



✎ Carl-Otto Ottosen og Benita Hyldgaard, Aarhus Universitet, Eva Rosenqvist, Københavns Universitet, Oliver Körner, Teknologisk Institut, og Kai Lønne Nielsen, Knud Jepsen A/S, coo@food-au.dk

📷 Eva Rosenqvist

Fugtstyring i fokus

Der er penge at spare til affugtning ved at kombinere flere metoder til klimastyring. Det viser Redhum-projektet, der har fokus på udfordringer med høj fugtighed i potteplante-produktion

De fleste væksthushgartnerier bruger 25-35 procent af deres årlige energiforbrug til affugtning for at forebygge kvalitetstab ved svampeangreb. En stor del af energiforbruget kan spares ved at kombinere flere metoder tilpasset til forskellige plantearter og installationer og ved hjælp af forbedrede klimastyringsmodeller. Redhum-projektet har haft

fokus på udfordringer med høj fugtighed i produktion af Kalanchoë og rose.

Potentiale for energibesparelse

Danske gartnerier har nedsat forbruget til opvarmning betydeligt mere end deres udenlandske konkurrenter. Udover nye energibesparende installationer er den dynamiske klimastyring, som tilpas-

Normalt studeres tætheden af spalteåbningerne, ved at et aftryk laves med neglelak, og spalteåbningerne tælles under mikroskop. Vi har dog fundet en lille mikroskop-scanner, der kan fotografere spalteåbningerne direkte til en computer. Det gør det muligt at hurtigt og nemt finde ud af, hvor meget tætheden varierer for brug i fugtstyringsmodellerne.

ser styringen efter lysniveauet, mest betydningsfuld.

Energibesparelsen kunne være større, fordi der er en række begrænsende faktorer i gartnerens beslutninger, blandt andet på grund af risiko for fugtnedslag. Dynamisk klimastyring er først og fremmest udviklet til styring af temperatur og CO₂. For at kunne udnytte det fulde potentiale er fugtighedsstyring en væsentlig del af løsningen, hvor den mest udbredte strategi for at nedbringe fugtigheden i væksthuse, er en automatisk energikrævende klimaregulering, hvor temperaturen på varmerørene øges og vinduerne samtidig åbnes.

Fugtighed og plantefysiologi

Lange perioder med høj fugtighed kan eksempelvis i roser betyde, at spalteåbningerne på bladene står permanent åbne, så planterne konstant taber vand. I andre arter gør høj fugtighed, at planterne mister evnen til at regulere spalteåbningerne. Det betyder, at planterne transpirerer kraftigt, hvilket øger luftfugtigheden, så der kommer fugtnedslag på planterne, og dermed dannes grobund for svampeangreb.

Det er endnu mere udpræget i forbindelse med transport af planter, hvor luftfugtigheden ofte er lavere end i væksthuset. Hvis planterne har mistet evnen til at lukke spalteåbningerne, vil de få et drastisk kvalitetstab med øget risiko for udtørring og svampeangreb. En del af problemet kan løses med selektion af sorter, der er bedre til at regulere spalteåbningerne, også efter perioder med høj luftfugtighed.

I Kalanchoë styres spalteåbningernes åbningstidspunkter anderledes, da Kalanchoë er en såkaldt CAM plante, hvor CO₂ optagelsen hovedsageligt sker om natten. Det medfører i princippet, at fugtreguleringen kan mindskes om dagen men giver helt andre udfordringer til fugtstyring i mørkeperioden. →

Kunstlys giver fugtproblemer

Den udbredte brug af kunstlys kan medvirke til fugtproblemerne, fordi der sker store temperatursvingninger på kort tid, når lyset tændes og slukkes, så risikoen for kondensering på planterne stiger. Problemet forstærkes, når man anvender energibesparende tolags gardiner og isolerende dækkematerialer, så i modelstyring for fugtstyring er der mange forhold, der skal inkluderes. Målet med projektet er at reducere energiforbrug både til fugtstyring og til kunstlys, med uændret plantevækst.

Kalanchoë forsøg i gartnerierne viser, at man ved at afkorte mørkeperioden om natten kan ændre mønstret for transpiration og CO₂ optagelse, således at en større del af transpirationen finder sted i dagtimerne. Med LED kan man også se, at svingningerne i bladtemperaturen bliver mindre, så risikoen for fugtnedslag mindskes.

Mekanisk affugtning

Erhvervet er opmærksom på potentialet ved nye muligheder for fugtstyring og ventilation, men de traditionelle ventilationssystemer og air-con-systemer i nybyggede væksthuse i Holland er meget investeringstunge og ikke rentable uden støtte.

Systemer, hvor man kan genindvinde energi ved affugtning er også på markedet, og vi har testet løsninger, der kan bruges af mange gartnerier. Affugtning med varmeindvinding og korttidsvarmelagring bliver en oplagt mulighed. Kan vi yderligere forsinke reguleringen - fordi planterne kan tåle det - så kan der spares energi og svampemidler.

Knud Jepsen A/S har primært installeret Agam affugtere, Ventilated Latent Heat Converters (VLHC). Andre typer baseret på varmevekslere og varmepumper, hvor kondensering på kølefladen kombineret med ekstern varmepumpe og varmebufferlager, hvor ekstraheret kondenseringsenergi lagres, og tør og kold luft blæses ind i drivhuset, er også installeret i cirka to hektar. Fordelen ved denne type er, at den både kan affugte, og også kan ekstrahere solenergi fra væksthuse- ne ved at kondensere den latente energi fra vanddamp fra højtryksbefugtning i dagtimerne.

Affugtere sparer energi

Med Agam affugtere fjernes op imod 20 liter vand fra luften pr. enhed pr. time, hvilket svarer til at fjerne al fugtighed i 1.200 m³ vandmættet luft ved 20°C. Det er nok blot at sænke den relative luftfugt-

tighed (RH) fra 80 procent til 70 procent RH for at eliminere risikoen for kondensation, og ved 20°C er det 1,6 g vand pr. m³. Derved bliver kapaciteten 12.500 m³ luft pr. Agam-enheden pr. time.

Energiforbruget hos Knud Jepsen A/S er reduceret betragteligt ved at affugte luften i væksthuset, primært med typen Agam, når væksthuses energigardiner holdes lukkede. Ved at affugtningen sker under både klimaskærm og energigardiner bevares den latente energi fra vanddampen inde i væksthuset, og energien lagres i en ekstern buffertank, hvilket har ført til en energibesparelse på mere end 20 procent.

Integreret løsning er målet

I mange gartnerier er der temperaturforskelle i væksthuset, så problemet er ofte, at klimastyringen reagerer på de mest fugtige zoner, og at der skues op for varmen, før det egentlig er nødvendigt, for at undgå fugtighedsproblemer.

En forsinkelse i styringen vil i sig selv spare energi, da der ofte kun er tale om en kort periode med høj fugtighed. Hvis vi kan forudsige, hvor længe og hvor meget planterne kan tolerere højere fugtighed uden skadeeffekter, kan vi udvikle intelligente styringssystemer, hvor der først sættes ind, når der reelt er behov for det. Hvis dette kombineres med mekanisk affugtning før den mere energitunge affugtning med åbne vinduer startes, vil man kunne opnå en betragtelig besparelse.

Status for modeller

Intelligente systemer til varsel eller/og styring af væksthusklima med optimal energibesparelse og plantekvalitet indeholder matematiske beskrivelser i form af modeller, som efterligner fysiske og biologiske processer i virkeligheden. I de senere år er modeller af de fysiske processer i et væksthuse blevet rimelig godt udviklet og tilføjet prototyper af beslutningsstøttesystemer som Virtuelt Væksthuse. Her er også Agam-affugteren modelleret og kvalitetstestet med data fra Knud Jepsen A/S. De fysiske processer er forholdsvis simple at modellere, da de følger fysiske regler.

Fordampningsmodel

Plantereaktionerne følger både fysiske og biologiske regler. For at beregne fordampningen fra en plante bruges normalt et blads stomata-modstand (det vil sige den modstand vanddamp skal i gennem på vejen fra indersiden af et blad til

Redhum

Projektet "Reduktion af energiforbrug ved optimeret fugtstyring i væksthuse", Redhum, var finansieret af GUDP med deltagere fra Aarhus og Københavns Universitet, Knud Jepsen A/S og Flextechnic og havde til formål at reducere energiforbruget til fugtstyring ved forbedret viden om plantereaktioner, tekniske løsninger samt modeller til brug i klimastyring. Det sidste skete i samarbejde med Agrotech.

omgivelserne). Når stomata-modstanden er kendt, er resten 'bare' fysik. Stomata-modstanden er dog ikke en fast størrelse, men i højeste grad afhængig af både væksthusklimaet og genetiske og morfologiske forskelle mellem planter. Det gør også, at antal og regulering af spalteåbninger er forskellige mellem blade.

I projektet har vi prøvet at finde sammenhæng mellem væksthusklima og bladfysiologi af de forskellige genotyper af for eksempel roser og Kalanchoë. En fordampningsmodel af en pottedplante er derfor en samling af modeller for de forskellige blade.

Fremtidens fugtstyring

Ved Københavns Universitet er der arbejdet med roser på 0,6 m² vejeborde, der kontinuerligt måler plantevægten. Der kan vi følge, under hvilke klimaforhold planterne fordamper mere eller mindre. Vi har også målt spalteåbningernes ledningsevne for at undersøge, hvor godt en af de mest brugte fordampningsmodeller virker. Den "rå" model fungerede ret dårligt på roser. En revideret model, der også inkluderer vandindholdet i potten, er bedre.

Hvis vi i modellen også inkluderede plantespecifikke ting som spalteåbningerne på bladet, fungerede modellen godt.

Det viser, at fugtmodellerne for væksthuse er afhængige af både genetisk og morfologisk variation, men også, at det er muligt at tage højde for dem.

Vi står kun i starten af at kombinere viden om sorter med planternes udseendes betydning. Resultaterne åbner for en forbedring af eksisterende fugtmodeller, som er grundlaget for en energieffektiv fugtstyring i gartnerierhvervet, som gør det muligt at udnytte affugtningssystemer endnu bedre. ■