

Energioptimering ved produktion af agurker

Udarbejdet for agurkklubben 2009

Projektet er medfinansieret af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Af konsulent Inge Ulsted Sørensen, Grotek Consulting ApS
i samarbejde med konsulent Jacob Skov Pedersen, Agrotech A/S



RESUMÉ

Gardinåbning tidlig på året bør først ske, når lyset begynder at bidrage til husets opvarmning. Derved undgås både et unødigt temperaturfald og en stigning i energiforbruget, og det vil være lettere at hold fugten oppe, når det er et behov.

Fotosyntesemålingerne viser, at man ikke mister væsentlig produktion ved at forsinke åbningen af gardinerne, afhængig af lysniveauet.

Det optimale lysniveau for åbning er afhængig af udetemperaturen. Der gives et forslag til en tabel for gardinåbning. Hastigheden for gardinåbning bliver af mindre betydning, når gardinåbning først starter ved et lysniveau på 50 watt/m² eller derover. Stepvis åbning over 30 til 45 minutter indtil gardinet er 10 % åbent vil give et minimalt temperaturdrop.

Fotosyntesemålingerne om sommeren viser, at agurker kan udnytte meget lys og at temperatur-optimum for fotosyntesen ligger højt. Fotosyntesmålingerne viser også, at den begrænsende faktor ofte er CO₂ niveauet. Derfor kan et væsentligt formål med at bruge gardinerne om sommeren være, at holde på den tilførte CO₂ ved at reducere behovet for ventilation og at nedsætte luftskiftet.

Det vil i mange tilfælde være hensigtsmæssigt at starte skygning, når indstrålingen er over 650 watt/m² og at være oppe på 80 % skygge ved 800 watt/m². Hvis det er muligt at holde CO₂ koncentrationen højere, kan disse setpunkter også være højere.

INDHOLDSFORTEGNELSE

RESUME.....	2
INDHOLDSFORTEGNELSE.....	3
BAGGRUND.....	4
ENERGIGARDINER.....	5
PROBLEMATIK.....	5
LITTERATUR.....	5
FOTOSYNTSESEMÅLINGER.....	7
DATAOPSAMLING.....	8
KONKLUSION.....	11
SKYGGEGARDINER.....	12
PROBLEMATIK.....	12
LITTERATUR.....	12
FOTOSYNTSESEMÅLINGER.....	13
DATAOPSAMLING.....	14
KONKLUSION.....	17
REFERENCER.....	17

BAGGRUND

Agurkproduktion er meget energikrævende, og med stigende energipriser har mange producenter valgt at investere i gardinanlæg. For at udnytte anlægget optimalt er det afgørende at etablere et tilstrækkeligt bredt videns- og erfaringsgrundlag for samspillet mellem klimaet, planten og produktionen – og dermed i sidste ende det økonomiske udbytte. Dette gælder både, når anlægget bruges som energigardiner, og når anlægget anvendes som skyggegardiner.

Projektets formål har været, at bidrage til ovenstående gennem

- a. Research i litteratur og tidligere forsøg
- b. Fotosyntesemålinger i vinter og sommersituation
- c. Erfarings- og dataindsamling fra gartnerier.
- d. Udarbejdelse af anbefalinger/modeller for optimal gardinstyring.

Der er taget udgangspunkt i, at de gardinanlæg der arbejdes med er SLS 10 ULTRA PIUS eller tilsvarende, hvor der er en lysgennemgang på 81 til 88 % i de nyeste gardiner og en energibesparelse på cirka 43 % (se bilag 1 for specifikationer)

Fra starten har det været hensigten, at brugen som energigardiner skulle vægtes højest. I praksis har dette været vanskeligt, da projektet først kom i gang ved starten af maj måned.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Jakob Skov Pedersen, AgroTech A/S, der har stået for fotosyntesemålingerne, og Inge Ulsted Sørensen Grotek Consulting ApS.

Fotosyntesemålingerne i sommersituationen er lavet hos Gartneriet Søegaard Nielsen ApS.

Der er indhentet data fra Gartneriet Nymarken og Bredskov.

Herudover har Flemming Pedersen, DK plant og Jakob Nielsen, Gartneriet Søegaard Nielsen bidraget med deres erfaringer om gardinstyring i agurkekulturen.

ENERGIGARDINER

PROBLEMATIK

Der rejser sig en række spørgsmål, når man skal bruge gardinerne til energibesparelse. Nogle af de vigtigste er følgende:

- Ved hvilket lysniveau skal gardinerne trækkes fra – hvor ligger balancen mellem udbyttereduktion og energibesparelse.
- Hvilken åbningsstrategi skal der bruges: Lys, udetemperatur, forskel mellem temperatur over og under gardinet, og forskellige kombinationer heraf.
- Samspil med fugtstyring, brug af fugtspalte.
- Hastighed for fratrækning, hvordan undgås temperaturdrop og kuldenedslag.

LITTERATUR

Hovedparten af den litteratur der findes om SLS 10 gardiner handler om tomater, men der er lavet et enkelt nyere forsøg hvor effekten af energigardiner i agurker er blevet undersøgt. Forsøgene blev gennemført i Nordfrankrig 2002 og 2003, hvor et hus uden gardiner er sammenlignet med et hus med SLS 10 gardiner med følgende setpunkter:

årstal	Åbning i forhold til sol op/sol ned	Udetemp grænse nat	Udetemperatur grænse dag	Forsøgsperiode
2002	60 min	12 ^o C	4 ^o C	27. dec. – 19. april
2003	90 min	18 ^o C	15 ^o C/6 ^o C*	19. dec. – 30 maj

*h.h.v. før og efter 16. marts.

Gardinåbningen er sket successivt med 1% pr. minut op til 30 % åbning, hvorefter gardinerne bliver trukket helt fra. Fugtspalte når Delta X er under 3 g/kg. Temperaturspalte når temperaturen er over 25^o C.

Hovedresultaterne er sammenfattet i nedenstående tabel:

årstal	Besparelse Energiforbrug i forsøgs perioden	Besparelse Energi i %	Timer med gardin på i forsøgs perioden	nedgang i antal agurker/m ² til 15. marts	Energibesparelse – udbyttetab til 18. april €/m ²
2002	754 MWh/ha	32 %	1748 (63 %)	0,5	1,33
2003	1244 MWh/ha	41 %	3020 (78 %)	1,4	1,78

Ud fra ovenstående konkluderer man, at tilbagebetalingstiden på gardiner i Nord Frankrig er 3 til 5 år. De anbefaler, at man uden tøven kan bruge strategien fra 2002, hvor gardinet hovedsagligt er på om natten, mens den udvidede strategi skal bruges med forsigtighed. Reduktionen i indstråling, når gardinerne bruges meget om dagen, giver naturligvis mindre udbytte, men ud fra en økonomisk betragtning er det rentabelt at styre gardinerne efter den udvidede strategi.

I hollandske forsøg fra 2004 sammenlignede man forskellige strategier for åbning af gardiner i en tomatkultur. Disse forsøg viste, at man ved at ændre lysniveauet for gardinåbning fra 5 W/m² til 50 W/m² kunne opnå en yderligere besparelse i energiforbruget på 3,5 %. Denne besparelse blev opnået uden at påvirke vækst og udbytte, og en beregning viste også, at der kun var tale om en nedgang i indstrålingen på 0,34 %. Ved at forsinke fratrækningen undgik man samtidig, at der kom et temperaturdrop i forbindelse med fratrækningen. Et temperaturdrop, der ved den tidlige fratrækning svingede mellem 0,8 og 1,3 grad. I en agurkkultur vil man sandsynligvis kunne opnå en endnu større besparelse ved at forsinke gardinåbningen, og samtidig vil problemet med temperaturdrop ved frakørsel blive langt mindre.

Disse forsøg blev fulgt op med computersimuleringer af forskellige åbningsstrategier, hvor man i modelform beregnede forventet udbytte, energiforbrug, antal timer med gardiner på ved forskellige kombinationer af udetemperatur, lysniveau for åbning, samt temperatur over og under gardinerne.

Konklusion på disse beregninger var, at en åbningsstrategi baseret på en kombination af udetemperatur og lysniveau er den bedste løsning. Ved at benytte et højt lysniveau ved lave temperaturer opnår man, at solen varmer luften over gardinerne op, inden de begynder at åbne. Derved bliver problemet med temperaturdrop mindre, hvilket ikke er uvæsentlig i en agurkkultur.

Samtidig viste beregningerne, at der er rigtig mange måder at nå det samme resultat.

De to bedste "fratræknings-tabeller" er vist i tabellen herunder. De ser jo umiddelbart meget forskellige ud, men udbytte, energiforbrug, antal timer med gardiner samt antal timer med høj RH er stort set identiske.

Udetemperatur (⁰ C)	Globalstråling W/m²	Globalstråling W/m²
- 15	900	280
-10	627	240
-5	354	175
0	150	120
5	65	75
10	18	40
15	1	15
Gasforbrug (m³/m²/år)	38,2	38,2
Udbytte kg/m²/år	61,69	61,67
Timer med gardiner	1963	1978
Timer med høj RH	192	194

Det er vigtigt at understrege, at disse forsøg og simuleringer er lavet i tomat. Der er dog rigtig meget der tyder på, at der i en agurk kultur vil være mulighed for en intensiv brug af gardinerne i den kolde årstid. Gardinerne vil både være en hjælp til at styre fugten og undgå temperaturdrop. I agurker vil tør luft kunne give retarderet vækst, og her kan gardinerne udnyttes til at holde på fugten. Samtidig har man mindre udstråling fra bladene, når der er gardiner på. Det betyder, at der er mindre risiko for kondensdannelse og dermed mindre risiko for især agurksyge og meldug.

Endelig har man i dette projekt også undersøgt, hvilken indflydelse hastigheden har på et eventuelt temperaturfald. Her viste det sig, at en strategi, hvor gardinerne først begynder at åbne ved 50 W/m² i stedet for ved 5 W/m², og der åbnes med 1 % hver 5. minut indtil 95 % åbning kan reducere temperatur faldet til 0,2⁰ C (ved en udetemperatur på cirka 3⁰ C).

FOTOSYNTESMÅLINGER JAN/FEB 2009

Denne del af projektet er gennemført som et samarbejde mellem DK Plant A/S og Agurkklubben. Den samlede rapport er vedlagt som bilag, men de vigtigste konklusioner er medtaget herunder.

Forsøgene blev gennemført i klimabokse hos AgroTech i Tåstrup. Der blev målt på hele planter i bokse, hvor 2 af boksene var dækket med LS 10 gardiner og to af boksene var uden gardiner. Der blev målt i 2 perioder:

1. halvdel: 31.januar til 6 februar

2. halvdel: 7. februar til 15 februar.

Desuden blev der kørt med 2 forskellige nat-temperaturer, 18⁰ C og 20⁰ C.

Konklusionen på disse målinger var følgende:

- Der er en mindre nedgang i fotosyntese midt på dagen i de kamre, hvor der er energigardin over planterne.
- Ved lave lysintensiteter morgen og aften er der ikke tydelig forskel mellem lyset i kamrene, uanset om der er monteret gardin eller ej.
- Tilsvarende er der ingen nedgang i fotosyntesen. I forsøgets første (og mørkeste) uge nedsætter gardiner ikke fotosyntesen målbart før klokken 10 og i forsøgets anden uge, klokken 9. Dette svarer til setpunkter for fratrækning og påkørsel af gardiner på 36 W m⁻² i forsøgets første uge og 72 W m⁻² i forsøgets anden uge.
- Nattemperatur på 18⁰ C i forhold til 20⁰ C kunne ikke konstateres at have nogen nedsættende effekt på fotosyntesen ved lav lysintensitet om morgenen. Ud fra en fotosyntesemæssig vinkel er det derfor ikke en fordel med ”høje” nattemperaturer.

DATAOPSAMLING OG KLIMAREGISTRERING I GARTNERIER

Som nævnt i indledningen har projektets sene igangsætning betydet, at der kun har været begrænset mulighed for afprøvning af forskellige strategier med tilhørende målinger.

Som eksempel på nogle typiske registreringer, vises 2 forskellige fratrækningsforløb fra Gartneriet Nymarken.

De 2 måleserier er lavet henholdsvis den 23. og den 30. oktober, hvor udetemperaturen har været forholdsvis lav

Den 23. oktober er gardinerne begyndt at åbne 1 time efter solopgang, svarende til en indstråling på knap 20 watt/m². Udetemperaturen har været ca. 10 grader. Åbningen er sket trinvist, og det har taget cirka én time at åbne gardinerne.

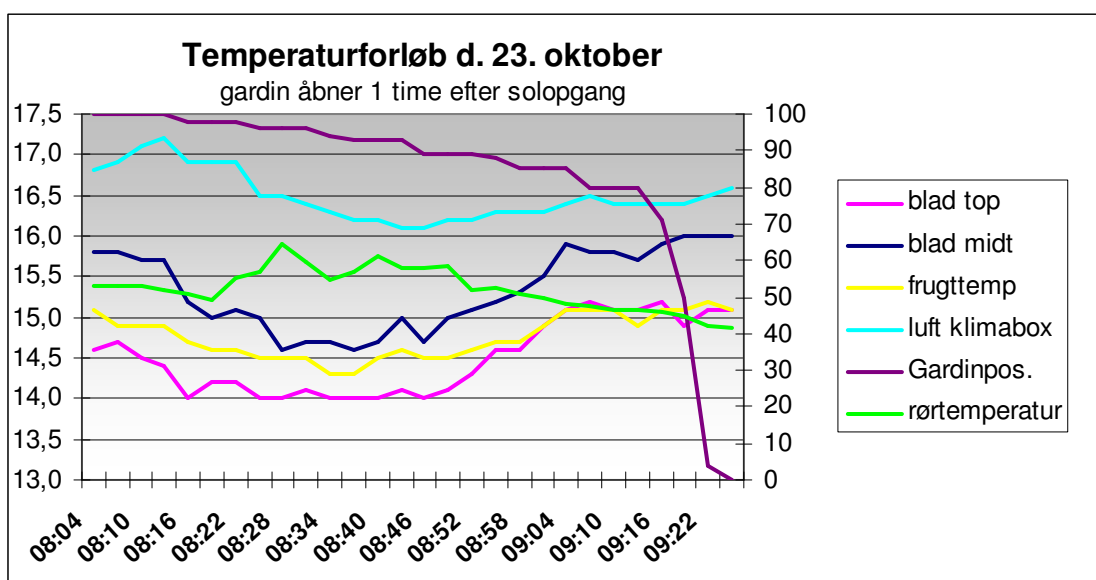
I figuren herunder ses hvordan plantetemperaturen og lufttemperaturen har udviklet sig mens gardinet bliver trukket fra.

Lige inden gardinet begynder at åbne, stiger lufttemperaturen, idet varmesystemet på forhånd prøver at kompensere for et temperaturdrop.

Udgangspunktet, da gardinerne begynder at åbne, er således en lufttemperatur på godt 17° C målt med klimaboksen, men ser vi på plantetemperaturen ligger bladtemperaturen i toppen af planten på ca. 14,5° C og frugttemperaturen på knap 15° C.

Blad temperaturen i toppen af planten falder i løbet af de første 10 minutter ned til 14 grader og ligger stabilt indtil solen får så meget magt, at den begynder at varme bladet op.

Frugttemperaturen og bladtemperaturen nede midt i planten (ca. 1 m under tråden) falder også, og faktisk både mere og over længere tid end bladet i toppen af planten. Temperaturen målt ved klimaboksen falder tilsvarende cirka 1 grad og figuren viser, at rørtemperaturen stiger for at kompensere herfor.



Figur 1: Temperaturforløb ved gardinåbning den 23. oktober.

Åbning startet 1 time efter solopgang. Udetemperatur: 10° C, gråvej

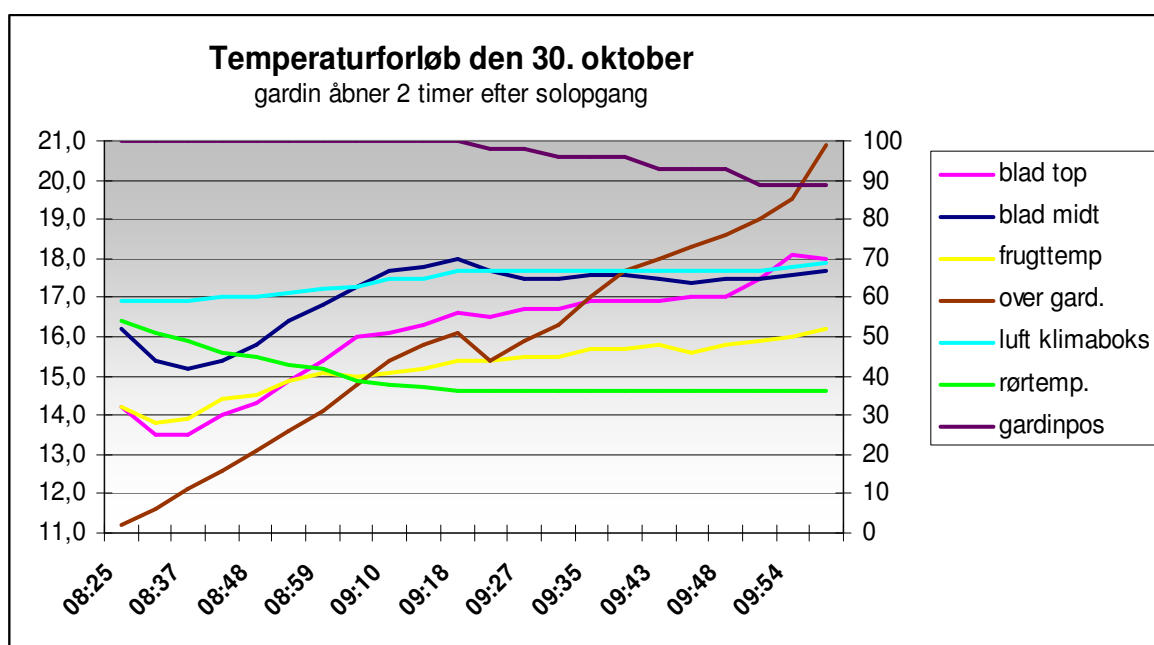
Figur 2 viser de tilsvarende kurver en uge senere. Her er tidspunktet for åbning af gardinerne ændret til 2 timer efter solopgang, hvor lysindstrålingen er cirka 85 watt/m².

Figuren viser de samme kurver som ovenfor, men samtidig er temperaturen over gardinet målt. Udetemperaturen var 5,7° C da målingerne startede og var steget til cirka 8 grader ved afslutningen.

Ved at sammenligne kurveforløbet i figur 1 og 2 ser man umiddelbart følgende:

- Sen gardinåbning forhindrer et temperaturfald (målt ved boksen).
- Sen gardinåbning sikrer at trekanten over gardinet er varmet op inden åbning

- Det betyder, at der ikke kommer et temperaturfald ved begyndende åbning. Hverken i bladene, frugterne eller luften. Derved fastholdes afstanden til dugppunktet.
- Det betyder, at der ikke bliver kaldt på varme
- Det betyder også, at gardinåbningen ikke behøver at forsinkes så meget.
- Der kommer et drop i plantetemperaturen cirka én time efter solopgang, uanset gardinerne ikke er begyndt at åbne, men specielt på frugttemperaturen er der tale om et lille drop.



Figur 2: Temperaturforløb ved gardinåbning den 30. oktober. Åbning startet 2 timer efter solopgang (vintertid) Udetemperatur: fra 5⁰ C ved start, til 8⁰ C slut. Klart vejr

KONKLUSION ENERGIGARDINER

Litteraturen, fotosyntesemålingerne i klimabokse samt klimaregistreringerne i gartnerierne peger alle i samme retning.

- Gardinåbning tidlig på året skal først ske, når lyset begynder at bidrage til husets opvarmning.
- Derved undgås både et unødigt temperaturfald og en stigning i energiforbruget og det vil være lettere at holde fugten oppe, hvor det er et behov.
- Det optimale lysniveau for åbning er afhængig af udetemperaturen. Tabellen herunder, viser hvordan et udgangspunkt for indstillingerne for gardinåbning først på sæsonen kunne se ud.
- Hastigheden af åbningen skal indstilles, så der åbnes til cirka 10 % over 35 til 45 minutter, afhængig af udetemperaturen. I en kold februar måned vil det være fornuftigt at lade varmesystemet kompensere cirka 15 minutter inden gardinerne åbner.

Udetemperatur ($^{\circ}$ C)	Globalstråling W/m^2
- 15	300
-10	200
-5	150
0	110
5	75
10	45
15	15

SKYGGEGARDINER

PROBLEMATIK

Når man skal til at overveje, om gardinerne skal bruges som skyggeanlæg er der rigtig mange forhold at tage hensyn – og det gør ikke just, den konkrete indstilling af setpunkter nemmere. Fokus skal være, at undgå at spalteåbningerne i bladene lukker sig. Det vil sige, at det vi ønsker med gardinstyringen om sommeren er

- at forhindre for høje bladtemperaturer.
- at holde på CO₂ koncentrationen.
- at holde på fugten.

Samtidig ønsker vi naturligvis ikke at skygge for tidligt, så vi unødigt nedsætter plantens fotosyntese og derved reducerer produktionspotentialet.

LITTERATUR

Der findes ikke mange tilgængelige artikler om agurkers temperatur- og lysoptimum. To russiske forskere (L. N. CHERMNYKH and A. A. KOSOBRUKHOV har i 1987 lavet et omfattende arbejde, hvor de har undersøgt, hvorledes dyrkningstemperatur og lysforhold i den foregående periode påvirker, hvordan planten kan udnytte stigende lys, temperatur og CO₂.

Deres resultater viser, at jo højere temperatur og jo mere lys og CO₂, planterne er akklimatiseret til, jo bedre kan de udnytte høj lys og CO₂. Deres resultater viser, at med en CO₂ koncentration på 1000 ppm og et lysniveau der svarer til ca 700 watt/m² ligger temperaturoptimum for agurker helt oppe på 30 til 32⁰ C.

Dette er et højere temperaturoptimum for agurker end vi i praksis forestiller os – men her må man huske, at det er optimum for fotosyntesen, og at det ikke siger noget om, hvordan temperaturen påvirker sætning, stængeltykkelse og balancen mellem generativ og vegetativ vækst.

Hollandske forskere (Hemming, E. et al 2008) angiver et lysmætningspunkt for agurker til 1250 μmol/m²/s ved en CO₂ koncentration på 700 ppm. Omregnes dette til indstråling, med udgangspunkt i, at vi normalt mister cirka 20 % af lyset i drivhuskonstruktionen, svarer det til en indstråling på knap 700 watt/m². Ved et lavere CO₂ niveau vil man, nå lysmætning

noget tidligere jævnfør de resultater, vi har opnået ved fotosyntesemålingerne i dette projekt (se længere nede).

Et nyt aspekt, der er blevet undersøgt inden for de seneste år, er effekten af diffust lys kontra direkte lys. Hollandske forsøg (Hemming, E. et al, 2007) har vist, at diffust lys trænger bedre ned gennem plantemassen, og at man får en bedre horisontal fordeling af lyset i drivhuset, når lyset diffuseres. Samtidig bliver temperaturen i toppen af planten lavere, mens den faktisk bliver lidt højere i bunden af planterne. Fotosyntesemålinger viste højere fotosyntese på blade midt på stammen og på de unge blade på sideskudene. I dette forsøg (april til juli) opnåede man en udbytteforøgelse på 4,3 % selvom lysniveauet var 4 % lavere end i kontrol parcellen.

Dette forsøg er lavet ved at sætte et plastlag på glasset, som har givet 50 % "haze", og reduktionen i lysniveauet har derfor været lav. Ved at bruge gardinerne som skygge forsvinder der naturligvis en større del af lyset, men dette kompenseres altså delvis ved at man får en bedre lysfordeling i kulturen – og en langt mindre temperaturbelastning i toppen af planten.

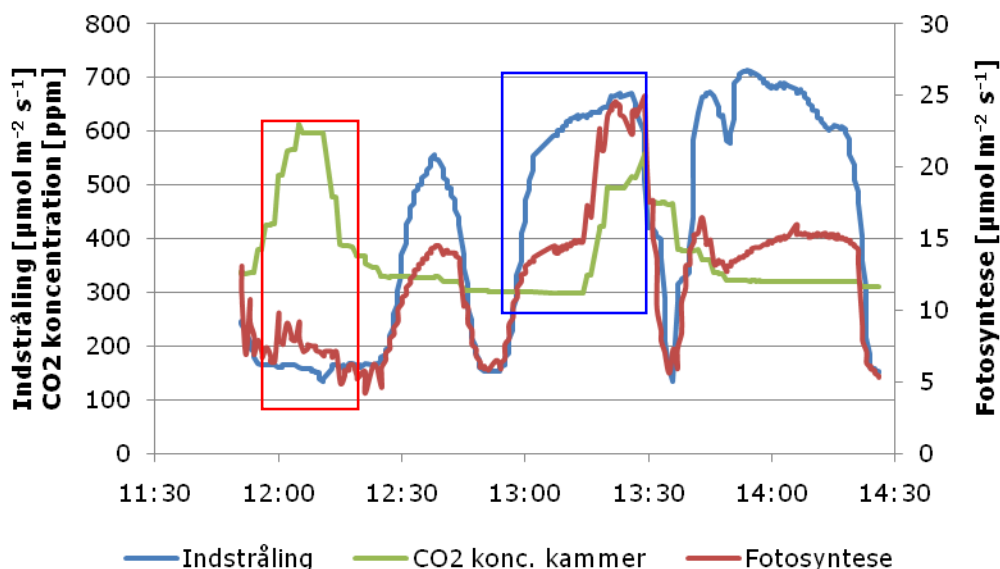
Forsøgene er blevet udvidet og gentaget i 2008, og her var resultaterne faktisk en udbytteforøgelse oppe i nærheden af 10 %.

Lysudnyttelsen ned gennem plantemassen afhænger selvfølgelig især af plantetæthed og bladareal – og af, hvordan planterne trimmes og beskæres. Dette er der lavet forsøg med i Holland (Gelder, A de, 2007), hvor man viste, at det har negativ effekt på udbyttet at fjerne et blad om ugen i toppen af planten. Lidt populært sagt, skal man altså ikke fjerne bladene i toppen for at få lys længere ned i planten, og det konkluderes, at det er vigtigt, at man holder et bladarealindeks (LAI) på mellem 3 og 3,5.

FOTOSYNTESSEMÅLINGER

Måling af fotosyntese i forhold til væksthushklimaet, viser stor tilpasningsevne til hurtige skift i lysniveau, men også at CO₂ er meget vigtigt, hvis der skal opnås en god lysudnyttelse. Figur 3 viser en måling, hvor man tydeligt ser, at planterne ikke kan udnytte lyset, når der ikke er

tilstrækkelig CO₂. Fra kl.13 stiger indstrålingen, men fotosyntesen følger ikke med (blå firkant i figuren) Det sker først, da der doseres CO₂ et kvarter senere. Til gengæld får man næsten ikke noget ud af at dosere CO₂ kl. 12, fordi indstrålingen er for lav (rød firkant).



Figur 3: Fotosyntese som resultat af lys og CO₂ koncentration målt på blad på sideskud den 20. august 2009.

Planterne kan udnytte høje lysniveauer, og ved en CO₂ koncentration på 350 ppm ligger lysmætning på ca. 800 µmol/m²/s. Dette svarer til en indstråling ude på 435 watt/m² (80 % lysgennemgang).

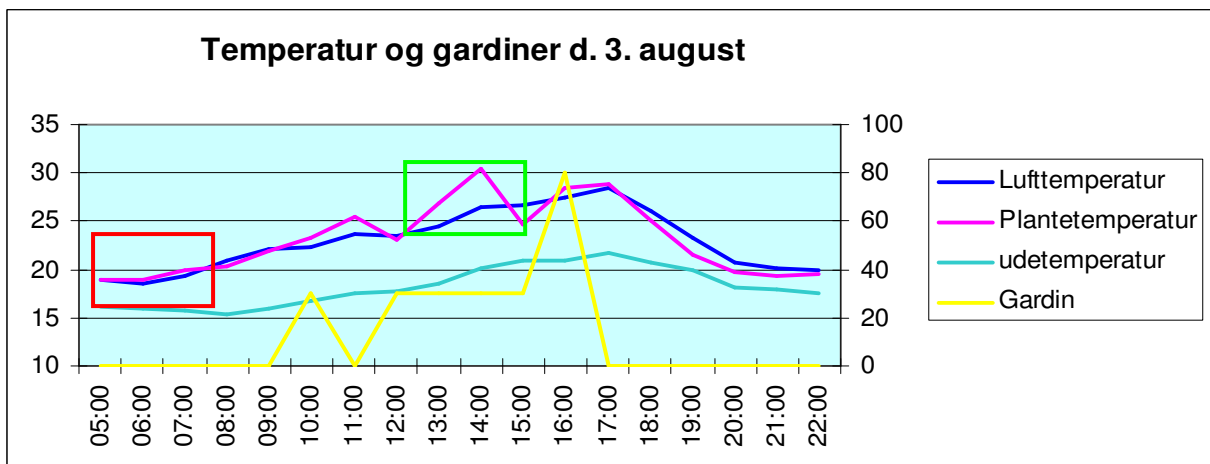
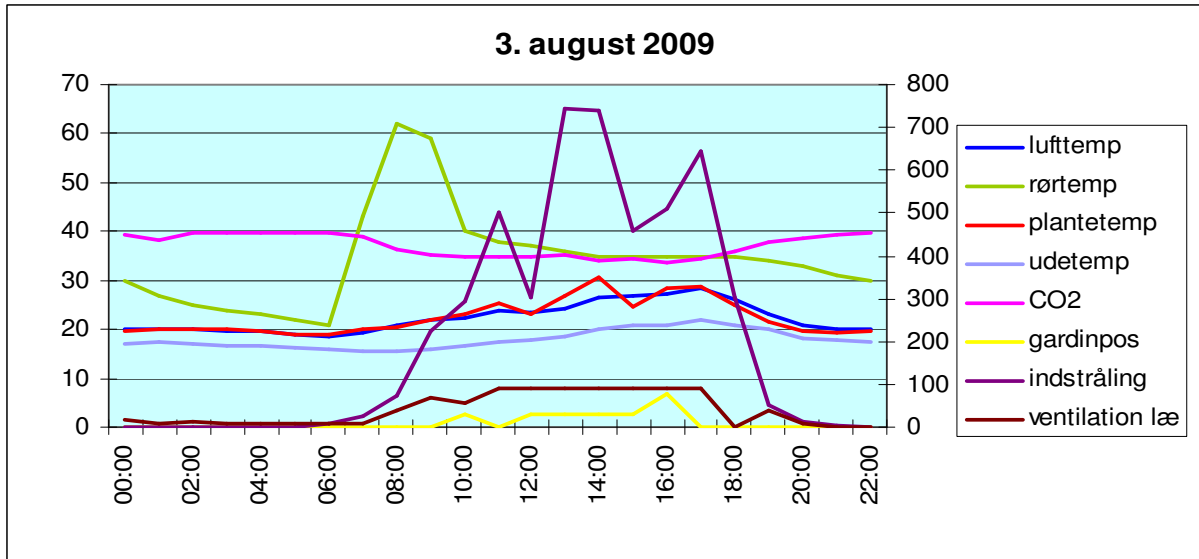
Dette ligger ganske godt i tråd med de hollandske kilder, der angav, at lysmætning er ved cirka 1250 µmol/m²/s, men ved en CO₂ koncentration på 700 ppm. Dette svarer til et lysniveau ude på 675 watt/m² (80 % lysgennemgang).

Lysresponsmålinger viser også, at ældre blade på hovedskudet har forholdsvis stor fotosyntesekapacitet et stykke hen i kulturforløbet, men at fotosyntesekapaciteten sidst på efteråret er faldet markant. For optimal udnyttelse af lyset er det derfor vigtigt at få så god en lysfordeling ned igennem kulturen som muligt – men altså uden at LAI kommer under 3.

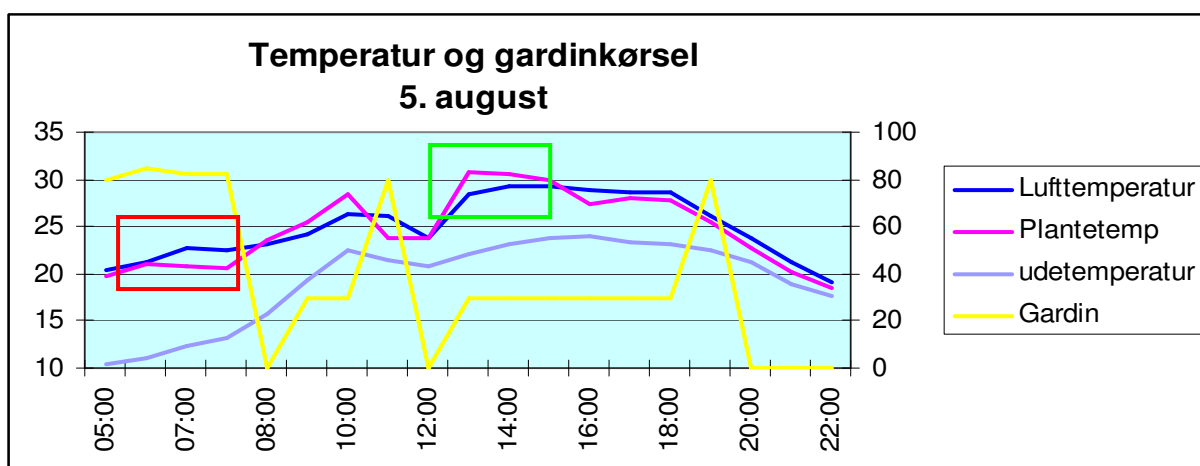
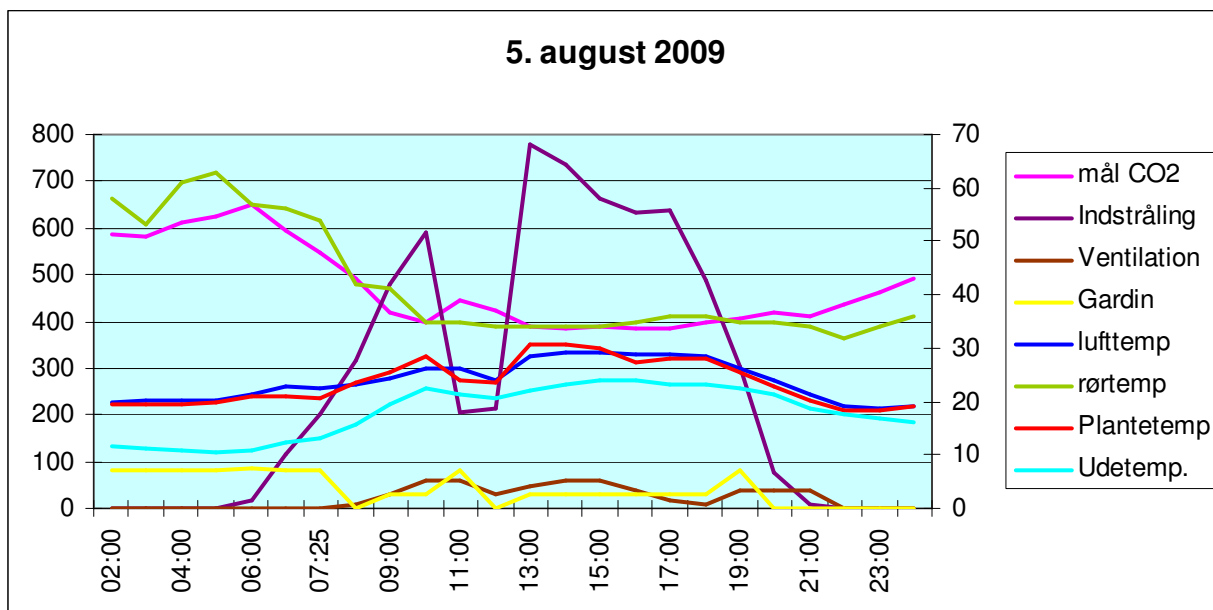
Den samlede rapport fra fotosyntesmålingerne i sensommeren 2009 er vedlagt som bilag.

DATAOPSAMLING

Når det gælder setpunkter for skygning er der overordentlig store forskelle fra gartneri til gartneri. Et gartneri begynder at skygge ved en indstråling på knap 500 watt/m², mens et andet gartneri først begynder ved 850 watt/m². I figurene herunder er vist 2 forløb fra h.h.v. den 3. og 5. august.



Figur 4a. og 4b: Gardinkørsel og temperatur forløb den 3. august. Bemærk den røde boks i morgentimerne. Plantetemperaturen og lufttemperatur følges ad. Der er ikke brugt gardiner, da udetemperaturen ikke har været under 15 grader. Rørtemperaturen stiger først kl. 6.



Figur 5a og 5b: Gardinkørsel og temperatur forløb den 5. august. Bemærk den røde boks i morgentimerne. Plantetemperaturen (den røde boks) følger ikke med op, selvom rørtemperaturen er høj. Gardinet kører for sent fra, på en dag, hvor der er skyfrit fra morgenstunden.

Den grønne boks både i figur 4 og 5 viser situationer, hvor plantetemperaturen bliver en del højere end den målte lufttemperatur. I begge tilfælde er indstrålingen over 700 watt/m² og plantetemperaturen kommer op over 30 grader. Dette kunne givet være undgået, hvis gardinerne havde været trukket mere for – og samtidig kunne man muligvis have holdt en lidt højere CO₂ koncentration end de 350 til 400 ppm der er registreret her.

KONKLUSION, SKYGGEGARDINER

Agurkplanter kan udnytte høj indstråling, hvis bare CO₂ og temperatur er tilsvarende høj. Det vil sige, at man ikke skal starte skygning før tidligst ved 600 watt/m², og der er gartnere, som har gode erfaringer med at skygge senere endnu.

Det er vigtigt, at holde CO₂ niveauet så højt som muligt – dette kan tale for at forsinke ventilationen og i stedet bruge gardinerne til at holde temperaturen nede. Hvis fokus udelukkende er, at opnå maksimal fotosyntese, vil en bladtemperatur på 30 - 31 grader ikke være et problem. Balancen her vil afhænge af vindhastighed og drivhusets tekniske data. En infrarød temperatur måler kan være en rigtig god hjælp til at tjekke, hvilke grænser man kan bevæge sig indenfor.

Hvis man bruger gardinerne om natten i sommerperioden, skal man sørge for at trække dem fra, når solen begynder at varme plantevævet op. Ellers får man for stor forskel mellem plantetemperatur og lufttemperatur – og dermed risiko for kondensdannelse i morgentimerne.

REFERENCER

Brajeul, E, Lesourd, D. and Loda, D. 2005. Thermal screen evaluation in soilless cucumber crop under glasshouse. Acta Hort. 691: s 679-686

Chermnykh, L. N. and Kosobrukhov, A.A., 1987. Effect of environmental factors on optimum temperature and photosynthetic intensity of plants adapted to various conditions.

Dieleman, A. and Kempkes, F..2005. Schermen in de tomatenteelt. Mogelikheden und beperkingen. Wageningen UR nota 359

Dieleman, J. A. and Kempkes, F.L.K .2006. Energy Screens in tomato: Determining the optimal opening strategy. Acta Hort. 718 s.599-606.

Gelder A. de, 2007: Komkommer in een geconditioneerde kas

Hemming, S. et al, 2008: The effect of diffuse light on crops, Acta Hort. 801, s 1293-1300

Jongschaap R.E.E. et. Al, 2006: Simulating Seasonal Patterns of Increased Greenhouse Crop Production by Conversion of Direct Radiation into Diffuse Radiation Acta Hort 718 s. 315 - 321

Menard, C et al 2006 : Developmental and Physiological Responses of Tomato and Cucumber to Additional Blue Light. Acta Hort. 711 s. 291 – 296.

Moe, R. and Patil, G.G. 2008. The impact of Daily Diurnal Temperature alternation and light quality on growth and morphology in cucumber (cucumis sativus L.) Acta. Hort. 804: 145-152

Robbins, S. N. and Pharr, D. M 1987: Regulation of Photosynthetic Carbon Metabolism in Cucumber by Light Intensity and Photosynthetic Period. Plant Physiol. (1987) 85, 592-597

Ruijs et al. 2006. Intensiveren Schemgebruik. Vergelijken van klimaatinstellingen en -realisaties in telersgroepsverband. Rapport, LEI, den Haag.

Wang, S et al, 2007. Effect of light quality on the growth and photosynthetic characteristics of cucumber, cucumis sativus L. under solar greenhouse. Acta Hort. 731: s 243-249

Xiaole, S. and Zhifeng, W, 2004: The Optimal Leaf Area Index for Cucumber Photosynthesis and Production in Plastic Greenhouse, Acta Hort. 633 s. 161 – 165

Bilag 1. Tekniske data på LS gardiner

Se flere detaljer på www.ludvigsvensson.com

Inside Screens

Energy Saving Screens

Purpose: Energy savings, air humidity control.

SLS 10 ULTRA PLUS and XLS 10 FIREBREAK transparent screens are designed to retain the maximum amount of heat with a minimal loss of light. These screens are ideal for vegetable production in colder climates.

The SLS 10 ULTRA PLUS screen contains light diffusing films promoting better light distribution and even leaf temperatures. The XLS 10 FIREBREAK screen is clear and saves more energy. The XLS Blackout FIREBREAK screen is a fully aluminium screen for maximum night time heat retention.



Type	Light transmission		Energy saving
	Direct	Diffuse	
SLS 10 ULTRA PLUS	88%	81%	43%
XLS 10 FIREBREAK	85%	78%	47%
