i resten av världen. Den "omöjliga" ekvationen omfattar en ökad matproduktion med hög kvalitet och en odling utan miljöpåverkan och utan att tära på tillgången av mark och vatten!

Växtförädlingen kan naturligtvis inte ensamt lösa världsproblemen, men kan vara ett gott bidrag. En gemensam och ansvarsfull teknikutveckling baserad på kunskap och vetenskapliga landvinningar bidrar till att klara utmaningen. Det finns skäl till en försiktig optimism om vi kan samarbetabara internationellt och att kloka politiker och myndigheter vågar fatta de rätta besluten!

Referens

Roland von Bothmer, Torbjörn Fagerström och Stefan Jansson. 2015. *Bortom GMO. Vetenskap och växtförädling för ett hållbart jordbruk*. Fri Tanke.



Att sätta frö i CD-fodral

TEXT OCH FOTO: BRITTA PILKVIST, ERIK DAHLBERGSGYMNASIET, JÖNKÖPING

Biologin innehåller många begrepp som för en tonåring kan ha svårt att relatera till. När jag har arbetat i årskurs 7 på högstadiet har jag oftast mycket grön biologi och mycket om biologins grundbegrepp.



Jag vill att de ska bli bekväma med att använda grundbegreppen i stället för "vardagsspråk". En del av de begrepp vi arbetade med var art, ras, fertil, steril, befruktning, avkomma, fröväxter, sporväxter med mera. Dessutom har de fått träna på delarna på en fanerogam och även lärt sig hur en befruktning går till, med pollenslang, hanceller, fröämne, frövita, grodd med mera.

Under förra våren provade jag denna, mycket enkla, laboration som går att utveckla mycket. Min tanke var att de på ett praktiskt sätt skulle se hur ett frö var uppbyggt med frövita och grodd och vad som hände både ovan och under jord när fröet började växa.

Med denna laboration får även fotosyntesen ett synliggörande så du på ett tydligt sätt kan se vad som händer när de olika hjärtbladen sticker upp. För att eleverna skulle få se en skillnad planterades även en kontrollkruka med de olika fröerna. Denna kruka ställdes i ett mörkt skåp för att se hur de såg ut jämfört med elevernas odlingar. Jag valde fröer med olika typer av hjärtblad, för att påvisa att det finns olika.

Till laborationen behövs:

1. Gamla CD-fodral
2. Plastkruka till kontrollodlingen
3. En droppipett
4. Såjord
5. Gula ärtor och popcornmajs (obs, inte mikropopcorn)
6. Papper och tejp för notering av frö

Detta experiment görs i grupp, det kan vara svårt att få tag på tillräckligt många CD-fodral i annat fall.

Eleverna får öppna CD-fodralet och fylla det till en tredjedel med såjord. Därefter får de lägga de två fröna 1-2 cm djup (här kan man utveckla och testa olika djup). De ska så ned mot öppningen av fodralet, så att det går att vattna ner på fröerna från "ryggen" på CD-fodralet. När de har slagit ihop fodralet ska de vattna fröerna genom springan som nu blir längst upp. Här får de använda en droppipett, vilket brukar vara uppskattat för åk 7.

När detta är gjort får eleverna noga skriva upp vilket frö som är var. Fröerna syns, men det ger en övning i att arbeta systematiskt. Nu gäller det att eleverna gör en dokumentation av sin undersökning med bilder, diagram, resultat och resultatdiskussion

I och med att fröerna är sådda i ett CD-fodral och att det inte är direkt ljusgroende fröer kan du ställa ihop dem i en glassburk, eller liknande, så tar det inte någon stor plats.