

Telen onder gewijzigde omstandigheden

"Het nieuwe telen"



Ilse, Vahid Groenten & Fruit



Telen onder gewijzigde omstandigheden :

Hoe reageert mijn gewas?

Meer behoefte aan kennis, inzicht in :

- Invloed van de groeifactoren op de plant
- Gedrag van lucht
 - bijv. temperatuur
 - luchtvochtigheid
 - verdamping
 - condensatie
 - ventileren

.



BASISPROCESSEN:

- Groei:
 - Droge stof productie
 - Fotosynthese + ademhaling
 - Plantontwikkeling
 - Celdeling
 - Celstrekking (wateropname)
 - Celdifferentiatie (Veg. en gen.)
 - Vorm van de plant (gewastype)
- Verdamping:



• **FOTOSYNTHESE:**



+ temperatuur
+ bladgroen (+ L.A.I.)

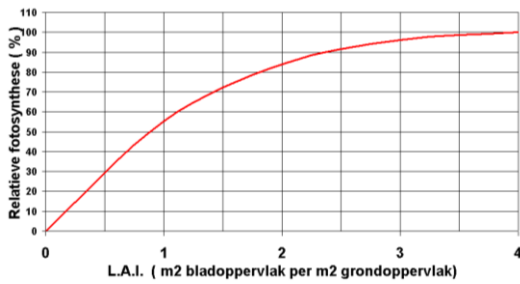
• **ADEMHALING:**

- Onderhoud
- Groei

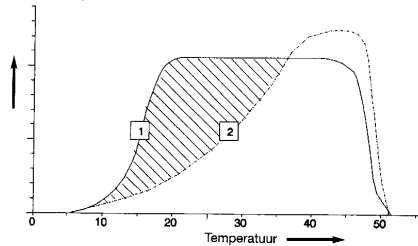
• **NETTO FOTOSYNTHESE**



Relatie L.A.I. en fotosynthese



1 Fotosynthese
2 Ademhaling



- netto fotosynthese

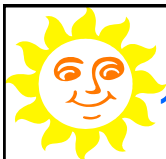


GROEI- / KLIMAATFACTOREN:

1. Straling
2. Temperatuur
3. CO₂
4. Luchtvochtigheid
5. Luchtbeweging

"Balanceren tussen de groeifactoren"





1. STRALING (globale)

Spectrum licht:

- Globale straling (zon): 300 - 3000 nm
- Ooggevoeligheid: 380 - 780 nm
- Fotosynthese (PAR): 400 - 700 nm

Lichtdoorlaat:

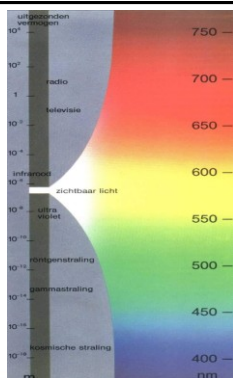
glas	400 - 1500 nm
plastic	300 - 1500 nm

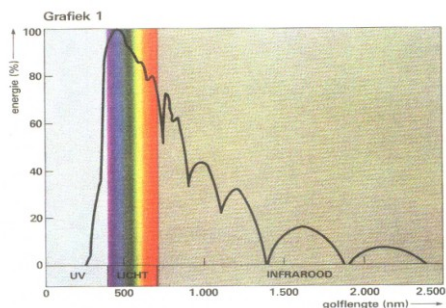


ELECTROMAGNETISCH SPECTRUM

Lange golflengte
Lage frequentie
Weinig energie

Korte golflengte
Hoge frequentie
Veel energie





Verdeling van de zonne-energie over de verschillende golflengten.
Maximum op 100% gesteld.



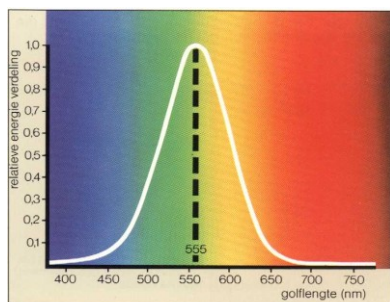


Fig. 4. De gevoeligheidscurve van het menselijke oog bereikt haar maximum in het geel-groene gedeelte van het spectrum (555 nm). Deze gevoeligheid wordt minder zowel in de richting van het rode als het blauwe licht.



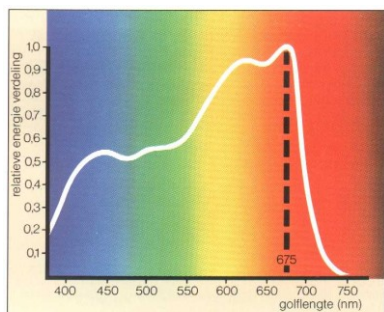
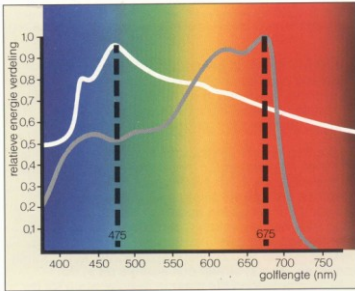


Fig.5. De plantengevoeligheidscurve voor de fotosynthese bereikt haar maximum in de rode zijde van het spectrum (675 nm)(Mc Cree).



Fig. 6. Spectrale energieverdeling van het zonlicht uitgezet tegen de plantengevoeligheidscurve. Zoals duidelijk blijkt ligt de energietop van zonlicht in het blauw-groene gedeelte van het spectrum terwijl de maximale gevoeligheid van planten voor de fotosynthese zich in het rode gedeelte bevindt.



LICHTMETING:

Globale straling: W/m^2

Zichtbaar licht: (lumen /m²) lux

Groeilicht (PAR) Lichtenergie 400 - 700 nm W/m^2
(Photosynthetically Active radiation)

Groeilicht (PPFD) Fotonen 400 - 700 nm $\mu mol/m^2 \cdot s$
(Photosynthetic Photon Flux Density)

PAR groeilicht = 45 á 50 % van de globale straling



Relatie tussen Watt en μmol

bij 400 nm : 1 Watt = 3,4 μmol
bij 700 nm : 1 Watt = 5,8 μmol

PAR en PPFD zijn daarom niet
naar elkaar om te rekenen.

Dus niet lineair !



Zonlicht		Globale straling	PAR	Fotonen
		W/m ²	W/m ²	μmol/m ² /s
	Globale straling (300-3000 nm)	1	0,45	2,3
	PAR (400 - 700 nm)	2,2	1	4,6
	Fotonen (PPFD)	0,48	0,217	1

Ass. Lampen		W/m ²	μmol/m ² /s	lux
	SON-T (600 W/ 400 V)	83	120	10.000
	LED	42	60*	vergelijkbaar

* Door hogere licht efficiëntie van LED

Voorbeeld:

100 W/m² globale straling buiten (207 μmol/m²s)

Geeft evenveel groeilicht als

12000 lux assimilatiebelichting in de kas (145 μmol/m²s) *

* Bij een lichtdoorlaat van de kas van 70%

Relatie W/m² (globale straling) en lux

Relatie : W/m ² (globale straling) en lux		
Bij ± 10.000 lux	1 W/m ² =	51 lux
Bij ± 20.000 lux	1 W/m ² =	69 lux
Bij ± 50.000 lux	1 W/m ² =	90 lux
Bij ± 100.000 lux	1 W/m ² =	104 lux

1 klux komt gemiddeld overeen met ± 12,5 W/m²
 (variatie: tussen 10 op zonnige dag en 20 op donkere winterdag)
 (Bron: Priva)

Stralingssom :

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ uur } 100 \text{ W/m}^2 = 360.000 \text{ J/m}^2 = 36 \text{ J/cm}^2$$

$$1 \mu\text{mol/m}^2\text{s} = 3600 \mu\text{mol/m}^2\text{uur} = 0,0036 \text{ mol/m}^2\text{uur}$$

Zonlicht: $100 \text{ J/cm}^2 = 2,15 \text{ mol/m}^2$

Lampen: (SON-T 600W / 400 V)
 $1000 \text{ lux gedurende 1 uur} = 0,047 \text{ mol/m}^2$



Relatie stralingssom en lichtsom

1 kluxuur komt overeen met $\pm 4,5 \text{ J/cm}^2$

(Variatie: factor 4 in de zomer
5 in het voor- en najaar
6 in de winter)

(Bron: Priva)

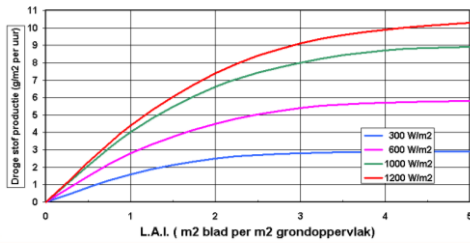


LICHTMETERS:

Pyranometer :	(globale straling)	
	300 - 3000 nm	(W/m ²)
Lichtcel:	400 - 1100 nm	(W/m ²)
PAR meter :	(energie inhoud groeilicht)	
	400 - 700 nm	(W /m ²)
Quantum sensor	(aantal fotonen groeilicht)	
	400 - 700 nm	($\mu\text{mol/ m}^2 \text{ /s}$)
Luxmeter:	(kijklicht menselijk oog)	
	400 - 700 nm	(Lux)
Pyrgometer:	4000 - 40.000 nm	(W/m ²)
Netto stralingsmeter	(netto straling)	
	300 - 40.000 nm	(W/m ²)



Netto fotosynthese bij verschillende
lichtniveau's (buiten)
en 75% lichtdoorlaat van de kas



Warmte-effect globale straling:

- Temperatuurverhoging
 - Broeikaseffect (= invangen)
 - Beperkte luchtuitwisseling
- Verdamping



2. TEMPERATUUR:

- Plant temperatuur (*blad, bloem, vrucht, stengel*)
- Luchttemperatuur
- Wortel(bodem) temperatuur
- Temperatuur verschillen (Horizontaal + verticaal)

Eenheid: °C of K

(Invloed op: fotosynthese , ademhaling,
plantontwikkeling en verdamping)



Temperatuurgevoelige processen:

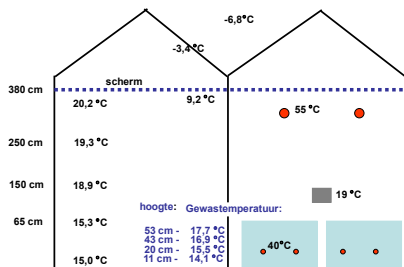
- Celdeling en celstrekking
- Ademhaling
- Transport van assimilaten

Minder temperatuurgevoelige processen:

- Cel differentiatie
- Fotosynthese



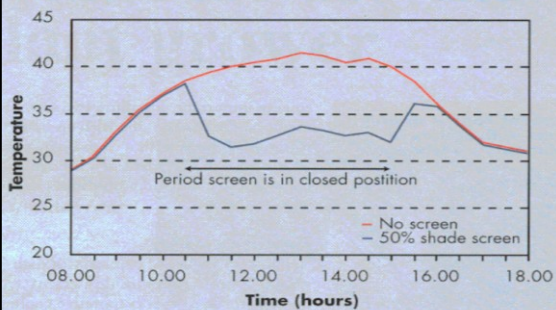
Verticale temperatuursverschillen bij Chrysanten (PBG Naaldwijk 1997)



Datum: 6 - 7 januari: van 18.00 uur tot 8.15 uur

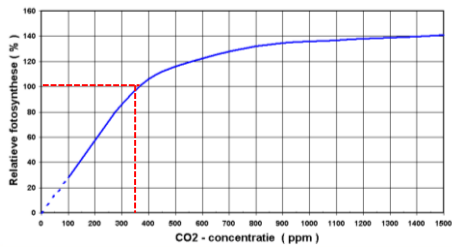


Figure 1. The effects of an aluminised shade screen (50% sunlight reflection) on the crop temperature.



3. CO₂ :

Relatie CO₂ concentratie en fotosynthese



CO₂ :

- Maximum CO₂ opname : ± 7 gram / m² per uur

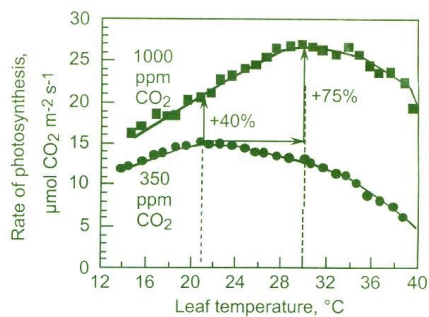
Tomaat: 1 gram CO₂ ➡ ± 6 gram vers gewicht

Komkommer: 1 gram CO₂ ➡ ± 11 gram vers gewicht

Paprika: 1 gram CO₂ ➡ ± 4 gram vers gewicht

Aubergine 1 gram CO₂ ➡ ± 5 gram vers gewicht





Involed van temperatuur op de fotosynthese bij Chrysanten (op blad niveau bij maximaal licht)



4. LUCHTVOCHTIGHEID:

Meting: % RV
Vochtdeficiet (g/m³ of g/kg)
Dampdruk Deficit (hPa)

Invloed op:

- Verdamping
- Condensatie
- Balans vegetatief / generatief
- Ziektedruk
- Fotosynthese (<3% tussen RV van 50 en 95%)



5. LUCHTBEWEGING:

VEROORZAAKT DOOR:

- Zon
- Ventilatie
 - windeffect
 - schoorsteeneffect
- Verwarming
 - buis
 - hetelucht
- Ventilatoren

BEINVLOEDT UITWISSELING VAN:

- Vocht
- Warmte



VERDAMPING:

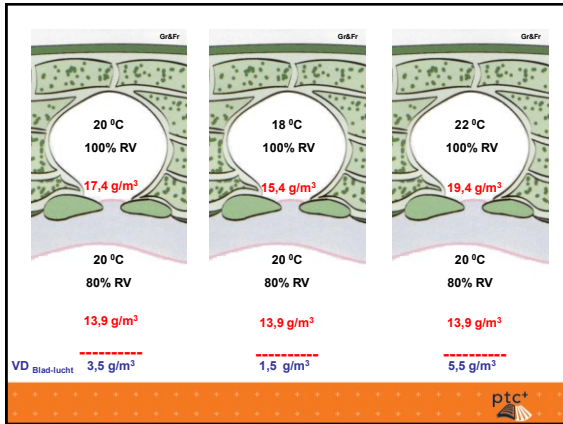
Drijfveren tot verdamping zijn:

- Instraling (zon)
- Stralingswarmte lampen
- Buizenet
- Uitstraling

Verdampingsdruk:

Verschil in vochtgehalte tussen
plant (huidmondje) en lucht (g/m³)





Bij ± 20 °C en ± 80% RH:

De invloed van 1 °C temperatuurverschil tussen blad- en lucht, heeft hetzelfde effect op de verdamping als 5% RV verschil.

Verdamping:

Een volgroeid gewas kan ± 1,25 liter per m² verdampen.

Verdamping: 100 J/cm² = ±200 cc/m²

1 uur 100 W/m² (= 36 J/cm²)
 = 72 cc/m² per uur
 = 72 gr/m² per uur
 = ± 12 gr/m³ per uur (kashoogte ± 6 meter)
 = ± 0.2 gr/m³ per minuut

Bij 500 W/m² is lucht van 20 °C en 80% RV in minuten verzadigd

Een stressvrij gewas kan de kaslucht koelen tot de buitentemperatuur of lager

Vragen?





Bedankt voor uw aandacht!

Meer informatie:

Ptcplus

T.a.v. Ben van Onna

Postbus 32

6710 BA Ede

b.vanonna@ptcplus.com

Tel. 0318 697111

www.ptcplus.com





(Mollier diagram)



Wat zit er in Lucht?

Stikstof (N ₂)	78%
Zuurstof (O ₂)	21%
Overige gassen:	
CO ₂	0,035%
Waterdamp (H ₂ O)	10-25 gr/m ³
Warmte	40 – 100 kJ/m ³



Voorbeeld:

Lucht van 20 °C en 80% RV:

Vochtgehalte:	13,9 gr/m ³
Verzadigingsvochtigheid:	17,4 gr/m ³
s.g.:	1,2 kg/m ³
Energie-inhoud:	50 kJ/kg
	= ± 60 kJ/m ³

Dampspanning:	
Verzadigingsdruk	2,3 kPa
Momentane dampspanning	1,9 kPa



mollier diagram

Relatie tussen:

- Luchttemperatuur ($^{\circ}\text{C}$)
- Vochtgehalte van lucht (g/m^3)
- Warmte-inhoud van lucht (kJ/m^3)
- Soortelijke massa van lucht (kg/m^3)
- Dampspanning (kPa)



Aspecten:

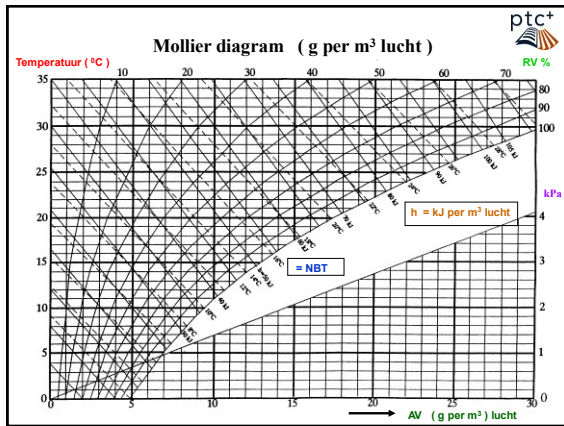
- Relatie temperatuur / RV / vochtgehalte
- Vochtdeficit / RV
- Dauwpunt
- Nattebol temperatuur
- Dampspanning (dampdruk)
- Warmte-inhoud



Toepassingen mollier:

- Condensatie
- Vochtafvoer door condensatie
- Verdamping
- Vocht regelen op RV of vochtdeficit (VD)?
- Invloed planttemperatuur op verdamping
- Tijdstip / snelheid van opstoken
- Vochtafvoer door ventilatie
- Energieverlies door ventilatie
- Koeling door gewas
- Invloed daksproeiers
- Effect van nevelen
- Pad en fan
- Luchtbehandeling (semi gesloten kas)

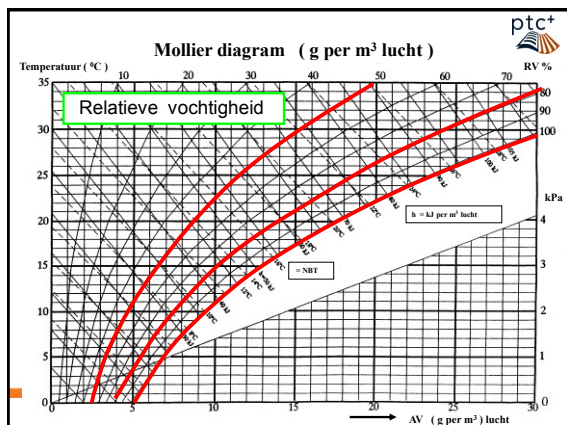




Temperatuur	Verzadigings - vochtigheid
0 °C	4.9 g/m ³
5 °C	6.9 g/m ³
10 °C	9.4 g/m ³
15 °C	12.8 g/m ³
20 °C	17.4 g/m ³
25 °C	23 g/m ³
30 °C	30.5 g/m ³

Opmerking: De toename is niet lineair





Relatieve Vochtigheid (RV)

• Verzadigingsvochtigheid (VV)

Maximale hoeveelheid waterdamp in de lucht (g/m³)

• Absolute Vochtigheid (AV)

Werkelijke hoeveelheid waterdamp in de lucht (g/m³)

$$RH = \frac{AV}{VV} \times 100\%$$



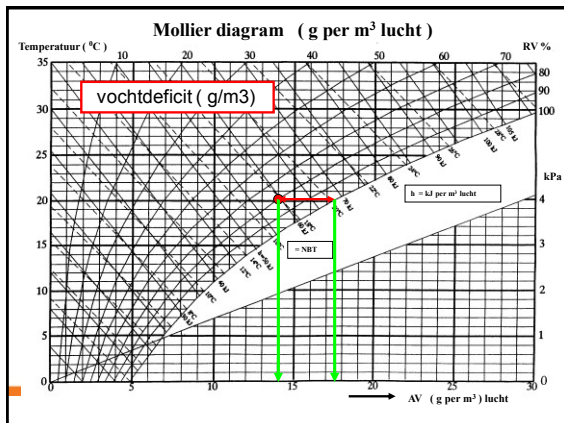
Vocht Deficit (VD)

Eenheid: g/kg (g/m³)

De hoeveelheid waterdamp
die de lucht nog kan opnemen

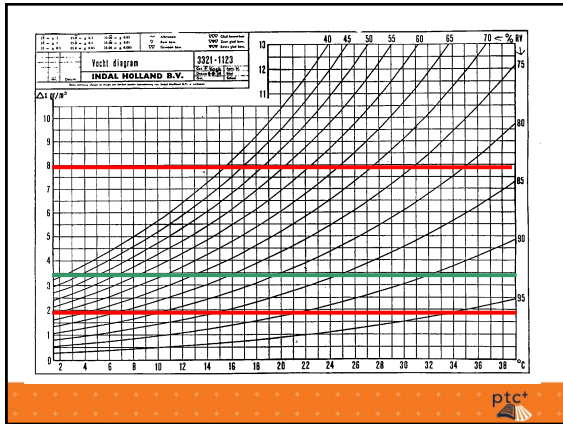
$$VD = VV - AV$$





VOCHTDEFICIT VOOR VERSCHILLENDE LUCHTVOCHTIGHEDEN IN TEMPERATUREN (°K)											
Temperatuur (°C)	Relatieve vochtigheid										
	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
6	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
8	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
10	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
11	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
12	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
13	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
14	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
15	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
16	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
17	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
18	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
19	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
20	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
21	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
22	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
23	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
24	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
25	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
26	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
27	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
28	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
29	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
30	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
31	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
32	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
33	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
34	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
35	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
36	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
37	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
38	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
39	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
40	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5





Soortelijk gewicht (kg/m³)

Tempera- tuur	Soortelijk gewicht droge lucht	Soortelijk gewicht verzadigde lucht
0 °C	1.29 kg/m ³	1.28 kg/m ³
5 °C	1.27 kg/m ³	1.25 kg/m ³
10 °C	1.25 kg/m ³	1.23 kg/m ³
15 °C	1.23 kg/m ³	1.21 kg/m ³
20 °C	1.20 kg/m ³	1.18 kg/m ³
25 °C	1.18 kg/m ³	1.15 kg/m ³
30 °C	1.16 kg/m ³	1.11 kg/m ³
35 °C	1.14 kg/m ³	1.08 kg/m ³

DAMPSPANNING

Eenheid: kPa
(1 bar = 1000 mbar = 100 kPa)

Huidmondjesweerstand: ± 0,2 kPa = ± 1,4 g/m³

Het dampspanningsverschil (P_{effectief})

= concentratieverschil

= drijvende kracht achter verdamping

$$P_e = P_v - P_a - P_{\text{huidmondje}}$$

Waterdampspanning lucht:

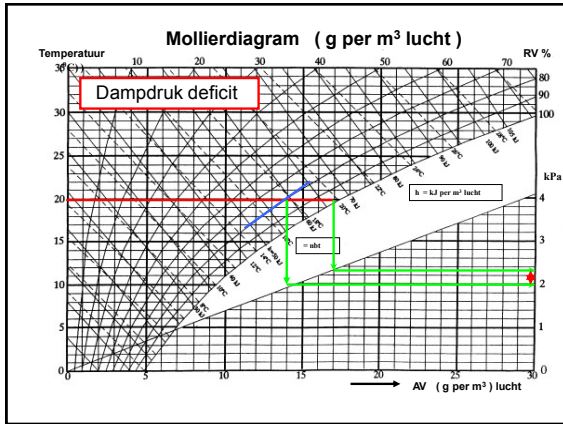
P_{absoluut}

Waterdampspanning blad:

P_{verzadiging}

Huidmondjesweerstand:

P_{huidmondje}



Vochtdeficit / dampspanning:

$$1 \text{ g/kg} = 0,16 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ g/m}^3 = \pm 0,135 \text{ kPa}$$



DAUWPUNT (temperatuur)

Temperatuur waarbij condensatie optreedt

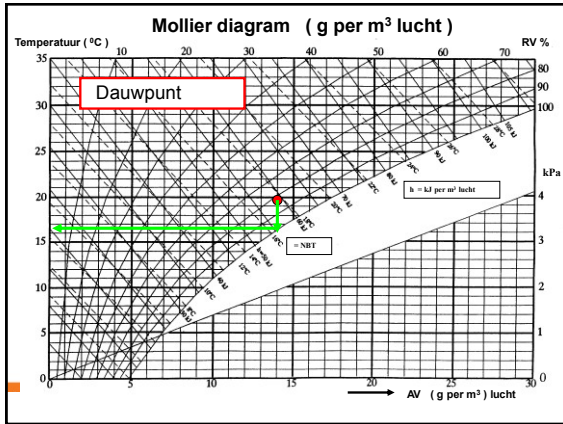
$$DBT - DT = \pm 3^\circ \text{ C}$$

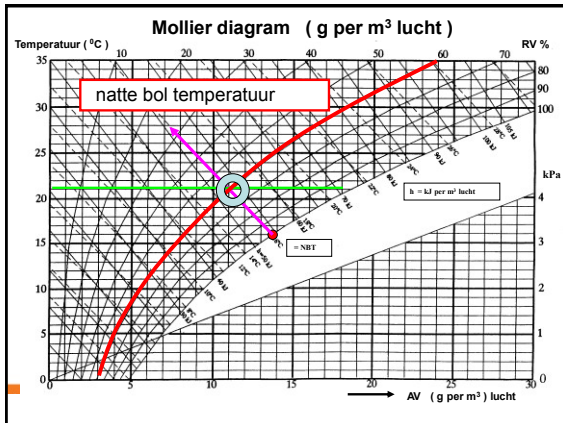
NATTE BOL (temperatuur)

De temperatuur na het verdampen van water

(Om 1kg water te verdampen is 2340 kJ nodig)







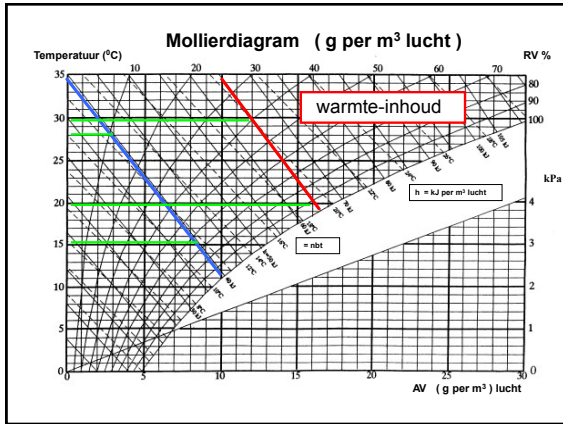
WARMTE-INHOUD (Enthalpie (h))

Eenheid: kJ/m³ lucht

Warmte-inhoud lucht afhankelijk van:

- temperatuur
- vochtgehalte (AV)

Warmtebehoefte kas: $\Delta h = h_i - h_o$



Warmte-inhoud van lucht: [kJ/kg]

- **Voelbare warmte:**
 1. Warmte-inhoud 1 kg droge lucht 1 kJ/kg per °C
 2. warmte-inhoud waterdamp 1,86 kJ/kg per °C
- **Latente warmte:**
 3. Verdampingswarmte water 2340 kJ/kg

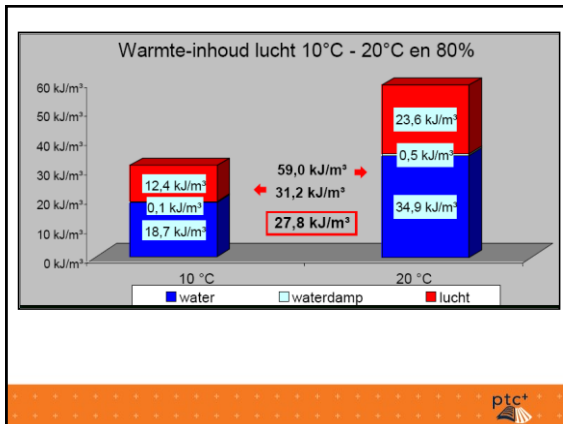
Voorbeeld:

luchttemperatuur 20 °C
 RV 69 %
 Absoluut vochtgehalte 10 g/kg (= 0.01 kg/kg) (= 12 g/m³)

- **Voelbare warmte [kJ/kg per °C]:**
 1. warmte-inhoud van droge lucht 1 kJ/kg per °C = 20 kJ
 2. Warmte-inhoud van de waterdamp:
 0.01 x 20 x 1,86 kJ = 0,37 kJ
- **Latente warmte [kJ/kg]:**
 3. Verdampingswarmte: 0.01 x 2340 kJ = 23,4 kJ

(= plm. 52,6 kJ per m³)

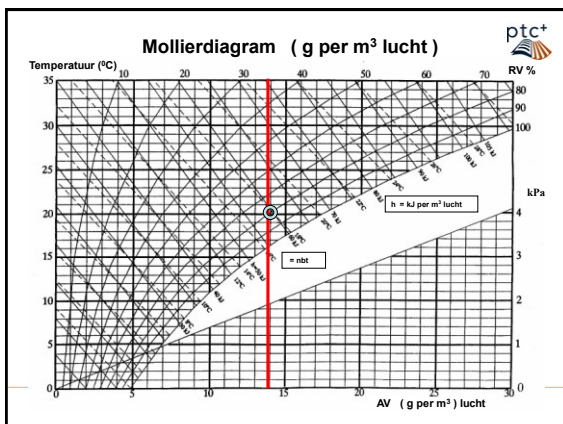
43,77 kJ



Condensatie:

Condensatie treedt op wanneer een voorwerp onder het dauwpunt komt.

- Condensatie op glas, stengel, bloem, blad etc.
- Snelheid / tijdstip van opstoken
- Temperatuurverschillen (horizontaal / verticaal)
- Vochtafvoer door condensatie



Invloed van de planttemperatuur op de verdamping:

lucht temperatuur	RV	blad Temperatuur	VV blad g/m ³	AV lucht g/m ³	Huidm. weerst. ¹⁾ g/m ³	VD _{net} ²⁾ g/m ³	verd. ³⁾ %
20 °C	80 %	20 °C	...	...	1	...	100 %
20 °C	80 %	19 °C	...	...	1	...	...
20 °C	80 %	22 °C	...	...	1	...	...

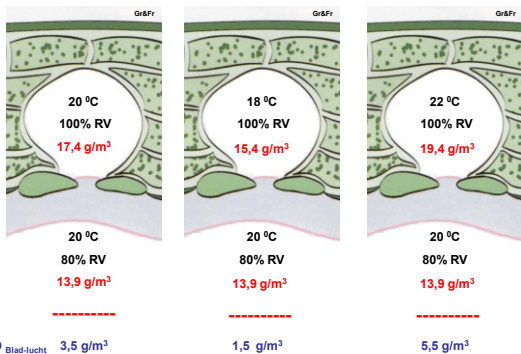
- 1) Huidm. Weerst. = Huidmondjes weerstand
 2) VD_{net} = Verdampingsdruk (VD_{blad} - lucht)
 3) Verd. = Relatieve verdamping (%)

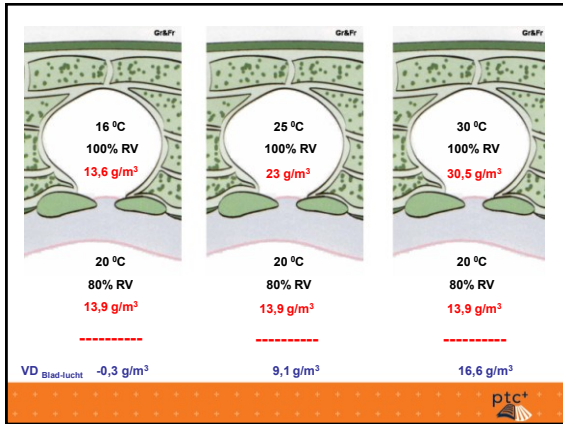
- Uitgangspunt:
 Een verdubbeling van de verdampingsdruk heeft
 overdag een toename van de verdamping van meer dan 15%

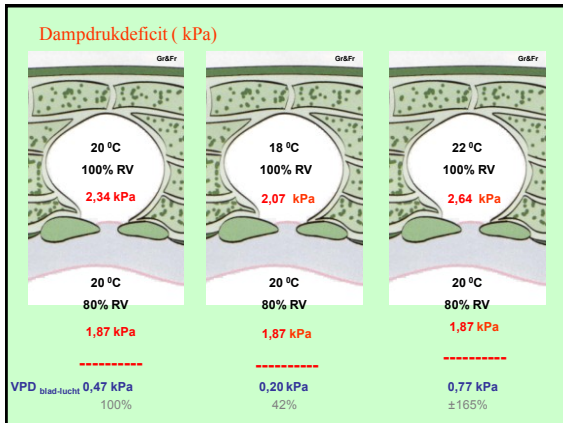


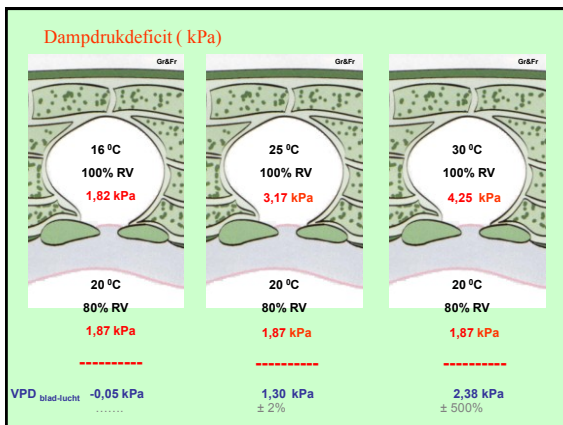
Relatie temperatuur / RV en Vocht Deficit:

lucht temperatuur	RV	VV	AV	Vocht Deficit	RV waarbij VD = 3.6 gr/m ³
5 °C	80 %	... g/m ³	... g/m ³	... g/m ³	... %
10 °C	80 %	... g/m ³	... g/m ³	... g/m ³	... %
15 °C	80 %	... g/m ³	... g/m ³	... g/m ³	... %
20 °C	80 %	... g/m ³	... g/m ³	... g/m ³	... %
25 °C	80 %	... g/m ³	... g/m ³	... g/m ³	... %
30 °C	80 %	... g/m ³	... g/m ³	... g/m ³	... %









Bij $\pm 20^{\circ}\text{C}$ en $\pm 80\%$ RH:

“De invloed van 1°C verschil tussen blad - en lucht temperatuur heeft hetzelfde effect op de verdamping als een verschil van 5% RV”



Het koelend effect van **daksproeiers** boven een kas

Temp.	Relatieve Luchtvochtigheid			
	30%	50%	70%	90%
15°C	6.0	4.0	2.5	1.0
20°C	7.5	5.0	3.0	1.0
25°C	8.5	5.5	3.0	1.0
30°C	9.5	6.5	3.5	1.0

Het koelende effect in de kas is minder

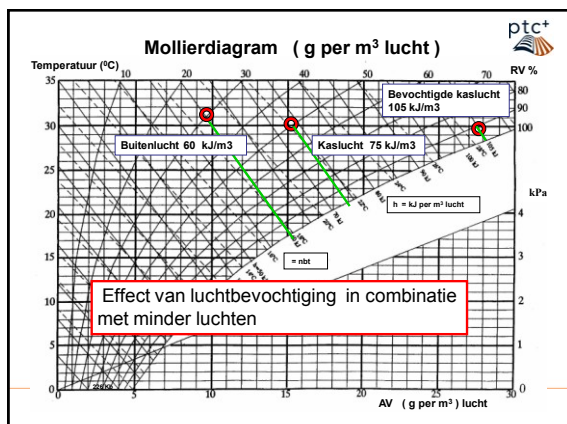


Het (theoretisch) koelend effect van **luchtbevochtiging** in de kas

Temp.	Relatieve Luchtvochtigheid			
	30%	50%	70%	90%
15°C	6.0	4.0	2.5	1.0
20°C	7.5	5.0	3.0	1.0
25°C	8.5	5.5	3.0	1.0
30°C	9.5	6.5	3.5	1.0

Het koelende effect in de kas is minder, afhankelijk van de mate van luchten





Instraling (binnen): 650 W/m² = 2340 kJ/m².uur
 Buitentemperatuur: 32 °C
 Buiten RV: 30 %
 Warmte-inhoud buitenlucht: 55 kJ/kg
 Gemiddelde kashoogte: 5 meter

Warmteafvoer door verdamping: 0,7 l/m².uur

binnen			verdamping		Warmte afvoer per keer VV	Ventilatievoud
Temp.	RV	Warmte inhoud	verdamping	Warmte inhoud		
30 °C	50 %	64 kJ/kg	0,7 l/m ² .uur	1640 kJ/m ² .uur	9 kJ/kg	15 x per uur
30°C	90 %	92 kJ/kg	0,7 l/m ² .uur	1640 kJ/m ² .uur	37 kJ/kg	±4 x per uur

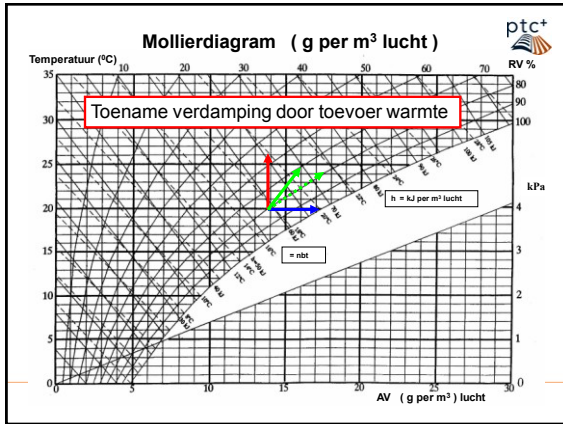
(zonder verdamping van het gewas ± 52 resp. 13 keer per uur)

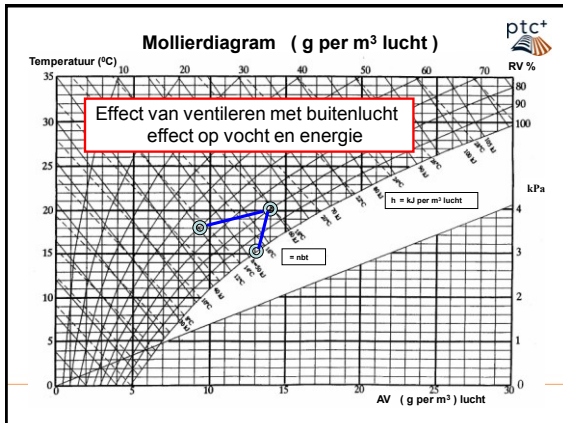
ptc⁺

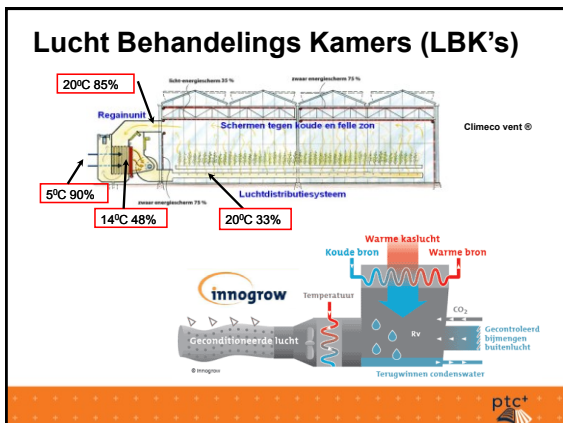
Pad and Fan systeem

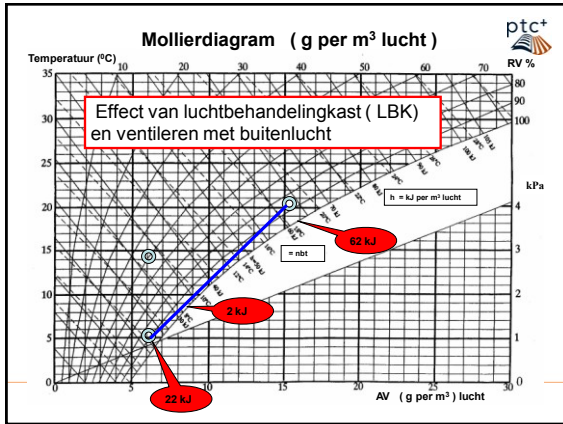
Buiten temperatuur	Relatieve vochtigheid / binnentemperatuur °C					
	40%	50%	60%	70%	80%	90%
25 °C	18.5	20	21	22	23	24
30 °C	22.5	24	25	26.5	28	29
35 °C	26.5	28.5	30	31.5	32.5	34
40 °C	31	32.5	34.5	36	37.5	39
45 °C	35	37	39	40.5	42	44
50 °C	39	41	43.5	45	47	48.5

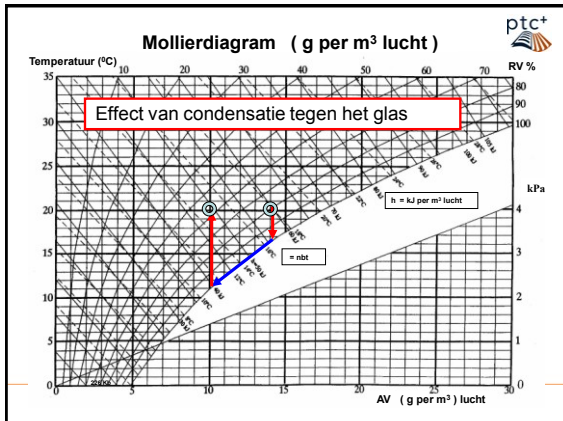
* Met 80% koel efficiëntie bij de pad











Vragen?



Bedankt voor uw aandacht!

Meer informatie:

Ptcplus
T.a.v. Ben van Onna
Postbus 32
6710 BA Ede
b.vanonna@ptcplus.com
Tel. 0318 697111

www.ptcplus.com



