

Hemligheten bakom naturens skönhet förklarad

Roos van der Spoel

Populärvetenskaplig sammanfattning av Självständigt arbete i biologi 2012

Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

*Blomväxter (angiospermer) har funnits på jorden i minst 130 miljoner år, förmodligen ännu längre. Idag är divisionen angiospermer den dominerande växtgruppen på jorden, med åtminstone 300 000 arter. Anledningen till att angiospermerna är så framgångsrika och varierade beror på det som gör divisionen unik, nämligen blomman. Blombildningen är en komplicerad process som styrs av oerhört många gener, men många forskare tror att man genom att förstå denna process kan förstå hur angiospermerna uppkom. Tack vare studier av två modellväxter, *Arabidopsis thaliana* och *Antirrhinum majus*, har man utvecklat den så kallade ABC-modellen för att beskriva hur blommans utveckling går till.*

Sammanfattning

I divisionen angiospermer finns åtminstone 300 000 arter, förmodligen ännu fler. Dessa arter är utspridda över hela världen, i alla möjliga klimatzoner. Därför har många arter anpassat sig väl till olika klimat, men även till pollinatörer. Angiospermdivisionen är med andra ord en grupp växter med en oerhörd diversitet. Det som skiljer sig mest mellan olika arter är hur blomman ser ut. Trots diversiteten bland blommorna går blomformationen till på liknande sätt i alla blomväxter, och det är samma grupp av gener som styr hela processen. Det man har undersökt för att hitta likheter mellan de gener som styr blommans utveckling är framförallt den så kallade MADS-boxen. MADS-boxen är en DNA-sekvens som finns i ett stort antal gener som på olika sätt är inblandade i utveckling av organismer. Den har hittats i nästan alla undersökta eukaryoter, bland annat i däggdjur, växter, jästsvampar, rundmaskar och basala ryggradsdjur. I växter hittades den först i *Antirrhinum*, och senare även i *Arabidopsis*, i gener som kontrollerer blombildningen.

ABC-modellen för blomformation

ABC-modellen för blomformation bygger på resultat från studier gjorda på de två modellväxterna *Arabidopsis thaliana* och *Antirrhinum majus*. Dessa två växter är avlägsna släktingar, och mycket väl studerade med avseende på deras bloutveckling. Tre klasser av gener som styr blommans utveckling har hittats i båda dessa växter, nämligen *A*-, *B*- och *C*-gener. Tillsammans verkar dessa gener i den så kallade ABC-modellen för blomformation. Dessa gener skiljer sig givetvis i de olika växterna, men har visats ha ett gemensamt ursprung. Generna är alltså homologa. Blommorna hos *Arabidopsis* och *Antirrhinum* skiljer sig en del i utseende men är ganska lika i uppbyggnad. I en växt utan mutationer, en vildtypsväxt, sitter blommans olika organ i fyra kransar. I första kransen sitter foderbladen, i andra kransen kronbladen, i den tredje kransen sitter ståndarna och i fjärde kransen sitter pistillen (som i sin tur är uppbyggda av karpeller). *ABC*-generna är även så kallade

Lejongap (*Antirrhinum majus*)

Antirrhinum (figur 2) tillhör familjen Scrophulariaceae, lejongapsväxter. Den blir vanligen mellan 0,5-1 meter hög och hör hemma i Medelhavsregionen. Blomman hos de vilt växande exemplaren är rosa/lila med en gul läpp, men kan ha flertalet andra färger i den odlade formen.

Backtrav (*Arabidopsis thaliana*)

Arabidopsis (figur 1) är en liten växt som tillhör familjen Brassicaceae, alltså samma familj som bland annat raps, kål och broccoli. Växten blir 0,3-0,4 meter hög och dess blommor är ungefär 3 mm i diameter och vita.

homeotiska gener, vilket innebär att om en eller flera gener är muterade kommer en annan gen att ta dess plats och uttryckas där. Mutanter för någon av *ABC*-generna har alltså organ på ställen där dessa organ vanligtvis inte finns.

Mekanismer bakom ABC-modellen: hur går blomformationen till?

ABC-genernas gemensamma uttryck, som noggrant kontrolleras av andra gener, ger en frisk blomma med alla organ på rätt plats. De olika gengrupperna kontrollerar bildningen av olika organ enligt beskrivningarna samt figur 3 nedan.

A-gener i *Arabidopsis* och *Antirrhinum*

A-generna kontrollerar bildningen av foder- och kronblad. När enbart *A*-generna uttrycks bildas foderblad i blommans yttersta krans. För att kronblad ska bildas i blommans andra krans behövs uttryck av både *A*- och *B*-genen. När *A*-generna är muterade, och därmed inte längre aktiva kommer blommans utseende att vara annorlunda än i vildtypen. När *A*-genen inte längre uttrycks kommer *C*-genen ta *A*-genens plats och uttryckas i krans 1 och 2, vilket leder till att karpeller och ståndare bildas istället för foderblad och kronblad.



Figur 1: *Arabidopsis thaliana*, vildtyp.

B-gener i *Arabidopsis* och *Antirrhinum*

B-generna kontrollerar bildningen av kronblad och ståndare. För att kronblad ska bildas i blommans andra krans behövs uttryck av både *A*- och *B*-genen. Uttryck av *B*- och *C*-genen samtidigt ger ståndare. Vid mutation i *B*-generna kommer enbart *A*- och *C*-generna att uttryckas, och blomman kommer då enbart bestå av foderblad och karpeller.

C-gener i *Arabidopsis* och *Antirrhinum*

C-generna styr utvecklingen av ståndare och karpeller. För att ståndare ska bildas i blommans tredje krans behövs uttryck av både *B*- och *C*-genen. Uttryck av *B*- och *C*-genen samtidigt ger ståndare. Enbart uttryck av *C*-genen ger karpeller. När *C*-genen är muterad kommer *A*-genen att ta dess plats och uttryckas i krans 3 och 4, vilket leder till att foderblad och kronblad bildas istället för karpeller och ståndare.



Figur 2: *Antirrhinum majus*, vildtyp.

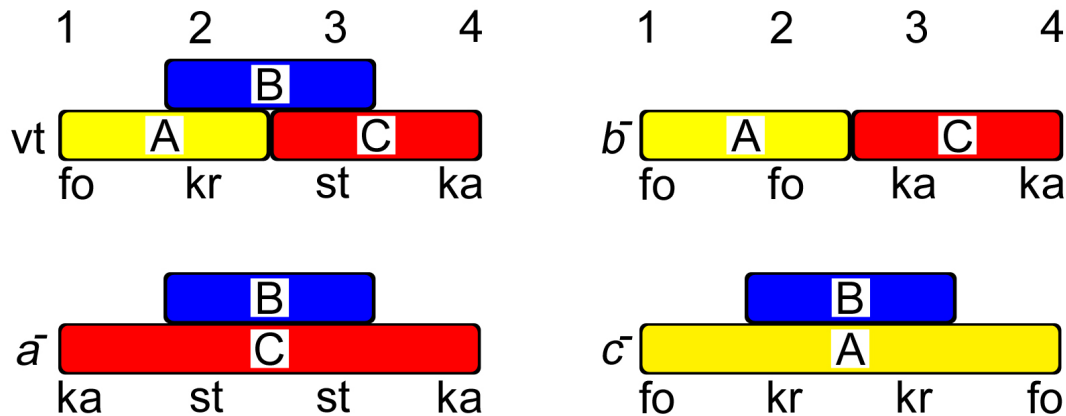
ABCE-modellen: en uppdaterad ABC-modell

Det finns ytterligare gener vars aktivitet är avgörande för blommans utveckling. *E*-generna är sådana gener. I *Arabidopsis* och *Antirrhinum* finns fyra olika *E*-gener. Dessa tillsammans gör det möjligt för blomman att bildas överhuvudtaget, för i en kvadruppelmutant där alla fyra *E*-gener är utslagna bildas ingen blomma alls. Forskare har då kommit fram till att man bör revidera ABC-modellen och istället kalla den ABCE-modellen.

ABC-gener i andra blomväxtfamiljer

ABC-homologer har även hittats i andra blomväxter, bland annat i *Amborella trichopoda* som är en basal angiosperm vars blomorgan har otydliga övergångar från den ena organotypen till

nästa. Organen är organiserade i spiral och på vissa av dem är det svårt att avgöra om det är ett kronblad eller en ståndare, för att det helt enkelt är en blandning av båda. Dock verkar det vara samma typer av gener (MADS-boxgener) som styr denna växts blomutveckling eftersom de uttrycks på platsen motsvarande den i *Arabidopsis* och *Antirrhinum*. Även i andra basala angiospermer, till exempel näckrosväxter, har ABC-homologer hittats.



Figur 3: Schematisk bild över ABC-modellen. I övre vänstra hörnet visas vildtypen. I kran 1 är *A*-genen aktiv → foderblad (fo), i kran 2 är *A+B* aktiva → kronblad (kr), i kran 3 är *B+C* aktiva → ståndare (st) och i kran 4 är endast *C* aktiv → karpeller (ka). I nedre vänstra hörnet visas *a*-mutanten. *C*-genen tar över *A*-genens plats och i kranerna 1-4 bildas organen i ordningen karpell, ståndare, ståndare, karpell. I övre högra hörnet visas *b*-mutanten. Växten bildar organen i ordningen foderblad, foderblad, karpell, karpell (i kran 1-4). I *c*-mutanten, som visas i nedre högra hörnet har *A*-genen tagit över *C*-genens plats och i kranerna 1-4 bildas organen i ordningen foderblad, kronblad, kronblad, foderblad. Omritad efter Weigel & Meyerowitz (1994).

ABC-gener i gran

Homologer till ABC-generna har hittats i gran (*Picea abies*). Granen tillhör divisionen gymnospermer, precis som andra barrväxter, kottpalmer, Ginkgo och gnetofyter. Granen bildar alltså ingen blomma, men homologer till "blomgenerna" finns ändå i dess reproduktiva organ; kotten. Detta innebär att ABC-generna inte är unika för angiospermerna. *E*-gener däremot har inte alls hittats i gymnospermer, vilket tyder på att uppkomsten av *E*-gener är unik för angiospermerna. *E*-geners uppkomst skulle alltså kunna korrelera med de första angiospermernas uppkomst.

Slutsats

ABC-modellen är en enkel modell som på ett överskådligt och lättförståeligt sätt förklarar blomutveckling i de flesta växter. Den fungerar bra på en grundläggande nivå, för de flesta växter. Dock finns det givetvis många fler gener som är inblandade i blommans utveckling än bara *ABCE*-generna, men vill man ha en modell som är enkel att förstå går det inte att blanda in många fler gener. I framtiden tror jag att ännu fler studier kommer att fokusera på att undersöka de MADS-boxgener som är inblandade i blommans utveckling och sedan jämföra dessa gener med gener i gymnospermer för att se var skillnaderna finns. Dessa skillnader kan förhoppningsvis leda till en ökad förståelse för hur angiospermerna uppkom.

Mer information

van der Spoel R. 2012. ABC-modellen: från meristem till blomma. Självständigt arbete i biologi. Uppsala Universitet.

Weigel D, Meyerowitz EM. 1994. The ABCs of floral homeotic genes. *Cell* **78**: 203-209.