

AP1-1 UF3 Afslutningsrapport plantemodeller, Gartneriets produktionsplan ”styrer”

Baggrund

Grundlaget for projektet ”gartneriets produktionsplan styrer” er en antagelse om, at kulturtiden kan beskrives/forudsiges ud fra en række klimafaktorer i gartneriet. Som indledning til projektet er en række videnskabelige artikler samt værktøjer til forudsigelse af kulturtiden (ex. Virtuel Grower og Wave®smart Scheduling) blevet gennemgået, vurderet og nogle af dem er afprøvet på indsamlede klimadata fra gartnerierne.

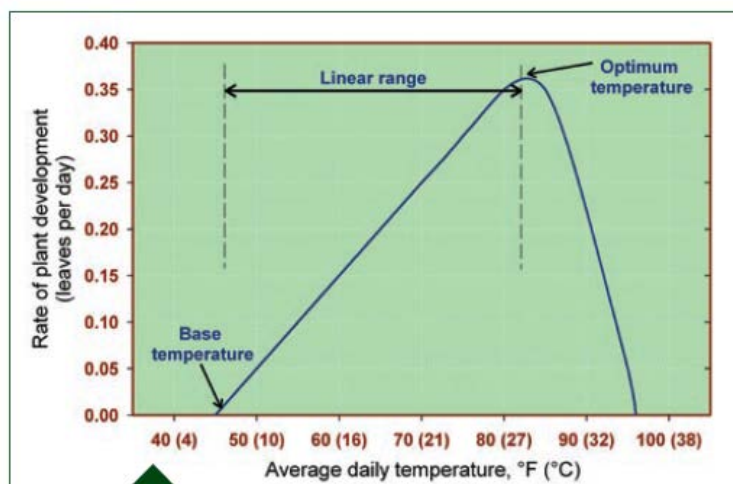
Der har været arbejdet med modeller i plantesammenhæng i mange år. Tidligere har der været meget fokus på fotosyntesemodeller, men ikke mindst de sidste 20 år er der kommet særlig fokus på kulturtidsmodeller, der kan bruges til planlægning af salgstidspunktet for potteplanter og udplantningsplanter. Der er især foregået et omfattende arbejde på Michigan State University (MSU), som har dannet basis for udviklingen af Virtuel Grower (mere herom senere).

Temperatur og udviklingshastighed

En gennemgang af litteraturen viser, at den vigtigste parameter i modeller, der beskriver kulturtiden (=antal dage til blomstring) er MDT = mean daily temperature, nogle steder kaldet ADT = average daily temperature.

Langt hen af vejen er der tale om en lineær sammenhæng, når temperaturen befinder sig mellem en basistemperaturen (=væksten går i stå) og optimum temperaturen. (Vaid og Runkle 2013).

Denne skematiske sammenhæng kan illustreres med følgende figur (Blanchard et al. 2009) der viser udviklingshastigheden, her i form af antal blade pr. dag.



Figur 1: skematisk diagram af udviklingshastighed (her antal blade) i forhold til middeltemperaturen. Kurvens form er forskellig fra kultur til kultur.

Ser vi specifikt på kulturtiden til salgsklar plante vil der mellem basistemperaturen eller $T_{\min}$ og optimumtemperaturen (T_{opt}) for en lang række kulturer være en lineær sammenhæng, hvilket har været beskrevet også i den tidligere litteratur (ex. Yuan et al. 1998).

Kurvernes form kan imidlertid være meget forskellig, som det fremgår af de følgende to figurer. I de 2 figurer vises udviklingshastigheden angivet som 1/antal dage til blomst for en række udplantningsplanter. Det er naturligvis en forudsætning, at der er de rette betingelser for blomstring (ex. kort dag til kortdags planter)

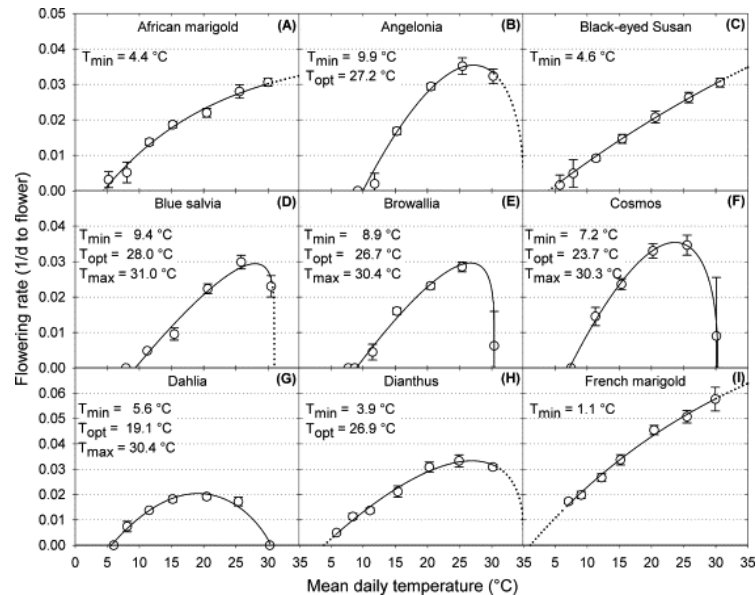


Figure 2: Blomstringshastighed som funktion af MDT i ni plantearter (Blanchard og Runkle 2011).

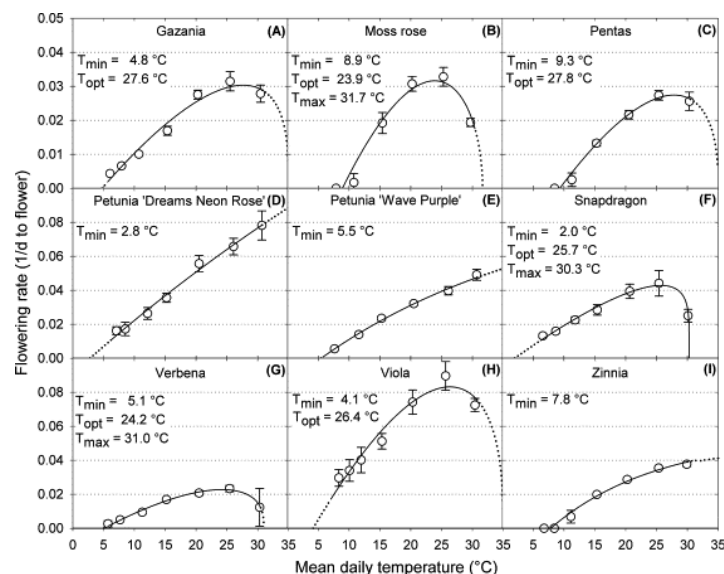


Figure 3: Blomstringshastighed som funktion af MDT i ni plantearter (Blanchard og Runkle 2011).

Den lineære sammenhæng mellem udviklingshastighed og MDT er meget tydelig i Petunia, men det er værd at notere, at kurvens hældning og skæring med x-aksen ($T_{\min}$) er forskellig fra sort til sort. Det er alment kendt, at der kan være store sortsfor-

skelle i sorters udviklingshastighed, og det er en kendsgerning der skal tages hensyn til i vores modelarbejde.

Går man uden for intervallet mellem $T_{\min}$ og T_{opt} er det nødvendigt at arbejde med ikke lineære modeller (Blanchard og Runkle 2011), og der er også kulturer (Gerbera, Impatiens, Kalanchoe), der bedst beskrives med ikke lineære funktioner.

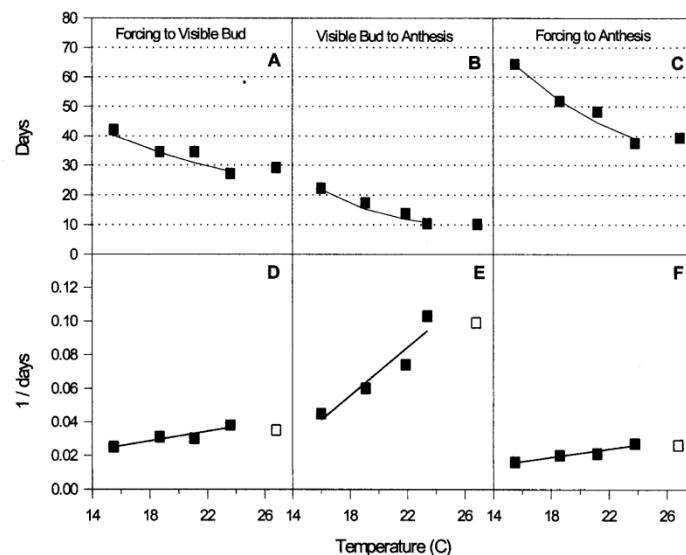
Opdeling i kulturperioder.

En del af de vanskeligheder, der kan være med at fastlægge en model, der passer i alle situationer, kan måske løses ved at opdele kulturtiden i flere perioder. I figuren herunder er der vist et eksempel fra Gaillardia. Her er kulturtiden fra start af drivning til salgsklar plante delt op i 2 perioder:

A fra drivning til synlig knop

B fra synlig knop til salgsklar plante

C viser den samlede kulturtid



Figur 4: Udviklingshastighed som funktion af temperatur i Gaillardia x grandiflorum, opdelt på kulturperioder (Yuan et al. 1998).

Det ses, at der inden for de valgte temperaturer er en lineær sammenhæng, men hældningen på kurven i periode B er større end hældningen i periode A. Det vil sige, der er en stærkere indflydelse af temperaturen i periode B, og det vil have stor betydning at vide det, hvis man ønsker at påvirke salgstidspunktet ved at ændre på temperatur-setpunktet på et givet tidspunkt.

I vores arbejde frem til nu, har vi set, at det i Hibiscuskulturen giver gode resultater at opdele kulturperioden på denne måde. Vi opnår en væsentlig bedre overensstemmelse mellem modellens estimerede kulturtid og realiserede kulturtider.

Opsummering temperaturens indflydelse

Opsamlende vedrørende temperaturen vil der i de fleste kulturer og situationer være en lineær sammenhæng mellem udviklingshastighed ($1/\text{antal dage til blomst}$) og MDT.

Denne sammenhæng kan beskrives med følgende formel:

$$1/\text{antal dage til blomst} = \begin{cases} 0 & \text{hvis } \text{MDT} \leq T_{\min} \\ b_1 (\text{MDT} - T_{\min}) & \text{hvis } T_{\min} < \text{MDT} \leq T_{\text{opt}} \end{cases}$$

Hvor b_1 er en arts- og sortsspecifik temperaturkonstant, der har sammenhæng med hældningen på den lineære del af kurven.

I tabel 1 viser en oversigt med $T_{\min}$ hentet fra forskellige referencer.

Kultur	$T_{\min}$ °C	Reference*	Kultur	$T_{\min}$ °C	Reference*
Tagetes, african	4,4	1	Verbena	5,1	1
Tagetes, french	1,1	1	Pentas	9,3	1
Zinnia	7,8	1	Viola	4,1	1
Rudbeckia hirta	4,6	1	Dahlia	5,6	1
Gazania	4,8	1	Salvia, blå	9,4	1
Cosmos	7,2	1	Diascia	-3,9	2
Osteospermum	-0,5	2	Heliotrop	1,5	2
Nemesia	2,5	2	Gerbera	7,6	2
New G Impatiens	2,4	2	Pelargonie 'Ringo'	5,7	2
Gomphrena	13,8	2	Nicotiana	6,7	2

* 1. Blanchard, Runkle, 2011b, 2. Vaid, Runkle 2013

De forskellige arters følsomhed overfor temperaturen kan subjektivt inddeles i følgende kategorier (Vaid og Runkle 2013)

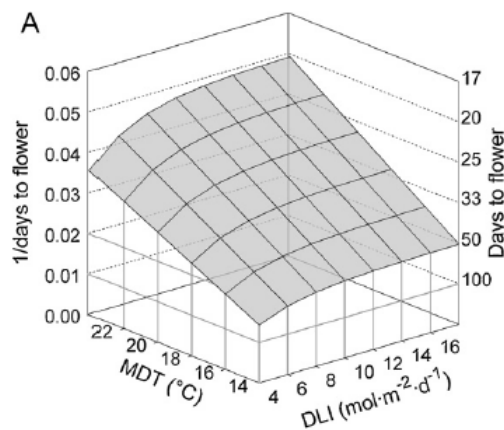
Kuldetolerant	$T_{\min} \leq 4^{\circ}\text{C}$
Middel følsom	$4^{\circ}\text{C} < T_{\min} < 8^{\circ}\text{C}$
Kulde følsom	$T_{\min} \geq 8^{\circ}\text{C}$

Jo højere $T_{\min}$ er jo stærkere reagerer planterne på ændringer i temperaturen.

Lys og udviklingshastighed

Lysets (DLI) indflydelse på kulturtiden er varierende. I Kalanchoe er der tale om en markant effekt og der er tilsyneladende ingen vekselvirkning mellem temperatur og lys (Carvalho et. Al 2006). Det er dog vigtigt at huske, at vi kun taler om udviklingstid her – ikke kvalitet, hvor der givet vil være en vekselvirkning.

I mange andre kulturer er der ligeledes en effekt af lyset, så man får kortere kulturtid, når MDLI (=mean daily light integral) øges, indtil et eller andet mætningspunkt, der er kulturfafhængigt.



Figur 5: indflydelse af MDT og MDLI på blomstrings hastighed ($1/\text{antal dage til blomst}$) i *Petunia*. (Blanchard et al. 2011)

På figuren ses, at effekten af DLI når et mætningspunkt, der er afhængig af temperaturen. Det vil sige, at jo højere temperatur, jo mere lys kan planten udnytte.

Effekten af MDLI er en eksponentiel stigning i udviklingshastigheden (Blanchard et al. 2011). Hvis der var tale om en "ren" lyseffekt ville man forvente en overvejende lineær sammenhæng, så der må være flere forhold der spiller ind her. En mulighed er at plantetemperaturen de facto er højere med mere lys. En anden er, at blomsterinitieringen sker på et tidligere tidspunkt, det vil sige over færre nodier (Vaid og Runkle 2013).

Effekten af DLI kan beskrives med følgende formel:

$$\text{MDLI indflydelse} = 1 - \text{EXP}(e \times \text{MDLI})$$

Hvor e er en kulturspecifik lyskonstant (0 til 1). Denne konstant bestemmer kurvens krumning.

Valg af model

Som nævnt i indledningen er en stor del af det nyere arbejde, der er lavet med plantemodeller og kulturtid, lavet i udplantningsplanter. Vores fokus er et bredt udsnit af planter, med forskellige blomsterinducerende forhold (kortdag, køling, dagneutrale). Det vurderes, at vi for at dække kulturmæssigt bredt skal arbejde med modeller der inkluderer både MDLI og MDT, selvom temperaturen langt hen af vejen har størst indflydelse.

Vi har i tidligere projekter arbejdet med den model, der er udviklet på MSU (primært af Blanchard og Runkle) og som anvendes i værktøjet Virtuel Grower.

Formlen der anvendes her er en kombination af de to formler, der er vist ovenfor:

$$1/\text{days to flower} = (-1 \times T_{\min} \times b_1 + b_1 \times \text{MDT}) \times [1 - \exp(-e \times \text{MDLI})]$$

I tabel 2 herunder er vist eksempel på estimerede værdier for $T_{\min}$ og konstanterne b_1 og e i en række forskellige kulturer.

Tabel 2: Estimerede værdier for $T_{\min}$ og b_1 og e . (Runkle, Blanchard, Frantz 2012)

Species	$T_{\min} (^{\circ}\text{C})^2$	$b_1 (\times 10^{-3})^3$	$e (\times 10^{-1})^3$
<i>Angelonia angustifolia</i> ‘Serena Purple’	9.9	2.31	5.60
<i>Antirrhinum majus</i> ‘Montego Burgundy’	2.0	2.12	2.54
<i>Begonia semperflorens-cultorum</i> ‘Sprint Blush’	6.1	2.07	4.41
<i>Browallia speciosa</i> ‘Bells Marine’	8.9	1.81	2.84
<i>Catharanthus roseus</i> ‘Viper Grape’	11.4	3.08	9.63
<i>Dianthus chinensis</i> ‘Super Parfait Raspberry’	3.9	1.33	4.71
<i>Pelargonium ×hortorum</i> ‘Florever Violet’	5.0	1.21	2.59
<i>Petunia ×hybrida</i> ‘Fantasy Blue’	3.0	3.55	1.83
<i>Petunia ×hybrida</i> ‘Easy Wave Coral Reef’	7.3	2.96	3.20

¹1/days to flower = $(-1 \times T_{\min} \times b_1 + b_1 \times \text{MDT}) \times [1 - \exp(-e \times \text{DLI})]$ (Blanchard, 2009).

² $T_{\min}$ = Estimated base temperature at which flower development rate is zero.

³ b_1 and e are species-specific constants.

I det videre arbejde, har vi valgt at arbejde med ovenstående model, da det er en relativt enkel metode, der giver brugbare estimater. Samtidig er det en model, der er godt forankret både videnskabeligt og ved anvendelse i praksis.

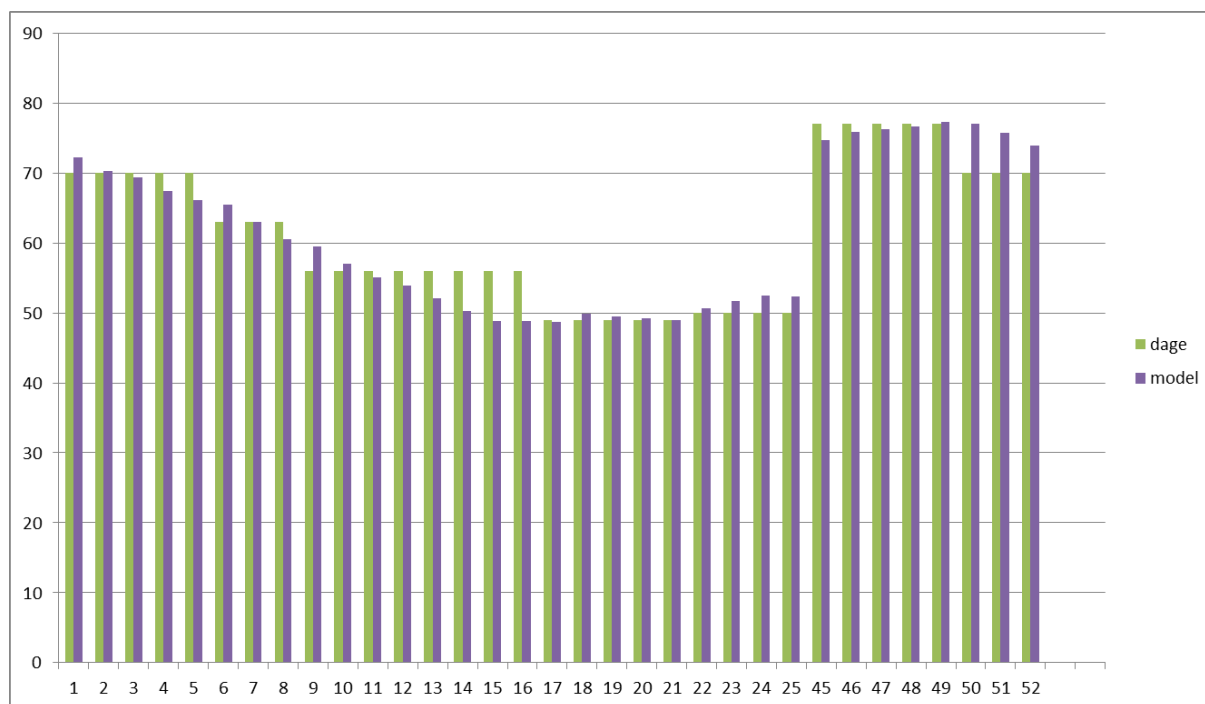
Som nævnt har vi i Gartnerirådgivningen arbejdet med denne model i et tidligere projekt. Fra dette arbejde ligger der ligeledes nogle estimerede værdier for $T_{\min}$ og konstanterne b_1 og e i kulturer, der er interessante i denne sammenhæng

I projektet estimerer vi værdierne for den enkelte kultur / sort på følgende måde:

Bestemmelse af plantefaktorer foretages på et datasæt, bestående af data for kultur-tid og klimadata for periode og placering for kulturholdet. Datasættet kan både være realiseret kulturtid og placering sammen med loggede klimadata (fra klimacomputeren), eller planlagte data, sammen med beregnet, planlagt middeltemperatur og lys-sum.

Dette munder ud i en gennemsnits temperatur og en gns. daglig lyssum (DLI), som begge indgår i formelen for kulturtid. Ved hjælp af manuel fastsættelse af planteparametrene i kulturtidsformlen kan man finde frem til den formel, der giver den bedste beskrivelse af kulturtiden i forhold til datasættet, dvs. med mindst mulig afvigelse. Men man kan også benytte Excels optimeringsfunktion (problemløser) for at finde de bedst mulige parametre. Se nærmere om dette i dokumenterne for AP4, Demonstration af metode til fastsættelse af plantespecifikke faktorer/sætpunkter i plantemodeller.

Her er et eksempel på et mellemresultat for estimering og afvigelse, fra AP4:



Figur 6. Estimering af plantefaktorer giver god overensstemmelse. Grøn: kulturtid (dage) ifølge gartneriets produktionsplan. Lilla: Model-estimat ud fra de estimerede plantefaktorer.

Estimering af plantefaktorerne er i Figur 6 bestemt til $T_{\min} = 15,82$, $b_1 = 0,004505$ og $e = 0,4541$, hvilket giver en god beskrivelse af kulturtiden (foreløbigt resultat fra AP4). Estimeringen er i dette eksempel foretaget på planlagte data, der ofte er "hak-kede" da de fleste planlægger kulturtid i hele uger.

Andre overvejelser

Det er vigtigt at huske, at balancen mellem MDT og DLI har stor indflydelse på en række kvalitetsmæssige parametre som antal blomster, antal sideskud m.m (Vaid og Runkle 2014). Der findes også modeller, der beskriver disse forhold, men det ligger uden for dette arbejdes fokus. Det er således op til den enkelte gartner at vurdere grænserne for temperatur og lys i forhold til den ønskede kvalitet.

Desuden er vi opmærksomme på, at andre kulturforhold, som vækstregulering vandingstrategi og stiklinge- eller småplantekvalitet, kan have stor indflydelse på udviklingstiden. Disse forhold vil i det omfang, det skønnes vigtigt og praktisk mulingt blive inddraget i modellen for den enkelte kultur.

Fra det arbejde vi har gennemført er det tydeligt, at behandling med vækstreguleringsmidler (især Alar) forlænger kulturtiden i Kalanchoe, hvorfor dette er medtaget i modellen for Kalanchoe. Det samme kan gøre sig gældende for Bonzi i nogle kulturer

Omvendt er der kulturer, som først blomsterinducerer, når der gives CCC. Det gælder blandt andet Hibiscus, hvor brugen af CCC påvirker dannelse af blomsterknopper. I det kommende arbejde vil vi undersøge om det giver mening, at se på tidspunkt for første CCC behandling i stedet for tidspunkt for knibning som kulturstart i

Hibiscuskulturen.

Det er også kendt viden at visse svampemidler har væksthæmmende effekt og ligeledes kan forsinke tidspunktet for blomstring.

Udgangsmateriale samt kulturstart

Udgangsmaterialets kvalitet i form af stiklingestørrelse eller småplantens størrelse kan ligeledes påvirke kulturtiden. Ofte vil man i løbet af kulturen foretage en størrelsessortering, så man får et ensartet kulturhold af h.h.v. store og små planter. Kulturtiden for h.h.v små og store planter vil imidlertid ofte variere fra den normalsituation, der er forudsat i produktionsplanen, og afvigelsen kan gå begge veje.

Store planter vil kunne påvirkes med en blomsterinducerende behandling (ex. mørklægning) tidligere end mindre planter. Det vil alt andet lige give en kortere kulturtid. Omvendt vil retarderingsbehovet for store planter være større, hvilket kan medføre at blomstringen forsinkes.

I produktionsplanlægningen tager man normalt udgangspunkt i et fastlagt fixpunkt som knibning, potning eller afstandsgivning som tidspunkt for start af en kulturperiode. I praksis vil dette tidspunkt kunne påvirkes af en række forhold, ex. om der er tid til at udføre processen eller om der er plads til at sætte på afstand.

Bilag 1: Litteraturliste, nyere litteratur – vedlægges.