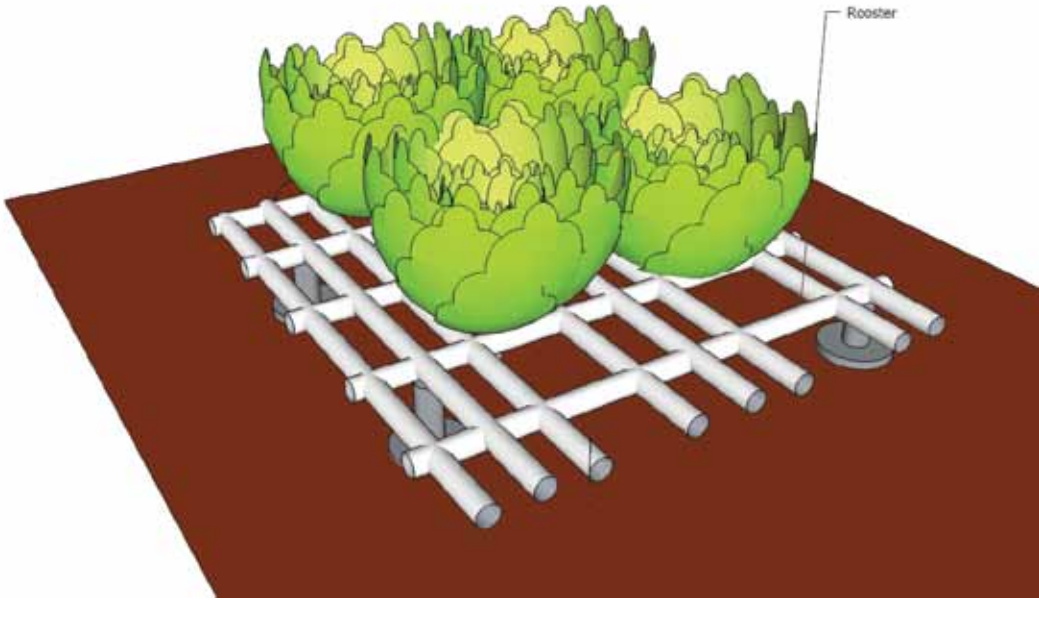
WAGENINGEN UR
For quality of life

Klimaatbeheerssysteem voor grondgebonden teelten zoals sla

J.B. Campen, A.A. Sapounas en J. Janse





Productschap Tuinbouw
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Kas als Energiebron
Rapport 334



© 2010 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres	:	Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
	:	Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel.	:	0317 - 48 56 06
Fax	:	010 - 522 51 93
E-mail	:	glastuinbouw@wur.nl
Internet	:	www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

				pagina
1	Inleiding			1
	1.1	Probleemstelling		1
	1.2	Doelstelling		2
2	Theoretische analyse			3
	2.1	Kenmerken laagopgaande gewassen		3
	2.2	Eerder onderzoek		3
	2.3	Bezoek Gert van Brakel		4
	2.4	Klimaat bij laag opgaande gewassen		5
	2.5	Oplossingsrichtingen		7
		2.5.1	Luchtslangen tussen gewas	7
		2.5.2	Inzet van ventilatoren	10
		2.5.3	Verwarming door buizen tussen het gewas	11
		2.5.4	Grondverwarming	12
		2.5.5	Vrij telen van de grond	13
3	Systeem ontwerp			14
4	Conclusies en aanbevelingen			19
Referenties				20
Bijlage I.	Presentatie Biologische tuinders			21
Bijlage II.	Publication in sla magazine LTO Groeiservice			23

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Laag opgaande gewassen zoals sla kampen met vochtproblemen. Dit wordt veroorzaakt door verschillende omstandigheden:

- Een volgroeid gewas bedekt de gehele bodem waardoor luchtuitwisseling onder het gewas en de kas niet meer mogelijk is.
- Er wordt meestal van boven af water gegeven bij deze teelten waardoor het gewas nat wordt en de bodem ook. Drogen van het gewas kost tijd en energie en verhoogt het energiegebruik.
- Het klimaat is relatief vochtig omdat de temperatuur in de kas laag wordt gehouden. Vooral in het najaar en het voorjaar wordt er nauwelijks verwarmd.
- Er worden relatief veel gewasbeschermingsmiddelen gebruikt om ziektes onder controle te houden ten gevolge van het vochtige klimaat.

Verwarming bij grondgebonden laag opgaande energie-extensieve gewassen wordt meestal met luchtheaters die bovenin de kas hangen gedaan. Deze methode heeft een aantal nadelen:

- Alle verbrandingsgassen komen in de kas waardoor ventilatie nodig is om schadelijke gassen te verwijderen.
- De luchtbeweging nabij het gewas wordt nauwelijks gesimuleerd.
- De gehele kaslucht wordt op deze manier verwarmd terwijl alleen de lucht bij het gewas verwarmd hoeft te worden.
- Nabij de grond heeft de verwarming minder effect waardoor daar vaak ziektes worden gevormd.
- De waterdamp die vrijkomt bij de verbranding van het gas komt direct in de kas waardoor de behoefte aan ontvochtiging toeneemt.
- Toepassen van andere warmtebronnen zoals een warmtepomp of restwarmte is met deze methode niet mogelijk.

Een nieuw klimaatbeheerssysteem is daarom wenselijk. In dit project wordt bekeken of verwarming met luchtslangen mogelijk is. Verwarmde lucht wordt via kleine luchtslangen die onder het gewas op de grond tussen het gewas liggen. Dit heeft als voordeel dat de warmte direct bij het gewas wordt gebracht en het klimaat tussen de planten kan worden geregeld. Het vochtgehalte van de ingeblazen lucht wordt geregeld door deels buitenlucht aan te zuigen. Om deze reden wordt met luchtslangen gewerkt.
Het systeem moet economisch haalbaar zijn door verbetering van het klimaat rond de plant waardoor de kwaliteit en productie verbeteren en er minder gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn.

1.2 Doelstelling

"datgene waarnaar men streeft"

Technische doelstellingen

- Doel van dit project is een nieuw klimaatbeheerssysteem voor grondgebonden laag opgaande energie-extensieve gewassen te ontwikkelen. Dit systeem zorgt lokaal bij het gewas voor een optimaal klimaat.
- Niet alleen de warmtebehoefte van het gewas wordt ingevuld met het te ontwikkelen systeem maar ook het vochtdeficit rond de plant.
- Het systeem moet geen belemmering vormen bij het oogsten en de grondbewerking.

Energiedoelstellingen

- De nieuwe methode van klimaatbeheersing moet ervoor zorgen dat het energieverbruik in deze teelten wordt verminderd door toepassing van andere warmtebronnen maar ook door de warmte dichterbij de plant te brengen.
- Indien de warmtevoorziening wordt geregeld middels een warmtepomp dan is een energiebesparing van meer dan 50% mogelijk.
- Door buitenlucht aanzuiging zal het gebruik van het energiescherm toenemen omdat vochtproblemen worden voorkomen.

Nevendoelstellingen

- De investeringsruimte is beperkt bij deze teelten aangezien het energiegebruik en de gewasopbrengsten beperkt zijn. Het is daarom van groot belang een goedkoop systeem te ontwikkelen.

2 Theoretische analyse

2.1 Kenmerken laagopgaande gewassen

Laagopgaande gewassen zoals sla hebben in het algemeen een laag energiegebruik. Voor sla licht het gasverbruik tussen de 5 en 8 m^3 per vierkante meter. Dit lage gasverbruik komt door de lage teelttemperatuur. Voor sla wordt 's nachts minimaal 6 graden en overdag 10 graden nagestreefd.
De watergift bij sla in de grond gebeurt door beregening. Hiervoor is gekozen omdat dit een goedkope manier is en omdat het geen belemming vormt voor de grondbewerking. Deze vorm van water geven zorgt voor een extra ziektedruk aangezien het totale gewas nat wordt. Ook kost het relatief veel energie om het gewas na de watergift weer droog te stoken. Gegevens uit de KWIN laten zien dat de winstmarge tussen de 2 en 3 EURO per m2 ligt per teelt in de winter. Een groot deel van de kosten (>60%) zijn energiekosten. Het gebruik van een energiescherm wordt door de stijging van de gasprijzen dan ook steeds interessanter. Gewasbescherming zijn minder dan 10% van de totale kosten inclusief arbeid. De uitval hangt sterk of van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en het klimaat. Indien beide goed zijn dan is de uitval beperkt tot 2% in de wintermaanden. Indien er niet genoeg wordt gespoten gaat de uitval omhoog naar 10%. Bij biologische telers kan de uitval wel oplopen tot 30%.

2.2 Eerder onderzoek

Uit het oogpunt van energiebesparing is de toepassing van een scherm wenselijk. Een studie uit 2003 (Janse *et al.*, 2003) liet zien dat met een energiescherm bij teelten met een lage energiebehoefte ongeveer 20% kan worden bespaard. In combinatie met temperatuur integratie loopt dit op naar meer dan 50%. De investering van een scherm (5 EURO/m^2 met IRE-subsidie 3.75 EURO/m^2) wordt echter niet goedgemaakt door de lage energiekosten. Dit hangt overigens af van de gasprijs die bij deze analyse op 15 cent/m3 gesteld is. Door het lage gasverbruik ligt de prijs van het gas vaak hoger (rond de 35 ct/m^3) wat een degelijke investering rendabel maakt (afschrijving van 5 jaar leidt tot 75 ct/jaar → rendabel bij een besparing van 2 m^3). Een scherm in combinatie met een heater is vaak niet mogelijk omdat de kas niet hoog genoeg is. Er zal daarom ook een investering in de verwarming gedaan moeten worden. Er moet een additioneel voordeel zijn aan het scherm wil de tuinder deze installeren zoals het gebruik van het scherm indien er bijvoorbeeld ook komkommers worden geteeld een deel van het jaar. De productie werd negatief beïnvloed door het gebruik van het scherm indien deze niet op de juiste wijze wordt toegepast. Een goede vochtregulatie is essentieel. Door de lage teelttemperatuur wordt het scherm minder gebruikt in vergelijk tot andere teelten. Op de momenten dat het scherm wordt toegepast is het buiten koud en daarmee is de hoeveelheid vocht in de lucht gering. Mechanische vochtafvoer zou in deze periode ingezet kunnen worden.

2.3 Bezoek Gert van Brakel



Foto van de kas van Gert van Brakel in St. Annaland.

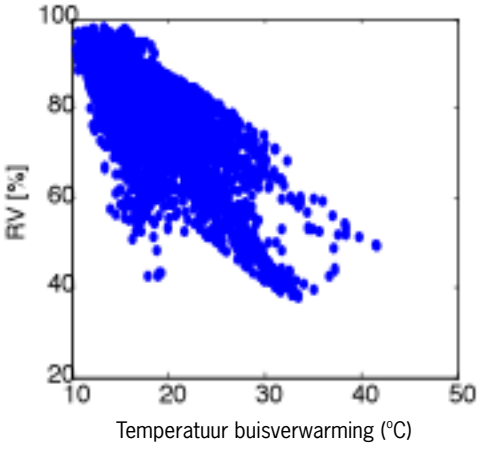
Bovenstaande foto laat de productie in een commerciële kas waarbij met buisverwarming wordt gewerkt zien. Deze tuinder heeft zijn hete lucht verwarming vervangen door buisverwarming mede omdat er in de zomermaanden komkommer wordt geproduceerd in deze kas. De luchtverwarming zorgde voor minder energieverbruik dan de buisverwarming stelde de tuinder uit zijn vergelijk vast. Dit komt omdat de verliezen minder zijn en er met de luchtverwarming sneller op weerveranderingen kan worden gereageerd. Toch geeft de buisverwarming een homogener klimaat en zijn de vochtproblemen minder omdat niet al het vocht dat tijdens de verbranding van het gas in de kas komen. Buisverwarming kan aanleiding zijn voor bepaalde fysiogene afwijkingen zoals rand.



Luchtbeweging systeem (foto: Jantinke Hofland-Zijlstra)

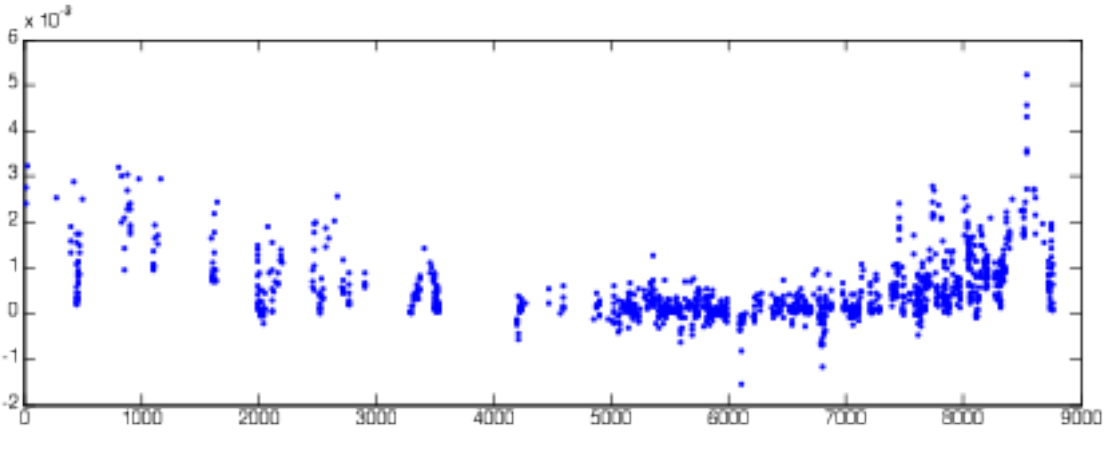
Bij deze tuinder is een proef gedaan waar met CO_2 doseerslangen lucht onder de sla wordt geblazen. Zoals op de foto te zien werd niet in alle rijen een CO_2 darm geplaatst. Ook was de ventilator die voor deze proef werd gebruikt niet optimaal. Het resultaat van de proef (Beheersing van bovengrondse ziekten in biobladgroenten) was dat de verschillen klein waren. Dit wordt geweten aan het feit dat de hoeveelheid ingeblazen lucht gering was en de slangen maar tussen enkele rijen lagen waardoor maar een deel van de sla van lucht werd voorzien.

2.4 Klimaat bij laag opgaande gewassen

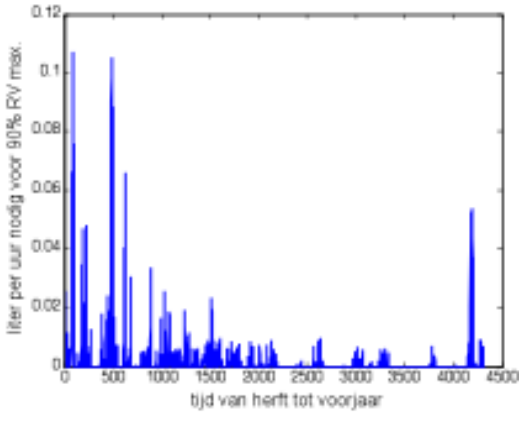


Relatieve luchtvochtigheid in relatie tot de temperatuur van de buisverwarming

Bovenstaande figuur laat de relatieve luchtvochtigheid als functie van de temperatuur van de buisverwarming zien zoals berekend met KASPRO. Uit de figuur valt op te maken dat de relatieve luchtvochtigheid hoog is op de momenten dat de warmtebehoefte van de kas laag is. Dit zijn specifiek de periodes in de herfst en het late voorjaar. Op deze momenten wordt er volop gelucht om de temperatuur in de kas laag te houden. De relatieve luchtvochtigheid en temperatuur zijn nagenoeg gelijk aan buiten. Men kan de relatieve luchtvochtigheid op deze momenten alleen verlagen door te verwarmen. Een groot deel van het vocht komt uit de grond die nog warm is van de zomer.

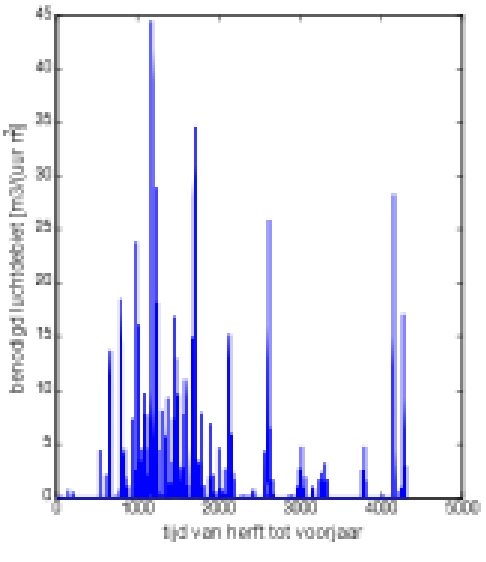


Bovenstaande figuur laat het verschil in vochtinhoud van de kas en buiten (kg kg^{-1}) zien voor de uren van het jaar dat de relatieve luchtvochtigheid hoger is dan 90% (1394 uur). Te zien is dat zoals eerder gezegd de verschillen klein zijn. Wil men met buitenlucht ontvochtigen dan moeten de verschillen tenminste groter zijn dan 2 gr kg^{-1} om te voorkomen dat er grote hoeveelheden lucht moeten worden uitgewisseld. Dit komt maar 58 uur per jaar voor. De overige uren (1336 uur) waarin de problemen zich voordoen helpt dit systeem niet. Buitenlucht aanzuiging is daarom geen oplossing.



Ontvochtigingsbehoefte in de tijd van de herfst tot het voorjaar

Bovenstaande figuur laat de ontvochtigingsbehoefte zien van de herfst tot het voorjaar indien er een maximale relatieve luchtvochtigheid van 90% wordt gehandhaafd. Een groot deel van de ontvochtiging komt voort uit het feit dat de buitenlucht vochtiger is dan de gewenste vochtigheid in de kas waardoor de ontvochtigingsbehoefte toeneemt als er wordt gelucht op temperatuur.



Benodigde ventilatie met buitenlucht ten behoeve van de ontvochtiging als functie van de tijd.

Bovenstaande figuur laat de benodigde luchtuitwisseling zien als een mechanisch systeem wordt ingezet t.b.v. de luchtuitwisseling. Uit de figuur valt op te maken dat er inderdaad nauwelijks verschillen in absolute luchtvochtigheid zijn waardoor de ventilatie enorm groot wordt.
Aangezien de verschillen tussen buiten en de kaslucht gering zijn kan een eventueel luchtverdeel systeem de lucht het beste uit de kas halen. Een doorvoer naar buiten heeft geen meerwaarde. Ook op de momenten dat het buiten wel droger is dan in de kas kan de lucht net zo goed uit de kas worden gehaald aangezien dan de luchtvochtigheid in de kas ook lager is ten gevolge van condensatie op het dek en lekventilatie.

2.5 Oplossingsrichtingen

2.5.1 Luchtslangen tussen gewas

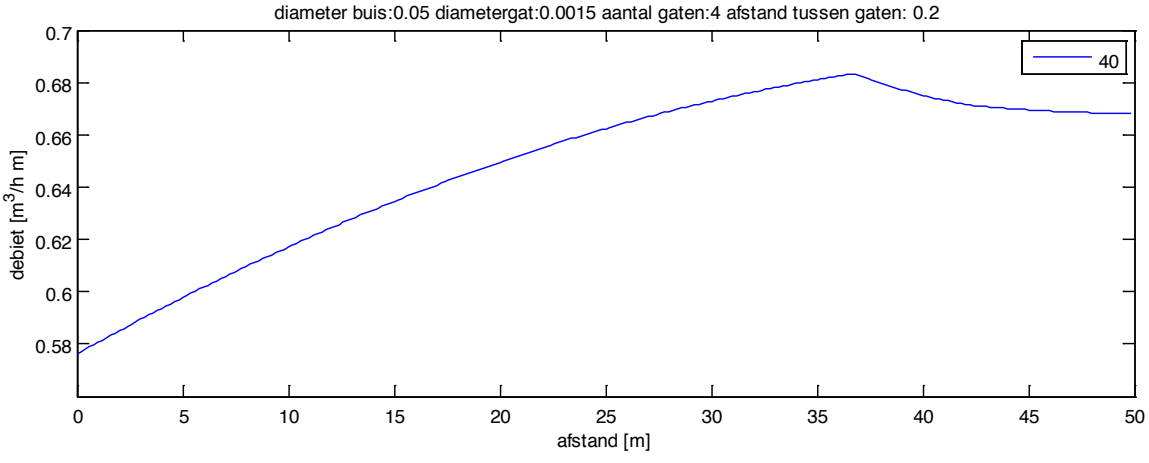
Geforceerde luchtbeweging is een oplossing voor locaties in de kas waar de luchtbeweging ten gevolge van temperatuurverschillen of wind gering is. Dit is vooral het geval in dichte gewassen en gedurende periodes dat de verwarming nauwelijks aanstaat en/of wanneer er niet wordt gelucht. Luchtbeweging nabij het gewas kan zorgen voor een beter klimaat nabij het gewas. De effecten van luchtbeweging zijn alleen direct bij een uitblaasopening merkbaar indien de luchtsnelheid laag is. Lucht wordt snel afgeremd indien het vrij kan uitstromen. Lucht inbrengen in een afgesloten ruimte zoals onder het gewas kan positief werken.
De uitstroom uit een slang met gaatjes hangt af van de statische druk in de slang bij het gaatje. Deze statische druk hangt af van de drukverdeling in de totale slang. De druk in de slang wordt bepaald door een statische component en een dynamische component. De dynamische druk $p_{dynamisch}$ samen met de luchtsnelheid v volgens:

$$p_{dynamisch} = \tfrac{1}{2}\rho v^2$$

Waarin ρ de dichtheid van de lucht is
Aan het begin van de slang waar de lucht wordt ingeblazen is de dynamische druk hoog en daarmee de statische druk laag. Er komt in dit deel van de slang dus relatief minder lucht uit dan aan het eind van de slang. Indien de opening van alle gaatjes gering is ten opzichte van het doorstromend oppervlak van de slang dan zijn de verschillen over de slang gering. Indien beide oppervlaktes gelijk zijn dan zijn de verschillen nog acceptabel echter wanneer het oppervlak van de gaatjes groter is dan het doorstromende oppervlak van de slang dan wordt de verdeling slecht. Gekozen wordt vaak voor een ongeveer gelijk oppervlak omdat de ventilator hierbij minder druk hoeft op te bouwen als wanneer het aantal gaatjes kleiner zou zijn, wat energie bespaart. Tenslotte kan de ventilator nog een effect hebben op de luchtsnelheid in het begin van de slang. De werveling die de ventilator veroorzaakt kan ervoor zorgen dan de luchtsnelheid langs de gaatjes groter is dan de luchtsnelheid in de richting van de slang alleen.
De hoeveelheid lucht ϕ_v in $m^3\ s^{-1}$ die uit de gaatjes stroomt kan worden gekoppeld aan de statische druk $p_{statische}$ door:

$$\phi_v = 0.66 A_{gat} \sqrt{\frac{2 p_{statisch}}{\rho}}$$

Waar A_{gat} het oppervlak van het gaatje is.



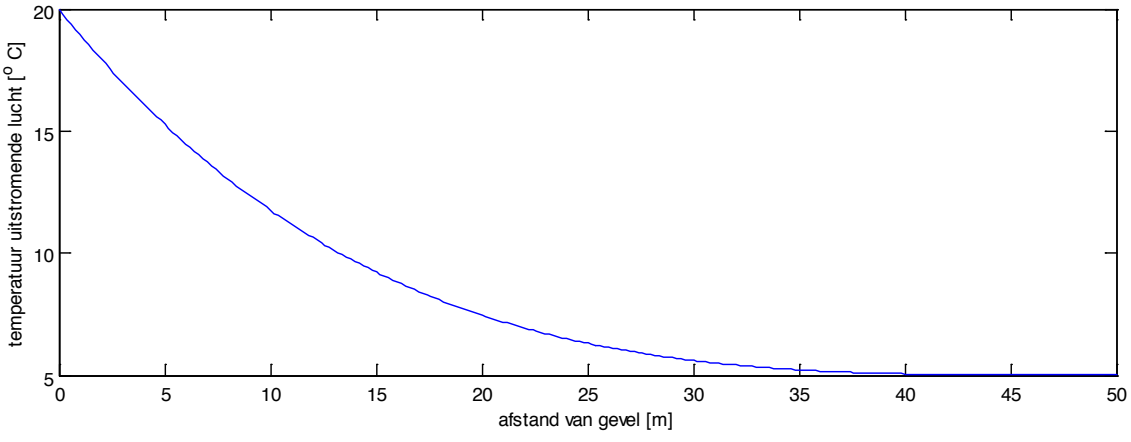
Bovenstaande figuur laat de uitstroom uit een 50 meter lange slang met een diameter van 5 cm (20 cm^2 doorsnede) zien waar om de 20 cm vier gaatjes met een diameter van 1.5 mm (4 x 1.8 mm^2 x 50/.2= 18 cm^2) is gemaakt. De begindruk in dit geval is 40 Pa. Het oppervlak van alle gaatjes is in dit geval ongeveer gelijk aan de doorsnede van de slang. Te zien is dat in dat geval inderdaad de uitstroom gelijkmatig verdeeld is.

Hoe de uitstromende lucht zich vervolgens beweegt hangt af van de omgeving waar de uitstroom plaatsvindt en de temperatuur van de uitstomende lucht ten opzichte van de omgevingstemperatuur. De omgeving kan ervoor zorgen dat de lucht direct wordt afgeremd bijvoorbeeld door bladeren die dichtbij de slang hangen. Indien de lucht vrij kan uitstromen dan zal deze ook snel in snelheid afnemen. Koude lucht daalt waar warme lucht stijgt. Indien koude lucht wordt uitgeblazen en de slang zich nabij de grond bevindt dan zal de lucht zich daar verspreiden. Indien warme lucht wordt uitgeblazen dan zal deze lucht zich omhoog gaan begeven.

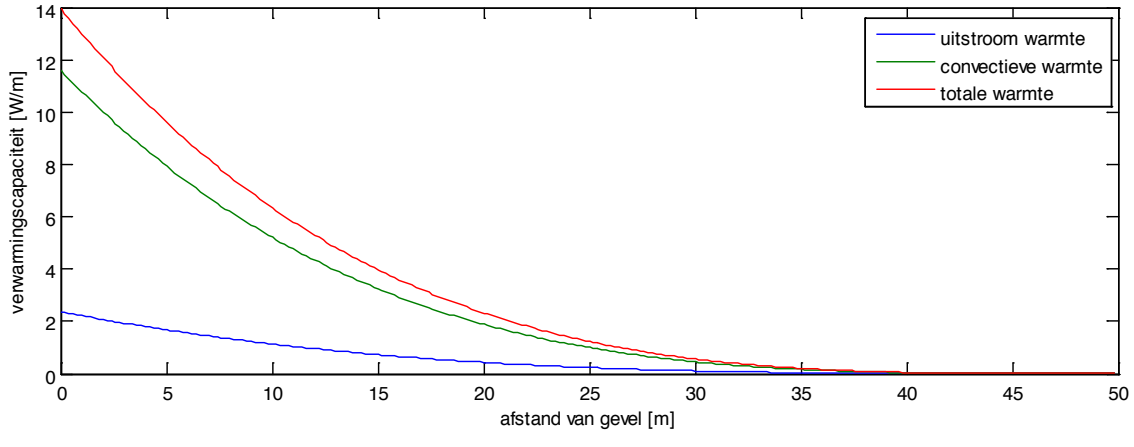
Indien wordt verwarmd met luchtslangen dan vindt de verwarming plaats door de uitstromende warme lucht enerzijds en de warmteafgifte (convectieve warmte) van de slang anderzijds. De convectieve warmteoverdracht $P_{convectief}$ van een slang wordt gegeven door:

$$P_{convectief} = A_{slang}\alpha\Delta T$$

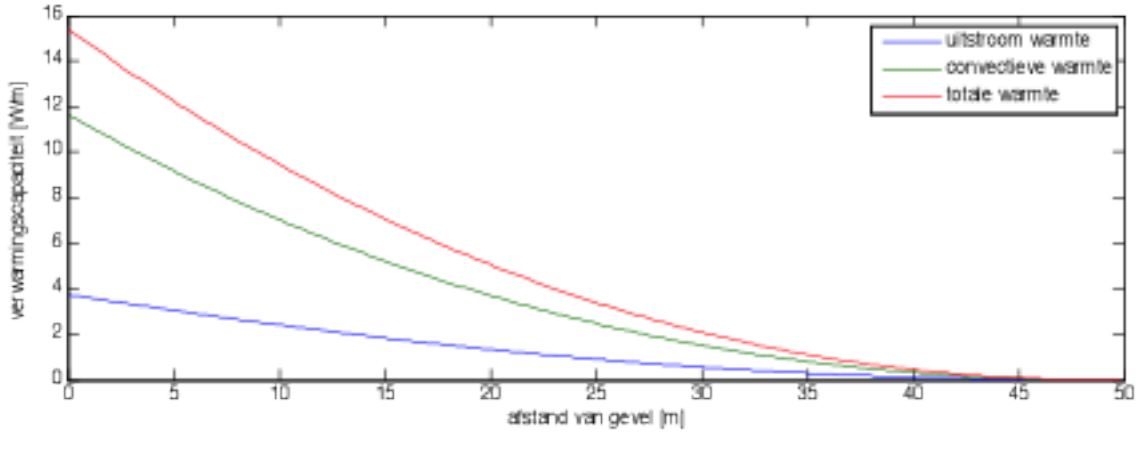
Waar A_{slang} het oppervlak van de slang is, α de warmteoverdrachtscoëfficiënt en ΔT het temperatuurverschil tussen de lucht en de slang is. Aangezien de lucht afkoelt naar mate hij door de slang stroomt neemt de convectieve warmteoverdracht ook af. Tenslotte speelt nog het feit dat de warmtecapaciteit van lucht gering is (1200 J m^{-3} K^{-1}). Dit maakt dat de lucht snel afkoelt. Een geïsoleerde slang kan dit probleem voorkomen maar dat zal kostbaar zijn.



Bovenstaande figuur laat de temperatuur van de uitstromende lucht zien waarvan de grootte in een eerder figuur te zien is. De ingaande temperatuur van de lucht is 20°C en de kaslucht is op 5°C gesteld. Te zien is dat de temperatuur van de lucht in de slang na ongeveer 30 meter in de buurt komt van de temperatuur van de kas.



Bovenstaande figuur laat de warmteafgifte via convectie, uitstromende lucht en de totale warmteafgifte zien. Uit de figuur kan worden geconcludeerd dat de warmteafgifte niet uniform is.



De warmteverdeling kan worden verbeterd door de druk in de slang te verhogen. Dit kost echter meer elektra en zoals uit bovenstaande figuur te zien is, waar de druk is verhoogd van 40 naar 100 Pa, is de verdeling dan nog steeds niet optimaal.

Een drainage slang is ook nog geopperd als methode. Hiervoor gelden dezelfde bezwaren. Daarnaast speelt vervuiling en het feit dat grondbewerking niet mogelijk is door de aanwezigheid van deze slangen ook een rol. In plaats van lucht inblazen in deze slangen, lucht afzuigen geeft een slechtere luchtverdeling. De lucht zal voornamelijk in het deel van de slang dicht bij de ventilator naar binnen stromen.

Samenvattend kan gesteld worden voor luchtslangen:

- De uitstroom wordt bepaald door de statische druk in de slang nabij de uitstroom
- Indien het oppervlak van alle uitstroomopeningen gelijk is of kleiner dan het de doorsnede van de slang dan is de luchtverdeling over de slang gelijkmatig.
- De invloed van de ventilator op de uitstroom in het eerste deel van de slang moet worden meegenomen.
- Verwarmen met een luchtslang geeft een slechte warmteverdeling.
- Indien de slang wordt gebruikt voor verwarming dan zorgt niet alleen de uitstromende lucht voor de verwarming maar ook de temperatuur van de slang zelf.
- Lucht heeft een gering warmtecapaciteit wat maakt dat de lucht snel van temperatuur kan veranderen indien er een warmtestroom is.
- De invloed van de luchtsnelheid neemt snel af op afstand van de uitstroom.
- Alleen rondom de slang wordt het klimaat beïnvloed door de lucht uit de slang.

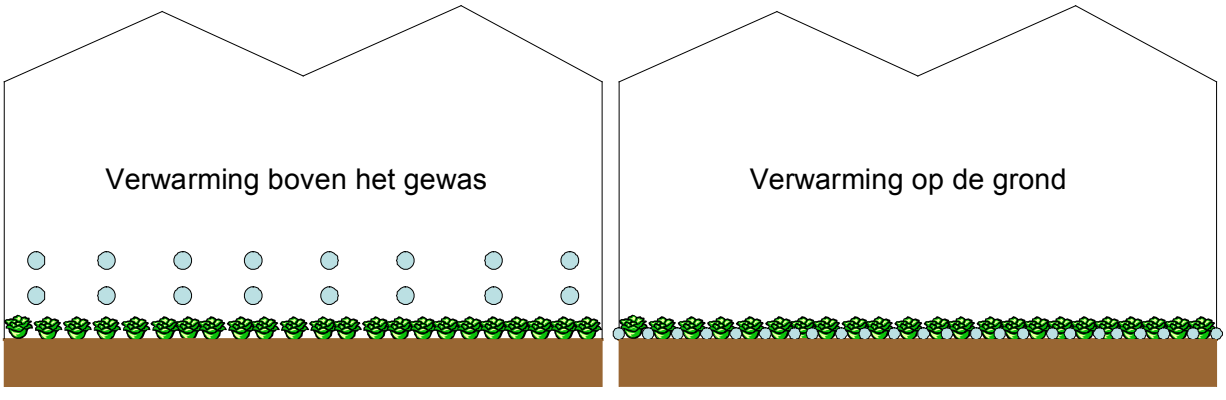
Kortom de inzet van luchtslangen tussen een degelijk dicht gewas heeft geen zin als niet rond elke plant een slang wordt geplaatst wat kostentechnisch en praktisch nooit uitkan.

2.5.2 Inzet van ventilatoren

Ventilatoren worden in kassen ingezet om de klimaatverdeling te verbeteren. Aircobreezers worden ingezet om verticale luchtbeweging te creeren. De inzet van deze ventilatoren zal voor de sla niet veel effect hebben aangezien het een compact gewas is wat dichtbij de grond zit. De luchtbeweging zal zich voornamelijk boven het gewas bevinden. Daarnaast wordt er in de slateelt veel geventileerd. De aircobreezers zullen om deze reden geen additionele luchtbeweging geven.

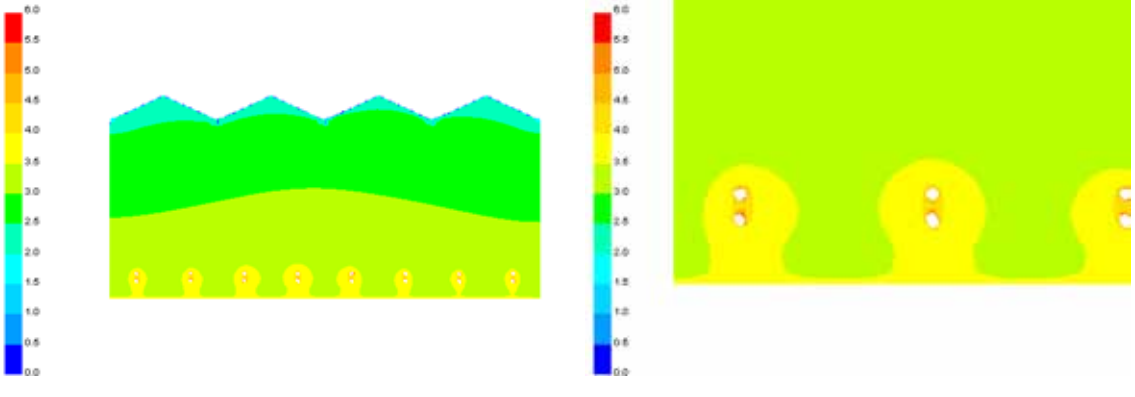
2.5.3 Verwarming door buizen tussen het gewas

Grondverwarming bij sla is reeds in verschillende studies onderzocht. (Elwell *et al.*, 1984; Economakis, 1997). Deze studies laten zien dat grondverwarming bij sla de productie doet toenemen. Nederlandse studies laten zien dat de kwaliteit negatief beïnvloed wordt. In Griekenland wordt deze manier van verwarming traditioneel toegepast. Het grootste deel van de sla tuinders verwarmt zijn kas met luchtheaters. Echter er zijn ook een aantal tuinders die met buizen de kas verwarmen. Dit gebeurt door buizen die boven het gewas hangen zoals in onderstaande tekening is te zien.

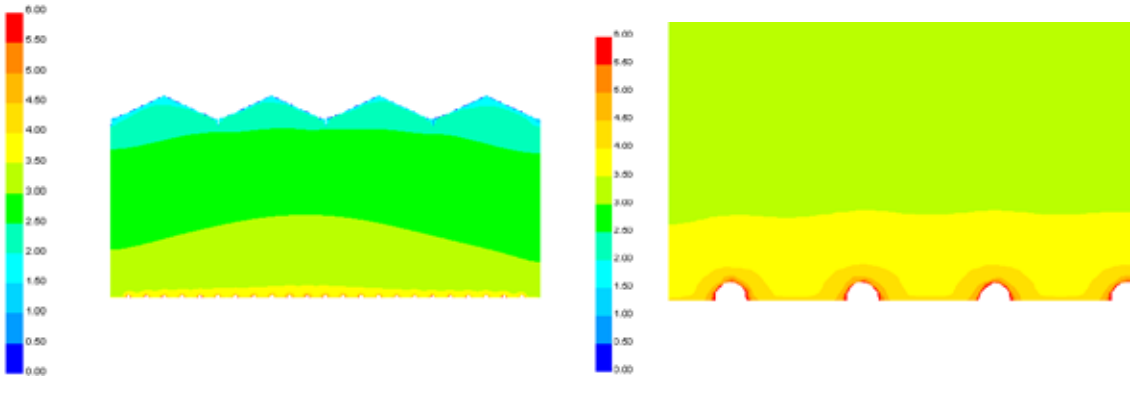


Linker figuur laat de situatie zien bij sla tuinders die met buizen verwarmen, de rechter figuur laat de situatie zien waarbij de buizen/verwarmingsslangen tussen het gewas geplaatst zijn.

De verwarming zou ook tussen het gewas geplaatst kunnen worden. Hierdoor wordt de warmte direct bij het gewas gebracht en dit zorgt voor een beter klimaat rond de plant. Door middel van CFD is gekeken wat het effect is van de plaatsing van de buizen tussen het gewas in plaats van boven het gewas.



Bovenstaande figuur laat de temperatuurverdeling in de kas zien bij verwarmingsbuizen boven het gewas.



Bovenstaande figuur laat de situatie zien op het moment dat de verwarming onderin het gewas is geplaatst. Een vergelijk van beide figuur laat zien dat de temperatuur in de rest van de kas lager is op het moment dat de verwarming nabij de sla

is geplaatst terwijl de temperatuur bij het gewas gelijk is. De verwarmingstemperatuur is in het eerste geval 40°C en in het tweede geval 28°C. Er zijn wel meer buizen nodig om voldoende warmteoverdracht te krijgen in het tweede geval, een temperatuur van 28°C nabij het gewas is te hoog en er zullen dus nog meer buizen nodig zijn. Ook mag de temperatuur van het water niet te hoog worden om uitdroging van het gewas te voorkomen en optreden van o.a. rand. Het benodigde warmteinput in het tweede geval is 15% lager.

2.5.4 Grondverwarming

Diverse studies geven aan dat sla meer productie geeft indien de grond wordt verwarmd. Ook hier speelt dat de verwarming in de grond moet worden verwijderd op het moment dat de grond wordt bewerkt tussen de teelten. Nadeel is dat de responstijd afneemt en dat de grond kan uitdrogen. De kwaliteit van de sla zal hierdoor slechter worden: graterig, gevoelig voor rot, zwakker blad. De redenen dat de productie in andere landen wel gebaat is bij de grondverwarming hangt vermoedelijk samen met een hogere instraling.

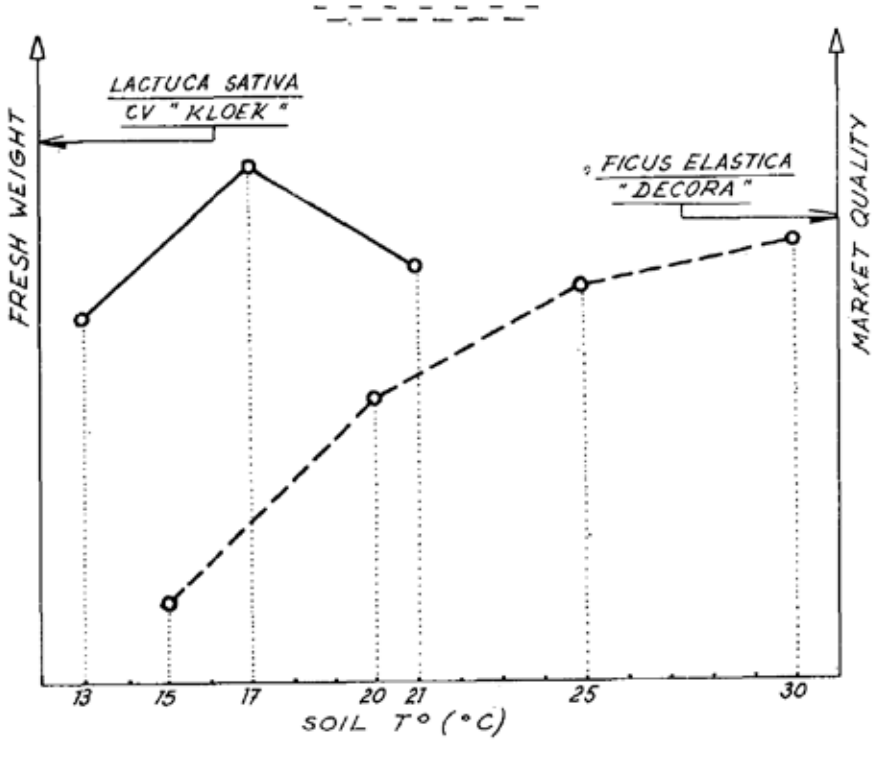


Fig. 1.- Curves of plant reaction to an increase in soil T°
(for a relatively low air T°)
Left : Lettuce (fresh weight) (3)
Right : Ficus elastica (market quality) (4)

From (Nisen et al., 1978)

2.5.5 Vrij telen van de grond

Sla wordt niet altijd in de grond geteeld. Er zijn diverse systemen ontwikkeld om de sla uit de grond te halen. Deze systemen kunnen rendabel zijn voor specifieke sla typen, omdat deze systemen beter gebruik maken van de beschikbare ruimte. Daarnaast zal in de toekomst de Kaderrichtlijn Water emissies naar de ondergrond waarschijnlijk verbieden. Echter het allergrootste areaal in Nederland voor sla staat nog in de grond. Er zijn momenteel slechts twee Nederlandse slatelers die op NFT telen.
Het nadeel van het telen in de grond is dat het klimaat tussen en onder het gewas niet goed te beheersen is. De grond wordt nat door de beregening waar de bladeren van de sla dan weer opliggen. Beter zou zijn als de bladeren los van de grond geteeld konden worden zodat er geen interactie meer mogelijk is tussen de grond en het gewas en dat er lucht onder het gewas door geblazen kan worden. Een systeem zoals bij Chrysant kan mogelijk een oplossing zijn.

3 Systeem ontwerp

Om tot een alternatief systeem te komen zijn eerst de eisen gedefineerd.
De eisen voor een nieuw teeltsysteem voor sla in de grond zijn:

- Het klimaat onder het gewas moet verbeteren
- Het systeem moet betaalbaar zijn
- Het systeem moet praktisch inzetbaar zijn, het moet eenvoudig te verwijderen zijn

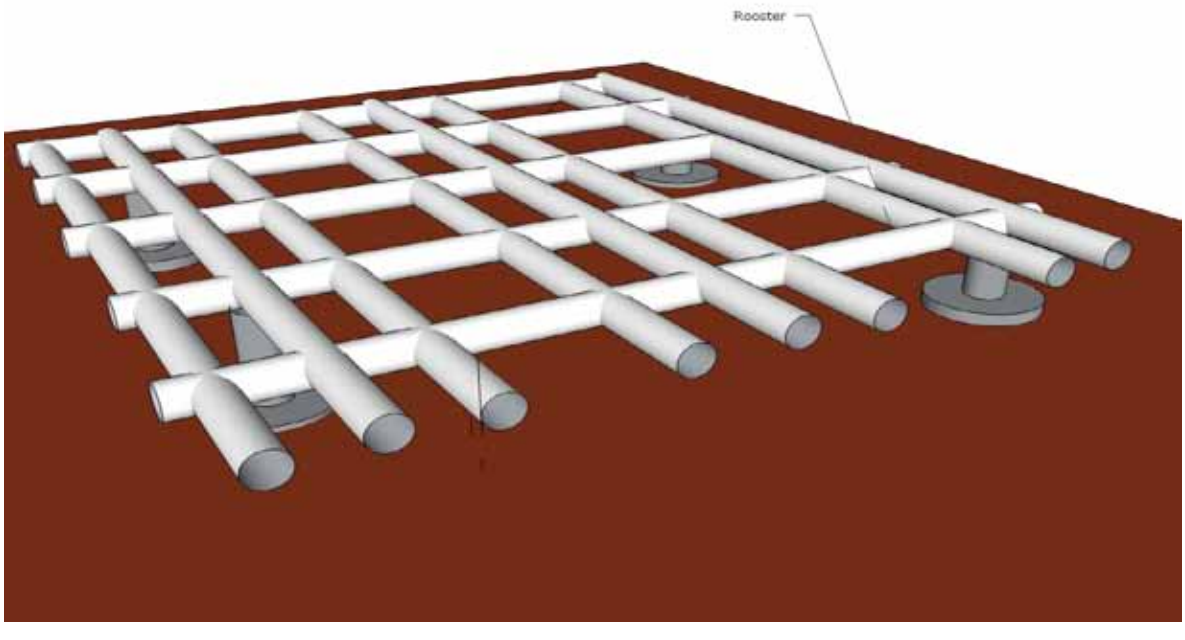
Een bron van de problemen zijn:

- Te weinig luchtbeweging onder en tussen het gewas.
- Gewas ligt deels op natte grond
- Door het watergeven van boven wordt het gewas en de grond nat.
- Er is geen verwarmingsbehoefte in de periode dat de problemen zich voordoen.

Verdere verbeterpunten:

- Verwarming moet dichterbij het gewas zodat niet de hele kas wordt verwarmd

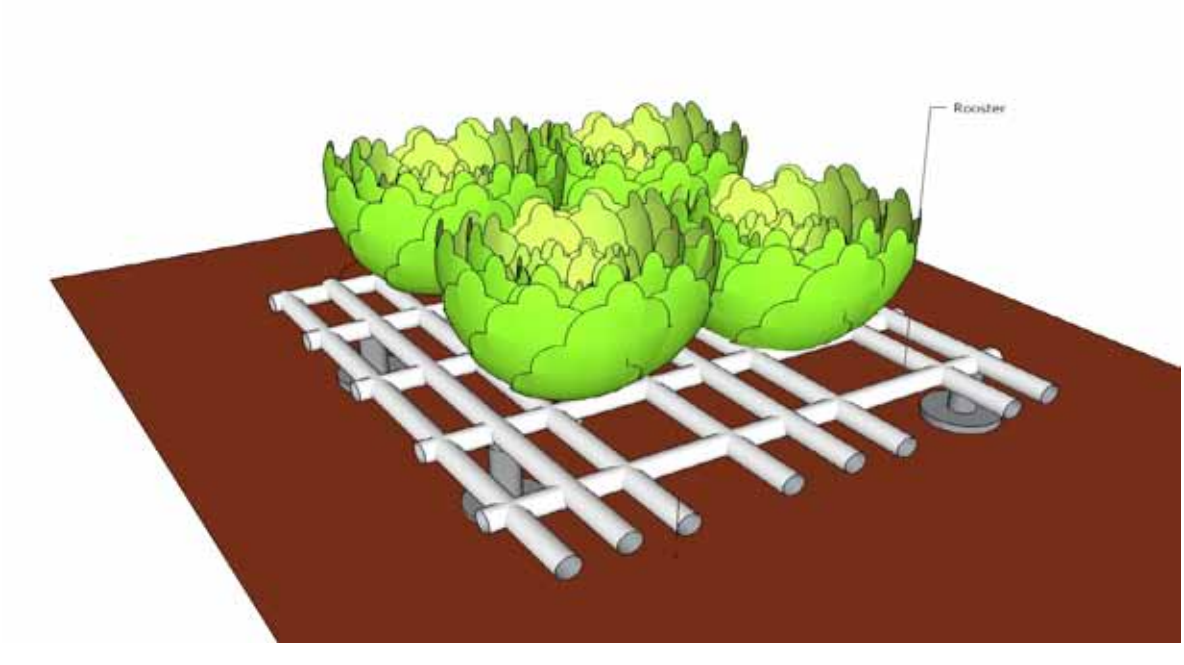
De eerste eis kan worden ondervangen door ruimte te creeren onder het gewas en/of door lucht onder het gewas te blazen. De voorgaande analyse laat zien dat het effect van lucht onder het gewas blazen beperkt wordt tot een gering gebied waar deze lucht wordt ingeblazen. Dit omdat de ruimte onder het gewas klein is. Ruimte creeren onder het gewas lijkt daarom een betere optie. Een rooster op de grond welke door pootjes een halve centimeter of meer boven de grond wordt gehouden kan hiervoor de oplossing zijn. De bladeren liggen dan niet op de grond maar op een rooster. Dit rooster wordt op de grond geplaatst waarna de jonge plantjes gepoot kunnen worden. Naar mate het gewas groeit zullen de bladeren gaat zakken en op het rooster terecht komen. Door het rooster aan de verhijsbare verwarming te hangen kan deze voor de grondbewerking worden verwijderd.



Rooster met als functie het direct contact tussen de bodem en het gewas te voorkomen

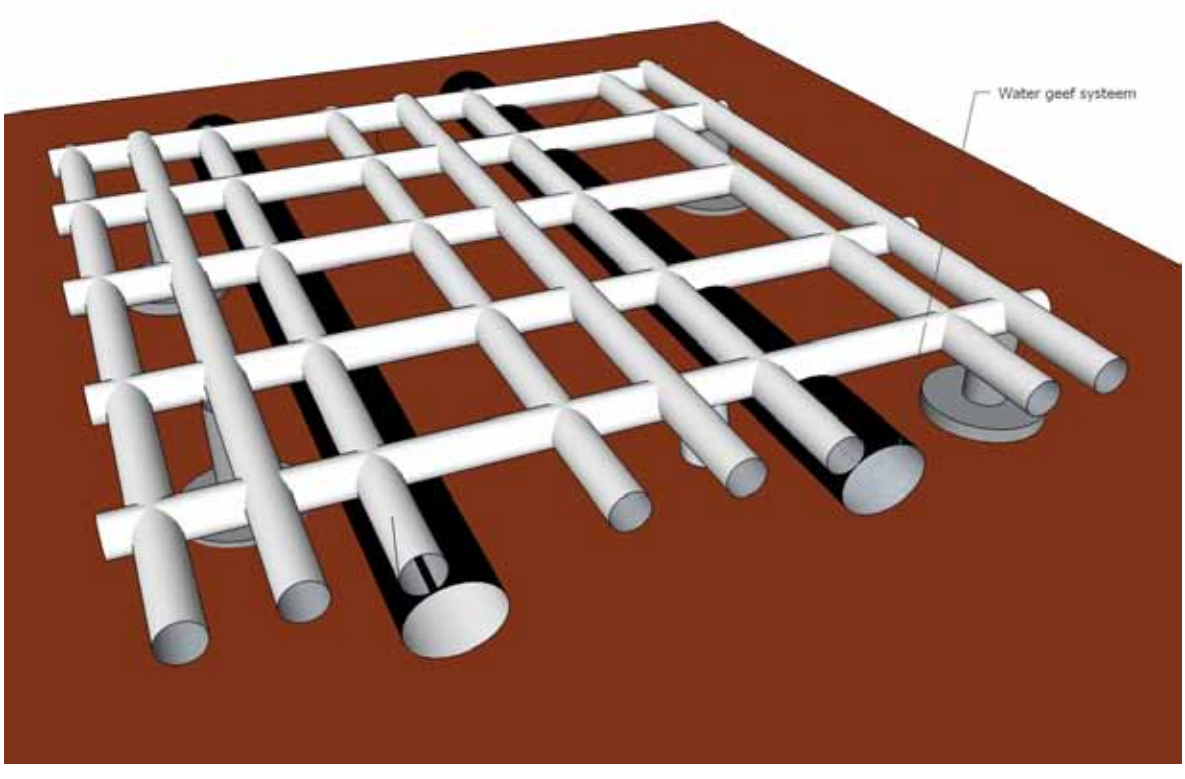
Vragen die gesteld kunnen worden bij deze oplossing zijn:

- Komen alle bladeren inderdaad op het rooster te liggen en niet eronder. Indien het gat rond de plant niet te groot is en de rest van het rooster ook fijn mazig is dan zal dit geen probleem moeten zijn. Er is wel meer materiaal in het rooster nodig om aan deze eis te voldoen.
- Hoe ver moet het rooster boven de grond hangen? Deze afstand kan beperkt zijn tot hooguit 5 mm. Meer ruimte zal ervoor zorgen dat er meer luchtbeweging mogelijk is onder het gewas. Een proef zal moeten uitwijzen welke hoogte optimaal is.
- Zorgt het rooster niet voor teveel lichtverlies. Indien het rooster niet te ver van de grond wordt gehouden zal dit geen probleem zijn. Het rooster kan uit dunne spijlen bestaan aangezien de slabladeren niet zwaar zijn.
  Dit voorkomt ook lichtverlies. Het rooster kan van wit plastic worden gemaakt waardoor de reflectie het lichtniveau rond de plant toeneemt.
- Moet het rooster na elke teelt worden gereinigd en zo ja op welke manier.
- Uit welk materiaal wordt het rooster gemaakt en wat zijn dan de kosten. Het rooster kan worden gemaakt van plastic welke UV bestendig is. Een frame van stalen buizen moet zorgen voor voldoende sterkte dat er overheen gereden kan worden.
- Kan het transport systeem worden gecombineerd met dit rooster. Het rooster kan gecombineerd worden met een zwaarder systeem van buizen waarover karren rijden die gebruikt worden tijdens het planten, toediening van gewasbeschermingsmiddelen en het oogsten.
- Is een andere plantdichtheid mogelijk? Het gaten patroon in het rooster kan zo uitgelegd worden dat er v erscheidene plantdichtheid variaties mogelijk zijn.



Rooster met sla erop

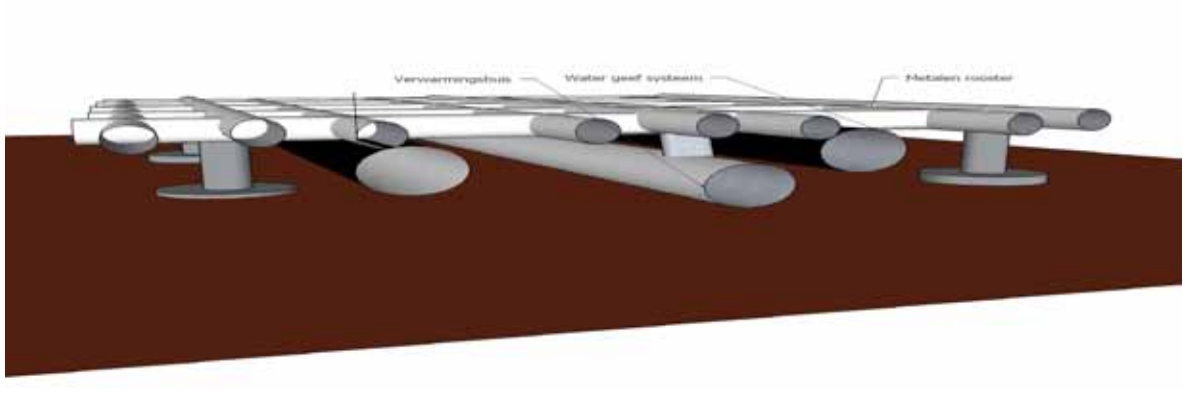
Het rooster zou kunnen worden uitgebreid door ook de watergift te integreren. De vochtproblematiek die ontstaat door het water geven van boven kan hierdoor worden opgelost.



Zij aanzicht van het systeem waar het watergeef systeem is opgenomen

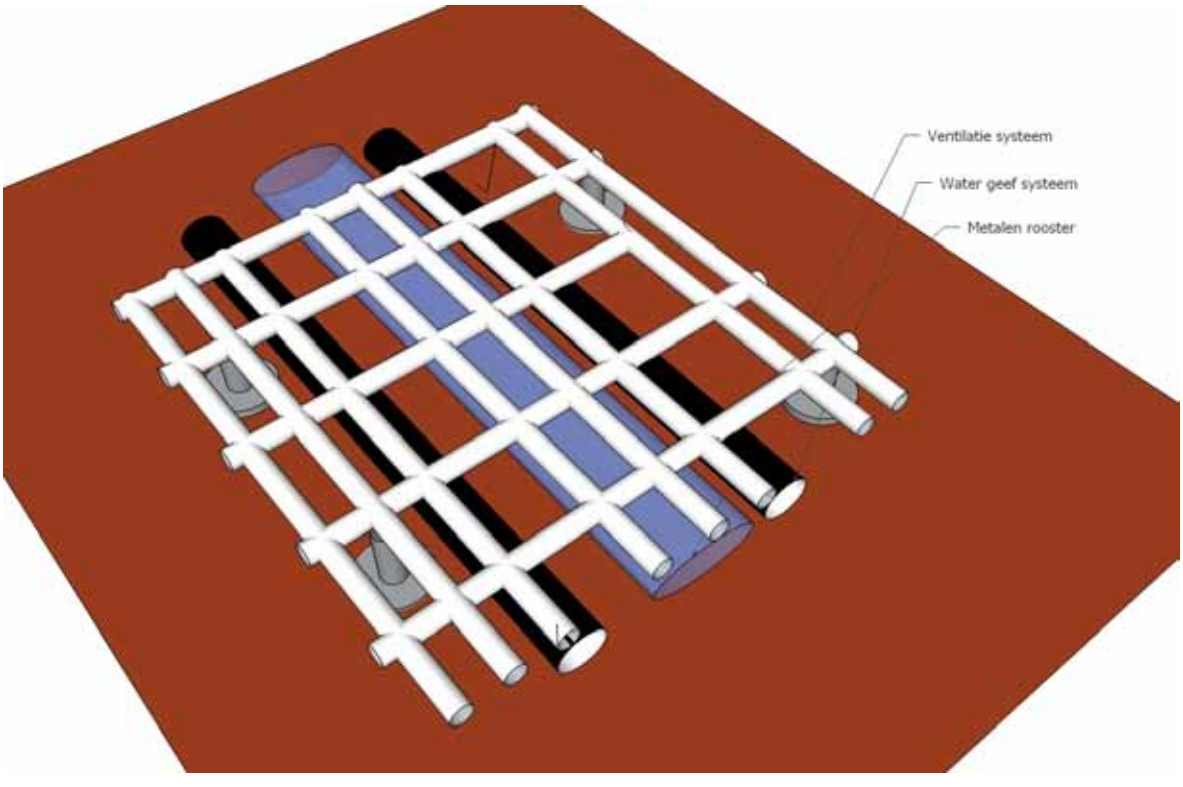
Van boven water geven blijft wel wenselijk voor specifieke periodes in het jaar zoals bij veel instraling of een droog buitenklimaat. Indien de watergift wordt geintegeerd in het ontwerp dan zal de plantdichtheid een gegeven worden. De kosten zullen uiteraard hoger uitvallen door deze modificatie welke goedgemaakt moeten worden door de verlaging van de uitval.

Naast de watergift zou ook de verwarming kunnen worden geintegeerd in het ontwerp. Op deze manier wordt het gewas van onderaf verwarmd. De temperatuur van het verwarmingswater zal lager zijn als wanneer de buizen boven het gewas hangen. Eerder getoonde berekeningen lieten zien dat dit ook zorgt voor minder energiegebruik. Op het moment dat het gewas volgroeid is zal de warme lucht zich verspreiden onder het gewas.



Zij aanzicht van het systeem waar een verwarmingsbuis is opgenomen in het ontwerp

Aangezien het rooster sterk genoeg moet worden voor het transport tijdens planten, spuiten en oogsten zal deze worden verstevigd met buizen. Deze buizen kunnen direct dienen als verwarmingssysteem. Een combinatie van watergift en verwarming zal niet mogelijk zijn aangezien de hoeveelheid water voor de watergift te gering is om als verwarming te kunnen dienen. Daarnaast zal het opwarmen van het voedingswater ook voor problemen zorgen.



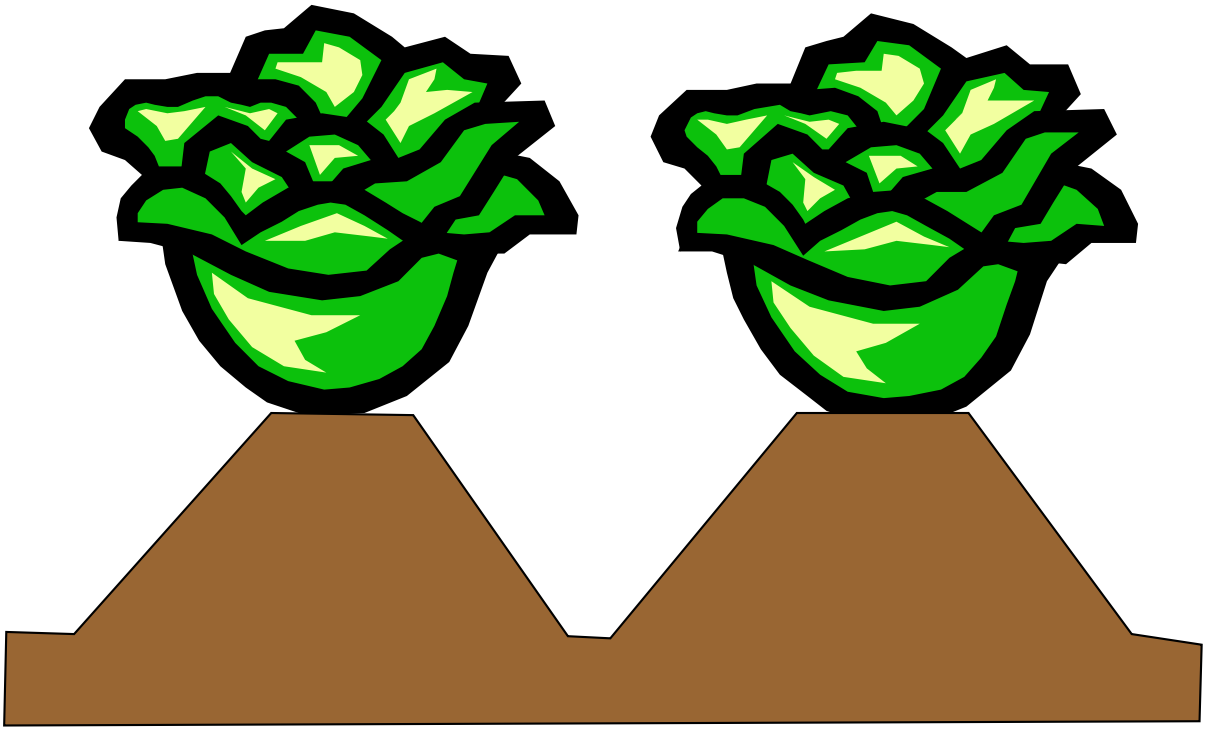
Bovenaanzicht van het systeem met een luchtslang

Ten slotte kan er nog een luchtslang aan het rooster worden gekoppeld die lucht vanuit de kas onder het gewas kan brengen. De toepassing van luchtslangen wordt ook onderzocht voor hoger opgaande gewassen zoals Matricaria. De ruimte bij laag opgaande gewassen zoals sla is echter beperkt. Hierdoor is de grootte van de slang die kan worden ingezet ook beperkt met als gevolg dat er relatief veel slangen nodig zijn en veel aanzuigpunten. Dit zal de kosten niet ten goede komen. Aangezien het gewas dicht op de slang zit zal het effect alleen waarneembaar zijn nabij de slang.
Voor het geval waarbij het rooster wordt gebruikt is de ruimte is beperkt door de hoogte van het rooster waardoor de grootte van de slang ook beperkt zal zijn. Of deze optie een grote verbetering is ten opzichte van het rooster alleen of het rooster in combinatie met het verwarmingssyteem zal moeten blijken uit een experiment. Verwarmen met deze luchtslangen is geen optie zoals eerder geconstateerd.

Mogelijke verbeteringen voor het systeem:

- In het vak waar de plant staat kan één zijde scherp worden gemaakt. Door het rooster te bewegen kan de sla direct worden afgesneden waardoor de oogst eenvoudiger wordt.

Alternatief kan de sla worden geteeld op heuvels. De jonge planten worden op rijen grond gepoot zodat een groot deel van de bladeren boven de grond blijven hangen. Dit heeft als voordeel dat er geen extra materiaal nodig is behalve een systeem om de grond te bewerken. Een nadeel is dat een deel van de bladeren de grond blijft raken. Een degelijke oplossing is wel eens geprobeerd op een kleinere schaal door perspotten waarin de jonge sla zit niet helemaal in de grond te stoppen. Het aanslaan van de sla ging minder goed in dit geval maar dit verlies werd gecompenseerd door het feit dat de bladeren van de sla minder op de grond lagen waardoor de productie beter was.



Telen op heuvels

Door de sla op heuvels te plaatsen kan het aanslaan van de sla worden verbeterd. Deze oplossing is relatief goedkoop. Tijdens de grondbewerking moeten de heuvel worden gemaakt. Een goede techniek om het planten te combineren met deze heuvels zal wel ontwikkeld moeten worden. Dit mag niet ten koste gaan van de arbeidsproductiviteit. Het soort grond in de kas bepaalt of de heuvels hun vorm houden.

Aangezien de uitval in de traditionele teelt gering is zal alleen het telen op heuvels een economische aantrekkelijke verbetering zijn op de bestaande wijze van telen. Voor de biologische teelt met een veel hogere uitval kan het voorgestelde rooster ecomisch haalbaar kunnen zijn.

4 Conclusies en aanbevelingen

De geringe luchtbeweging onder het gewas en het feit dat het gewas op de (natte) grond ligt zorgt voor een extra ziektedruk en een kwaliteits- en productievermindering. Dit vormt het belangrijkste uitgangspunt voor een alternatief systeem. Daarnaast is de zeer lage investeringsruimte een belangrijke randvoorwaarde. De opbrengt bij sla ligt tussen de 5 en 10 EURO per vierkante meter. Met een terugverdientijd van 5 jaar en een uitvalvermindering van 10% zal het systeem tussen de 2.5 en 5 EURO per vierkante meter mogen kosten. Aangezien de uitval bij traditionele bedrijven gering is en de prijs van gewasbeschermingsmiddelen inclusief de arbeid ook beperkt is, zal een alternatief systeem niet snel rendabel zijn. Echter bij biologische telers kan de uitval oplopen tot 30%.

Door de lage stooktemperatuur bij sla is de relatieve luchtvochtigheid in de kas sterk afhankelijk van de buitenlucht. Gedurende warme vochtige periodes is de luchtvochtigheid in de kas gelijk aan die van buiten. Verlaging van de relatieve luchtvochtigheid is op deze momenten niet mogelijk. Alleen door te verwarmen kan de relatieve luchtvochtigheid worden verlaagd op deze momenten maar dit is voor het gewas en het energiegebruik niet wenselijk. Kaslucht onder en tussen het gewas krijgen is de enige optie om de productie te verbeteren.

Luchtslangen tussen het gewas of ventilatoren boven het gewas hebben een te gering effect. Dit komt vooral omdat de ruimte onder en tussen het gewas gering is waardoor luchtuitwisseling niet mogelijk is. Er is reeds veel luchtbeweging in de kas boven het gewas omdat er veel wordt geventileerd. De invloed van ventilatoren op deze luchtbeweging zal daarom nihiel zijn.

Meer ruimte creeren onder het gewas is daarom de beste oplossing. Twee oplossingen zijn hiervoor gegeven. Het gebruik van een rooster zoals voorgesteld kan hiervoor een oplossing zijn. Het effect van deze oplossing zal in de praktijk moeten worden bepaald. Indien het effect aantoonbaar is dan kan het systeem worden uitgebreid door ook de verwarming en eventueel de watergift in het systeem op te nemen.

Het systeem zal zich moeten terugverdienen door minder uitval en minder gewasbeschermingsmiddelen gebruik. Voor deze specifieke gevallen kan het voorgestelde systeem een oplossing zijn die ook nog kostendekkend is. De prijs van een buis in combinatie met een plastic rooster zal naar verwachting hieraan voldoen.

Referenties

Economakis C D (1997).
EFFECT OF ROOT-ZONE TEMPERATURE ON GROWTH AND WATER UPTAKE BY LETTUCE PLANTS IN SOLUTION CULTURE.
Acta Hort., 449, 199-204

Elwell D L; Roller W L; Short T H (1984).
HEAT AND MOISTURE TRANSFER IN HEATED GREENHOUSE SOILS AND FLOORS.
Acta Hort., 148, 377-384

Janse J; Rijpsma E; Raaphorst M (2003).
Energiebesparing en vermindering van pieken in gasafname bij gewassen met een lage energiebehoefte.
Praktijkonderzoek. Plant en Omgeving, Wageningen

Nisen P D I; Custers I r M; Gerard I r M (1978).
BENEFITS DRAWN FROM THE SOIL HEATING IN PROTECTED CULTIVATION.
Acta hort., 76, 163-166

Bijlage I. Presentatie Biologische tuinders

Klimaatbeheersing in grondgebonden teelten

Jouke Campen, Wageningen UR Glastuinbouw



Problemen grondgebonden teelten

- Niet voldoende luchtbeweging tussen het gewas waardoor er vochtproblemen kunnen ontstaan
- Verwarming hangt ver van gewas

Verwarming

- Gehele kas wordt verwarmd
- Minder effect nabij de grond
- Minder luchtbeweging onderin de kas
- Verbrandingsgassen komen in de kas
- Waterdamp van verbranding komt ook in de kas
- Toepassen andere warmtebron niet mogelijk

Lucht circulatie

- Verkleint het temperatuurverschil tussen het gewas en de lucht
  - Koelt als gewas is warmer dan de lucht
  - Verwarmt als het gewas is koeler dan de lucht
- Dus zeker gunstig bij gevaar van condensatie



Luchtverdeelsysteem

- Luchtbeweging nabij het gewas



Luchtcirculatie en temperatuurgradiënten

- Temperatuur gradiënten verhogen de kans dat gewasdelen onder de dauwpunt komen te staan
- Door vereffening van de gradiënten maakt luchtcirculatie kleinere veiligheidsmarges op vochtigheid mogelijk

Luchtverdeelsysteem

- Luchtbeweging nabij het gewas
- Warmte direct bij gewas
- Buitenluchtaanzuiging voor ontvochtiging

Ontvochtigen met buitenlucht



Ontvochtigen met buitenlucht



- Goede luchtverdeling
- Gecontroleerd
- Buitenlucht is droog, maar koud!
- Goede temperatuurverdeling

Is ventilatie met buitenlucht nodig bij kleine grondgebonden gewassen?

Luchtverdeelsysteem

- Luchtbeweging nabij het gewas
- Warmte direct bij gewas
- Buitenluchtaanzuiging voor ontvochtiging
- Gebruik maken alternatieve warmtebronnen

Ervaringen luchtcirculatie systemen

- Geforceerde luchtbeweging geeft voldoende warmteoverdracht bij lage verwarmingstemperaturen
- Natuurlijke luchtbeweging (tgv. Temperatuurverschillen en wind) domineert de luchtbeweging over geforceerde luchtbeweging
- Lokale temperatuurverdeling niet optimaal
- Ventilatoren boven het gewas zorgen nauwelijks voor een beter klimaat tussen het gewas (ervaring Matricaria met aircobreeze)
- Luchtslangen zorgen voor extra energiegebruik
- Koude lucht blijft onderin

Ontwerpen klimaatbeheersunit

- Wat is het doel? (verwarmen / koelen / ontvochtigen)
- Hoe is het systeem in te passen?
- Welke koel/warmte bronnen zijn beschikbaar?

Stellingen voor de discussie

- Luchtslangen in een dicht grondgebonden gewassen niet mogelijk
- Alleen luchtbeweging zonder verwarming is voldoende om vochtproblemen te voorkomen
- Verwarmingsnet tussen gewas is de oplossing

Bijlage II. Publication in sla magazine LTO Groeiservice

Klimaatbeheersing in grondgebonden teelten zoals sla

Wageningen UR onderzoekt momenteel naar de mogelijkheid van een andere manier van verwarmen in sla. Dit zou moeten resulteren in minder energiegebruik en minder ziektes.

Verwarming bij grondgebonden laag opgaande energie-extensieve gewassen wordt nu meestal met luchtheaters die bovenin de kas hangen gedaan. Dit systeem is goedkoop in de aanschaf en installatie. Het heeft wel als nadelen dat de warmte ver van het gewas wordt ingebracht en dat daarmee het microklimaat vlakbij het gewas nauwelijks wordt beïnvloed. Een nieuw klimaatbeheerssysteem is daarom wenselijk. In een project van Wageningen UR Glastuinbouw, wat gefinancierd wordt door het ministerie van LNV en Productschap Tuinbouw in het kader van het programma "Kas als energiebron", wordt bekeken of verwarming met luchtslangen mogelijk is zoals dat nu in andere teelten ook wordt toegepast.

Verwarmde lucht wordt ingebracht met kleine luchtslangen die onder het gewas op de grond tussen het gewas liggen. Dit heeft als voordeel dat de warmte direct bij het gewas wordt gebracht en het klimaat tussen de planten kan worden geregeld. Deze vorm van verwarming zorgt ook voor 15% minder energiegebruik omdat niet de hele kas hoeft te worden verwarmd.
Berekeningen en de ervaringen praktijk geven aan dat vocht vooral een probleem is op het moment dat er geen verwarming nodig is. Op deze momenten, die zich vooral in het najaar voordoen, is een verbetering van het microklimaat rond de plant wenselijk. Er worden in deze periode relatief veel bestrijdingen uitgevoerd om ziektes onder controle te houden. Middels de luchtslangen die tussen het gewas zijn geplaatst kan lucht van boven in de kas, welke altijd droog genoeg is, onder het gewas worden geblazen en daarmee het klimaat bij de plant verbeteren. Daarnaast zorgen de luchtslangen er ook voor dat het gewas minder in direct contact met de grond staat waardoor vochtproblemen waarschijnlijk ook worden verkleind. Voorwaarde is wel dat tussen elke rij een luchtslang komt te liggen. De luchtslangen kunnen worden geplaatst op het moment dat de planten worden gepoot en eventueel worden verwijderd voordat ze worden geoogst.

De haalbaarheid van degelijke systemen moet proefondervindelijk worden vastgesteld. De inpassing van het systeem in het bedrijfsproces speelt een belangrijke rol. Het systeem moet tussen de teelten door op een eenvoudige wijze te plaatsen en te verwijderen zijn, waardoor de hoeveelheid extra arbeid gering blijft. Een economische analyse moet uitwijzen of de investeringskosten en operationele kosten van het systeem lager zijn dan de meeropbrengsten door een hogere productie en de mogelijke besparing op kosten van schimmelbestrijding.

Jouke Campen
Wageningen UR Glastuinbouw



Productschap Tuinbouw
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Kas als Energiebron
Projectnummer: 3242065400 I PT nummer: 13487

