

Economie d'énergie pour la culture de tomates en serre avec la déshumidification par condensation

Céline GILLI, Cédric CAMPS et Yannick FLEURY, Agroscope, 1964 Conthey

Renseignements: Céline Gilli, e-mail: celine.gilli@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 35 19, www.agroscope.ch



Déshumidificateur thermodynamique placé en fond de serre.

Introduction

L'humidité est un facteur important du climat en culture sous serre, directement lié à la transpiration des plantes. Cette dernière dépend essentiellement de trois paramètres: la radiation solaire, la température de l'air et l'humidité dans la serre (Stanghellini et Van Meurs 1989). Une humidité élevée réduit la transpiration des plantes et conduit au développement de maladies fongiques, qui entraînent des pertes de récolte (de Halleux et Gauthier 1997), mais aussi une réduction du taux de fertilisation des ovules liée à une mauvaise li-

bération du pollen (Heuvelink 2005). Les conduites économes en énergie, comme l'intégration des températures ou l'utilisation plus intensive des écrans, augmentent le confinement pour profiter au maximum de l'effet de serre, mais aussi les risques d'humidité excessive et ses conséquences (développement de maladies fongiques comme le botrytis) (Astredhor 2013).

En plus des mesures culturales (ventilation, chauffage localisé, densité de plantation, disposition des plants, gestion de l'irrigation...), différentes méthodes de déshumidification sont utilisées. Une technique traditionnelle de déshumidification est d'aérer et de

chauffer la serre. La simulation réalisée par de Halleux et Gauthier (1997) montre que cette méthode de déshumidification représente 12 à 18 % de la consommation d'énergie annuelle pour une culture de tomates dans les conditions climatiques du Québec. Une autre possibilité est d'utiliser un déshumidificateur. Deux grands types sont disponibles: par absorption de la vapeur d'eau sur un dessicant ou par condensation de la vapeur d'eau sur un point froid. Agroscope a testé cette dernière solution en 2013 et 2014 en culture de tomates sur substrat.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits dans deux compartiments identiques d'une serre de type Venlo, avec double aération, une hauteur sous chéneau de 4,7 m et une surface de 358,4 m² chacun. Chaque compartiment est équipé de deux écrans Svensson: un SLS 10 Ultra Plus et un XLS 15 Firebreak. Le chauffage est assuré par un tube de végétation et des aérothermes. Le CO₂ est injecté la journée jusqu'à ouverture des ouvrants de 10 %.

La culture a été menée sur un substrat de fibre de coco, avec recyclage complet de la solution nutritive sans désinfection. La variété Endeavour (Rijk Zwaan) greffée à deux têtes sur Kaiser (Rijk Zwaan) a été utilisée. La densité de plantation était de 3,47 tiges/m². La plantation a été effectuée le 14 février en 2013 et le 7 janvier en 2014. Les essais se sont terminés le 4 novembre en 2013 (soit 264 jours de culture) et le 20 octobre en 2014 (soit 287 jours de culture). Chaque essai comportait quatre répétitions. La parcelle élémentaire était constituée de neuf plantes, soit dix-huit tiges. Les grappes ont été taillées à cinq fruits.

L'intégration de température a été appliquée dans les deux compartiments ainsi qu'une gestion différenciée des écrans. Le pilotage par l'ordinateur de gestion climatique LCC Completa de DGT-Volmatic permettait également d'enregistrer les données relatives à la conduite des compartiments (température, humidité, heure d'ouverture des écrans, teneur en CO₂, etc.).

Déshumidification

Dans l'un des compartiments, l'humidité était gérée de façon traditionnelle par aération et chauffage. Un programme de déshumidification s'enclenchait pour que le déficit de saturation reste supérieur à 3 g d'eau/kg d'air sec: d'abord les ventilateurs se mettaient en route, puis l'écran s'ouvrait de 20 %, puis la température était augmentée et, en dernier recours, le compartiment s'ouvrait. Dans le deuxième compartiment, un déshu-

Résumé La maîtrise de l'humidité dans la serre est un facteur critique car, au-dessous d'un déficit de saturation de 3 g d'eau par kg d'air sec, l'air devient trop humide pour de bonnes conditions de culture, ce qui influe à la fois sur le développement des maladies fongiques comme le botrytis et sur la croissance des plantes. Une humidité trop élevée réduit la transpiration et donc le transport des nutriments. Pour éviter ces excès d'humidité, une mesure traditionnellement pratiquée par les serristes est d'aérer et de chauffer la serre. Agroscope a comparé cette technique traditionnelle avec une déshumidification par condensation en culture de tomates sur substrat. En 2013, le déshumidificateur a permis une économie d'énergie de 15 %. En 2014, elle s'est élevée à 25 %. Aucune différence n'a été mesurée entre les deux types de déshumidification dans la croissance des plantes, le rendement ou la qualité des fruits.

midificateur de marque ETT a été placé au fond de la serre, sur un socle de 120 cm de hauteur. Ses caractéristiques sont présentées dans le tableau 1. Son fonctionnement a été ajusté en cours de saison. Globalement, il pouvait fonctionner quelques heures avant le lever du soleil et jusqu'à la fin de la matinée (au maximum entre 4h30 et 12h).

Consommation d'énergie

La consommation d'énergie liée au chauffage a été suivie avec des compteurs de chaleur dans chaque compartiment (Kamstrup, Multical® 601, sonde Pt 500). Les compteurs étaient relevés chaque matin. La consommation électrique du déshumidificateur a également été relevée au début et en fin de culture la première année et une fois par semaine la deuxième année. >

Tableau 1 | Caractéristiques techniques du déshumidificateur

Dimensions	152 x 55 x 90 cm
Débit d'air nominal soufflage en vrac	2500 m ³ /h
Débit d'air mini/maxi	2000/3000 m ³ /h
Poids d'eau évacué à 20 °C et 85 % d'humidité relative	6,6 kg/h
Puissance installée du moteur de ventilateur de soufflage	0,55 kW
Puissance électrique installée	4 kW

Phénologie

L'élongation, la longueur de la première feuille mature et le stade de floraison ont été mesurés une fois par semaine, toujours le même jour. L'apex de la tige était marqué sur le fil de culture la semaine précédente et la distance entre la marque et l'apex notée le jour du contrôle constituait l'élongation. Les mesures portaient sur deux tiges par répétition.

Analyses de la qualité des fruits

Les analyses ont été effectuées sur dix fruits par répétition, en prenant uniquement les trois premiers fruits d'une grappe. La fermeté des fruits a été mesurée au duromètre électronique pour fruits souples Agrosta® 100Field (Agro-Technologie), muni d'un embout de 0,25 cm² (indice de 1 à 100). L'indice de réfraction (°Brix) était donné par un réfractomètre de marque Reichert Technologies et l'acidité totale mesurée par titration à 0,1 M NaOH (Metrohm, 7195, Titrino). Pour ces deux mesures, les fruits ont été broyés au presse-tomate de manière à obtenir un jus sans graines et sans peau, selon la méthode décrite par Granges *et al.* (2003), et la purée ainsi obtenue a été filtrée sur papier. Les mesures d'indice de réfraction et d'acidité ont été effectuées sur le filtrat.

Botrytis

Le développement de la pourriture grise (botrytis) est favorisé par une humidité élevée et la présence d'eau libre sur les plantes. En serre, la condensation doit notamment être évitée sur les plantes lors de la montée de la température le matin. La formation de chancres de botrytis est particulièrement redoutée sur les tiges



Figure 1 | Chancre de botrytis sur une tige de tomate.

(fig. 1). Entourant la tige, ils entraînent son dépérissement et peuvent, dans certaines serres, affecter jusqu'à 25 % des plantes (Blancard *et al.* 2009).

Aucun traitement fongicide n'a été appliqué afin d'évaluer l'effet du type de déshumidification sur le développement du botrytis. Un contrôle des tiges a été réalisé toutes les trois semaines, en attribuant une note de 0 à 3 (0: pas de symptôme, 1: chicot atteint mais pas la tige, 2: tige atteinte mais sur moins de 3 mm, 3: tige entourée). Après le contrôle, les chancres étaient curés et traités au Scaniavital® Silica (argile). Régulièrement, les tiges mortes à cause du botrytis ont été décomptées.

Analyses statistiques

Les températures et le déficit de saturation sur vingt-quatre heures, jour et nuit dans les deux compartiments ont été comparés à l'aide du test de Mann-Whitney.

Une analyse de variance a été utilisée pour comparer les rendements, le nombre de grappes récoltées, le poids moyen des fruits, les mesures de phénologie, les notations de botrytis et la qualité analytique des fruits (fermeté, acidité, °Brix) entre les deux compartiments, avec un seuil de signification de 0,05. Les moyennes ont été soumises à un test de Tuckey.

Résultats et discussion

Economie d'énergie

Le tableau 2 présente les consommations d'énergie enregistrées dans les deux compartiments. Les valeurs relativement faibles sont liées à la structure de la serre (construite en 2008 avec double écran), à la date de plantation, aux conditions météorologiques mais aussi

Tableau 2 | Consommation d'énergie en kWh/m² avec une déshumidification traditionnelle (aération et chauffage, Trad.) et par condensation (Cond.)

	Consommation d'énergie en kWh/m ²			
	2013		2014	
	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
Au 30 juin	–	–	127,5	96,6 (94,1+2,5)
Sur l'ensemble de la culture	87,8	74,9 (71,5+3,4)*	157,2	117,2 (113,2+4,0)*
Taux d'économie global	14,7 %		25 %	

*Consommation d'énergie liée au chauffage + consommation d'énergie électrique.

au fait qu'il s'agit uniquement de la consommation dans le compartiment: les pertes dues à la chaudière et à la distribution ne sont pas prises en compte. La consommation plus élevée en 2014 s'explique par la plus longue durée de la culture.

L'économie d'énergie due à la déshumidification par condensation atteint 14,7 % en 2013 et 25 % en 2014. La différence entre les deux années s'explique notamment par la plantation plus tardive en 2013. Le Quillec *et al.* (2012) ont obtenu une économie d'énergie de 16 % avec un déshumidificateur thermodynamique, également dans une culture conduite avec intégration de température. L'Astredhor (2013) fait mention d'une économie de 30 % dans un essai réalisé en Bretagne en 2008, en culture de tomates avec une conduite économe en énergie.

Climat de la serre

Le déshumidificateur a fonctionné en moyenne 1h30 par jour en 2013 et 1h15 en 2014. Bien qu'il soit difficile de comparer des essais menés dans des conditions différentes, ces durées de fonctionnement restent relativement faibles par rapport à celles de Le Quillec *et al.* (2012), qui mentionnent 3h23 d'utilisation moyenne par jour. La température moyenne sur vingt-quatre heures (20,7°C en 2013 et 20,4°C en 2014) était identique dans les deux compartiments (tabl. 3). De même, l'emploi du déshumidificateur thermodynamique n'a pas eu d'effet sur l'humidité qui est comparable dans les deux compartiments (tabl. 4). La quantité d'eau moyenne condensée en 2014 a été de 390 litres/ha/jour. ➤

Tableau 3 | Température moyenne sur vingt-quatre heures, jour et nuit, dans les compartiments avec déshumidification traditionnelle (Trad.) et déshumidification par condensation (Cond.)

Période		Température moyenne (°C)					
		Jour		Nuit		24h	
		Trad.	Cond.	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
2013	du 14.02 au 04.11	22,1	22,0	18,4	18,5	20,5	20,5
	du 14.02 au 06.03	20,4	20,4	17,5	17,5	18,8	18,8
	du 07.03 au 23.07	22,1	22,1	17,9	18,0	20,5	20,5
	du 24.07 au 23.09	23,9	24,0	19,9	20,0	22,3	22,4
	du 24.09 au 04.11	19,9	19,8	18,5	18,5	19,0	18,9
2014	du 07.01 au 20.10	22,2	22,3	18,2	18,2	20,4	20,4
	du 07.01 au 06.02	19,0	19,0	17,2	17,2	17,9	17,9
	du 07.02 au 30.06	22,4	22,4	17,6	17,6	20,3	20,3
	du 01.07 au 05.09	23,3	23,3	20,0	20,0	22,0	22,0
	du 06.09 au 20.10	22,4	22,4	18,2	18,1	20,3	20,2

Tableau 4 | Déficit de saturation sur vingt-quatre heures, jour et nuit dans les compartiments avec déshumidification traditionnelle (Trad.) et déshumidification par condensation (Cond.)

Période		Déficit de saturation en g d'eau/kg d'air sec					
		Jour		Nuit		24h	
		Trad.	Cond.	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
2013	du 14.02 au 04.11	6,5	6,8	4,1	4,3	5,7	5,9
	du 14.02 au 06.03	7,4	7,7	6,5	6,9	6,8	7,2
	du 07.03 au 23.07	6,3	6,6	3,9	4,1	5,5	5,7
	du 24.07 au 23.09	8,2	8,5	5,1	5,3	7,1	7,4
	du 24.09 au 04.11	4,6	4,9	2,7	2,9	3,7	3,9
2014	du 07.01 au 20.10	6,2	6,4	4,2	4,2	5,3	5,5
	du 07.01 au 06.02	3,8	3,9	4,5	4,7	4,2	4,3
	du 07.02 au 30.06	6,1	6,4	4,2	4,3	5,3	5,6
	du 01.07 au 05.09	7,1	7,3	4,2	4,2	6,0	6,0
	du 06.09 au 20.10	6,8	6,8	3,7	3,6	5,3	5,2

Rendements

La manière de déshumidifier n'a pas eu d'effet sur le rendement global en kg/m² (tabl. 5). En 2013, le nombre de grappes récoltées dans le compartiment avec la variété traditionnelle est plus élevé que dans le compartiment avec la déshumidification par condensation. Cette différence ne se répercute pas sur le rendement global parce que le poids moyen des fruits est légèrement plus élevé dans le compartiment avec la déshumidification par condensation. En 2014, le nombre de

grappes récoltées, le rendement global ainsi que le poids moyen des fruits sont comparables dans les deux compartiments.

Qualité des fruits

Sept analyses ont été réalisées en 2013 et six en 2014, à raison de une par mois. La moyenne par année de ces analyses est synthétisée dans le tableau 6. Le type de déshumidification n'a eu aucune influence sur la qualité des fruits de la variété Endeavour.

Tableau 5 | Nombre de grappes récoltées, rendements et poids moyen des fruits de la variété Endeavour avec déshumidification traditionnelle (Trad.) et déshumidification par condensation (Cond.)

Année	Nb. de grappes récoltées/m ²		Rendement (kg/m ²)		Poids moyen des fruits (g)	
	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
2013	79,8a	75,9b	41,2	40,3	115,6	116,7
2014	82,8	80,6	39,7	38,9	103,2	104,7

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à P < 0,05.

Tableau 6 | Fermeté, teneur en sucre et acidité totale des fruits en 2013 et 2014 dans les compartiments avec déshumidification traditionnelle (aération et chauffage, Trad.) et déshumidification par condensation (Cond.). Les valeurs correspondent aux moyennes des différentes analyses (7 en 2013 et 6 en 2014)

Année	Fermeté (indice Durofel)		Sucre (°Brix)		Acidité totale* (g/l)	
	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
2013	62,0	60,9	3,9	3,9	4,1	4,1
2014	62,0	60,9	3,9	3,9	4,1	4,1

*Acidité totale, exprimée en g/l équivalent d'acide citrique.

Phénologie

La croissance des plantes n'a pas été influencée par la méthode de déshumidification. Les deux années, la longueur finale des plantes est identique dans les deux compartiments, de même que la longueur moyenne des feuilles (tabl. 7). Par contre, en 2013, le stade de la floraison, comparable dans les deux compartiments en début de culture, prend du retard avec la déshumidification par condensation (fig. 2). La différence est significative à partir de début septembre (floraison des bouquets 24 et 23). Lors du dernier contrôle, la floraison est en retard de plus d'un bouquet dans la serre avec déshumidification par condensation. Ce retard n'a pas influencé les rendements car, pour les besoins de

Tableau 7 | Longueur totale d'une tige en fin de culture et longueur moyenne d'une feuille dans les compartiments avec déshumidification traditionnelle (aération et chauffage, Trad.) et déshumidification par condensation (Cond.)

Année	Longueur totale de la tige (cm)		Longueur moyenne d'une feuille (cm)	
	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
2013	963,6	924,4	45,3	45,6
2014	1037,7	1051,0	43,8	44,5

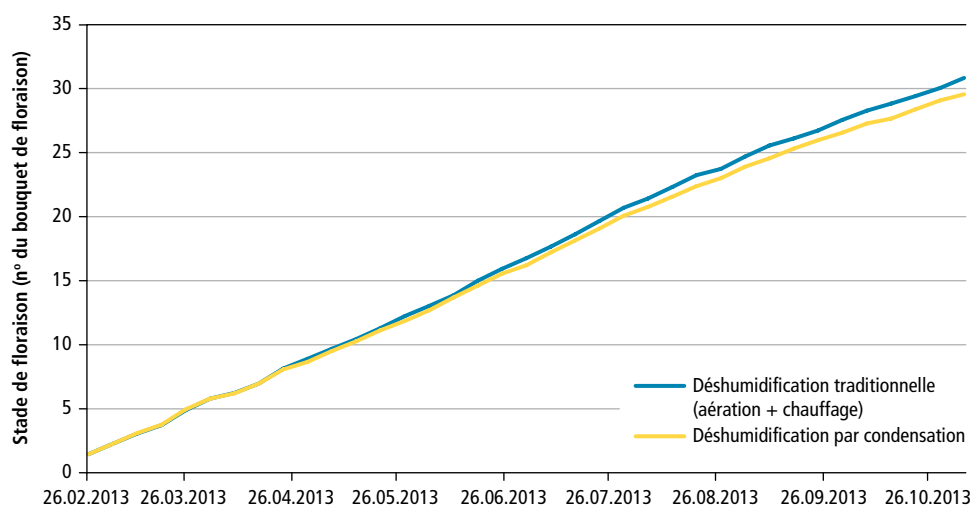


Figure 2 | Suivi du bouquet en floraison de la variété Endeavour, en 2013, dans les compartiments de serre avec déshumidification traditionnelle (aération et chauffage) et avec déshumidification par condensation.

l'essai, les plantes n'avaient pas été étêtées et l'essai s'est terminé avant la récolte de ces bouquets. Globalement, le comportement des plantes a été similaire dans les deux compartiments. Cela est dû aux conditions climatiques, quasi identiques entre les deux procédés de déshumidification.

Botrytis

Il n'y a pas de différence de mortalité des tiges dues au botrytis entre les deux compartiments. En 2013, 8,3 % des tiges atteintes sont mortes dans le compartiment avec la déshumidification traditionnelle, contre 4,4 % dans celui avec le procédé thermodynamique. La mortalité est apparue en fin de culture, à partir d'octobre. En 2014, aucune mortalité liée au botrytis n'a été observée. Le nombre de chancres et la sévérité moyenne de la maladie sont présentés dans le tableau 8. En 2013, les chancres ont été plus nombreux dans la variante avec déshumidification traditionnelle (8,0) qu'avec la déshumidification par condensation (3,3).

Aspects économiques

Les calculs (tabl. 9) ont été effectués avec les données trouvées sur la plateforme d'information du site de l'Union pétrolière. Les prix annuels moyens considérés sont de 9,53 ct./kWh pour le gaz et 14,89 ct./kWh pour l'électricité en 2013 et 9,74 ct./kWh pour le gaz et 14,89 ct./kWh pour l'électricité en 2014. Le déshumidificateur est conçu pour fonctionner pour une surface

Tableau 8 | Nombres de chancres de botrytis par parcelle et sévérité de l'attaque dans les compartiments avec déshumidification traditionnelle (Trad.) et avec déshumidification par condensation (Cond.)

Année	Nombre moyen de chancres/parcelle		Sévérité moyenne	
	Trad.	Cond.	Trad.	Cond.
2013	8,0 ^a	3,3 ^b	1,7	1,3
2014	3,5	4,0	1,2	1,0

Notes de sévérité: 0: pas de symptôme, 1: chicot atteint mais pas la tige, 2: tige atteinte mais sur moins de 3 mm, 3: tige entourée. Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0,05$.

Tableau 9 | Calcul économique

Année		Gaz		Electricité		Total	
		kWh/m ²	Coût fr./m ²	kWh/m ²	Coût fr./m ²	kWh/m ²	Coût fr./m ²
2013	Trad.	87,8	8,37	–	0	87,8	8,37
	Cond.	71,5	6,81	3,4	0,51	74,9	7,32
2014	Trad.	157,2	15,31	–	0	157,2	15,31
	Cond.	113,2	11,03	4,0	0,61	117,2	11,64

Coût moyen du gaz et de l'électricité 2013 et 2014 selon www.erdoel.ch

de 500 à 900 m². Avec les économies réalisées en 2013 (1,05 fr./m²), l'investissement dans un déshumidificateur n'est pas économiquement rentable. Avec les résultats obtenus en 2014 (économie de 3,67 fr./m²), le retour sur investissement serait d'environ douze ans pour une surface de 500 m² et de six ans pour 900 m². Dans les conditions de l'essai, l'investissement dans un déshumidificateur se justifie uniquement dans ce dernier cas.

Conclusions

- L'utilisation d'un déshumidificateur thermodynamique a permis de réaliser une économie d'énergie de 15 à 25 % selon l'année.
- Dans nos conditions, une économie de 15 % ne suffit pas pour envisager un tel investissement. Avec 25 % d'économie d'énergie, le retour sur investissement est de six ans.
- Ce système de déshumidification n'a pas eu d'effet sur le rendement global, sur la qualité des fruits ou sur le comportement des plantes. ■

Remerciements

Robert Farinet, Gabriel Mottier, Vanessa Rebord et Monika Ockerse ainsi que les stagiaires et apprentis qui ont participé à ces expérimentations sont remerciés pour leur précieux travail.

Bibliographie

- Astredhor, 2013. Programme national de recherche appliquée et d'études 2012. Valhor. Adresse: <http://www.valhor.fr/ftp/CR-CA-12-MF-08-01.pdf> [16 janvier 2015]
- Blancard D., Laterrot H., Marchoux G. & Candresse T., 2009. Les maladies de la tomate. Identifier, connaître, maîtriser. Editions Quae, Versailles, 679 p.
- De Halleux D. & Gauthier L., 1997. Energy consumption due to dehumidification of greenhouses under northern latitudes. *J. Agric. Eng. Res.* **69**, 35–42.
- Granges A., Gunther V., Deprez A., Dalin J. & Verzaux E., 2003. Mesure de la qualité organoleptique des tomates. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (4), 219–222.
- Heuvelink E., 2005. Tomatoes. CABI Oxfordshire and Cambridge, 339 p.
- Le Quillec S., Lesourd D., Loda D. & Hervouet C., 2012. Déshumidification thermodynamique en culture de tomate hors sol. Maîtrise sanitaire et économie d'énergie. *INFOS CTIFL* **286**, 40–45.
- Stanghellini C. & Van Meurs W. Th. M., 1989. Crop transpiration: a greenhouse climate control parameter. *Acta Hort.* **245**, 384–388.

■ Summary

Energy saving by dehumidification by condensation in greenhouse tomato crop

In greenhouses, humidity control is a critical factor because below a saturation deficit of 3 g water per kg of dry air, the air becomes too wet for good culture conditions. Indeed, air humidity has an influence not only on the development of fungal diseases such as botrytis but also on the growth of plants. Excessive humidity reduces transpiration and thus the transport of nutrients. To avoid these excess of humidity, a measure traditionally used by greenhouse growers is to ventilate and heat the greenhouse simultaneously. Agroscope compared this traditional dehumidification with dehumidification by condensation in tomatoes crop. In 2013, the energy saving with the dehumidifier reached 15 % and 25 % in 2014. No differences were measured in plant growth, yield and fruit quality between the two types of dehumidification.

Key words: ventilation, heating, humidity.

■ Zusammenfassung

Energieeinsparungen durch Entfeuchten mittels Kondensation im Tomatenanbau im Gewächshaus

In Gewächshauskulturen spielt das Feuchtigkeitsmanagement eine entscheidende Rolle, denn bei einem Sättigungsdefizit von unter 3 g Wasser pro kg Trockenluft, wird die Luft zu feucht um günstige Bedingungen für den Anbau zu bieten. Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst nicht nur die Entwicklung von Pilzkrankheiten wie Botrytis, sondern auch das Wachstum der Pflanzen. Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit reduziert die Transpiration, und somit den Transport von Nährstoffen. Traditionell wird derart übermäßige Feuchte in Gewächshäusern durch Lüften und Heizen verhindert. Agroscope hat diese traditionelle Regulierungsart mit der Methode der Entfeuchtung durch Kondensation für den Tomatenanbau auf Substrat verglichen. 2013 ist mittels Entfeuchten eine Energieeinsparung von 15 % erzielt worden. 2014 konnte diese Einsparung gar auf 25 % erhöht werden. Bezüglich Wachstum der Pflanzen, Ertrag und Qualität der Früchte konnte zwischen den beiden Regulierungsmethoden kein Unterschied gemessen werden.

■ Riassunto

Risparmio energetico attraverso la deumidificazione per condensazione nelle colture di pomodoro in serra

La gestione dell'umidità in serra è un fattore critico, poiché al di sotto di un deficit di saturazione di 3 g di acqua per kg d'aria secca, l'aria diventa troppo umida per offrire delle buone condizioni culturali. In effetti, l'umidità nell'aria ha un'influenza non solamente sullo sviluppo delle malattie fungine, come la botrite, ma anche sulla crescita delle piante. Un'umidità troppo elevata riduce la traspirazione e, dunque, il trasporto dei nutrienti. Per evitare questi eccessi d'umidità si ricorre tradizionalmente all'aerazione e al riscaldamento della serra, una misura praticata dai serricoltori. Agroscope ha confrontato in una coltura di pomodori su substrato questa deumidificazione tradizionale con una per condensazione. Nel 2013 con un deumidificatore si è ottenuto un risparmio energetico del 15 % e del 25 % nel 2014. Tra i due tipi di deumidificazione non è stata misurata alcuna differenza di crescita delle piante, resa o di qualità dei frutti.