

Gestion d'écrans thermiques en culture de tomates sur substrat

Céline GILLI et Cédric CAMPS, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Centre de recherche Conthey, 1964 Conthey

Renseignements: Céline Gilli, e-mail: celine.gilli@acw.admin.ch, tél. +41 27 345 35 11



Vue du compartiment test, avec l'écran thermique amovible en toiture destiné à limiter les pertes de chaleur dans la serre.

Introduction

Les cultures sous serre consomment indéniablement de l'énergie. On estime leur consommation globale annuelle moyenne à 50-60 m³ de gaz/m² (soit 600 à 700 kWh/m²) aux Pays-Bas (Van der Ploeg et Heuvelink 2005) et à 320 kWh/m² en France, avec de grandes différences entre les régions: 400 kWh/m² en Bretagne et 240 kWh/m² dans le Sud (ADEME 2007). En Suisse, elle oscille entre 245 et 500 kWh/m² selon les régions. Les mesures d'économie d'énergie sont donc importantes, à la fois pour la rentabilité des entreprises et pour l'image des productions sous serre. Les écrans thermiques sont un des moyens pour y parvenir.

Potentiellement, l'écran permet d'économiser jusqu'à 70 % d'énergie en position fermée (Plaisier et Svensson 2005). Dans la pratique, en raison des contraintes d'ouverture (lumière, humidité), l'économie est de l'ordre de 20 % (Bakker *et al.* 2008). Dans les années 80, à la suite des chocs pétroliers, sont apparues les premières études sur les stratégies d'ouverture des écrans (Bailey 1988; Mercier *et al.* 1988). Elles ont notamment montré qu'une ouverture à heure fixe n'était pas la meilleure solution. Pour Bailey (1988), la meilleure stratégie est d'intégrer les températures sur vingt-quatre heures, en baissant la consigne de jour et en augmentant la consigne de nuit, lorsque l'écran est fermé. Pour Mercier *et al.* (1988), ouvrir les écrans à

30W/m² au lieu de 1W/m² permet d'économiser 10 % d'énergie. Depuis cette époque, les serres, les techniques culturales, de même que les écrans thermiques ont évolué. Agroscope Changins-Wädenswil ACW a mis en place deux essais de conduite différenciée des écrans en 2009 et 2010, en culture de tomate sur substrat, afin de mesurer l'effet de ce paramètre sur les économies d'énergie, le climat de la serre, le rendement, la qualité des tomates et l'évolution des maladies et ravageurs, comparativement à une gestion fixe des écrans.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits dans deux compartiments identiques d'une serre de type Venlo, avec double aération, hauteur sous chéneau de 4,7m et mesurant 358,4m² chacun. Chaque compartiment est équipé de deux écrans de chez Svensson, un écran SLS 10 Ultra Plus et un écran XLS 15 Firebreak (tabl.1). Dans un des compartiments, les écrans s'ouvrent au lever du soleil (compartiment témoin), dans l'autre, l'ouverture est retardée selon la température extérieure et l'ensoleillement (compartiment test). Le chauffage est assuré par un tube de végétation et des aérothermes. Le CO₂ est injecté à 600ppm pendant deux heures après le lever du soleil puis à 800ppm 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. Les plants ont été greffés sur Maxifort (De Ruiters Seeds). Les variétés et les dates de plantation sont présentées dans le tableau 2. Des plants à deux têtes ont été utilisés. La densité de plantation était de 2,5tiges/m², puis rapidement des extra-bras ont été sélectionnés pour obtenir 2,8tiges/m². Chaque essai comportait quatre répétitions. La parcelle élémentaire était de dix à seize plantes par variété. Les grappes étaient taillées à cinq fruits.

Les consignes de température et d'aération étaient identiques dans les deux compartiments: 17°C la nuit, 19°C le jour et aération à 21°C. En 2010, un programme de déshumidification s'enclenchait pour que le déficit de saturation reste supérieur à 3g d'eau/kg d'air sec. En résumé, les ventilateurs se mettaient en route en premier, puis l'écran s'ouvrait de 20 %, puis la température était augmentée et, en dernier recours, le compartiment s'ouvrait.

La lutte biologique a été utilisée contre les ravageurs. Des auxiliaires *Macrolophus caliginosus* ont été introduits à la plantation et des *Encarsia formosa* ont également été lâchés. Des fongicides ont été appliqués pour lutter contre l'oïdium et le botrytis selon les indications de la protection intégrée.

Résumé

Pour économiser de l'énergie en cultures sous serre, il est possible d'utiliser un écran thermique pendant la nuit mais aussi pendant la journée. Des essais ont été conduits en 2009 et 2010 dans deux compartiments identiques de 358m² chacun, munis d'un écran thermique (SLS 10 Ultra Plus) et d'un écran aluminisé (XLS 15) de chez Svensson. Dans le compartiment test, l'ouverture des écrans était gérée de façon différenciée. L'écran aluminisé s'ouvrait une demi-heure après le lever du soleil et l'écran thermique une heure après le lever du soleil si la température extérieure dépassait 5°C et l'intensité lumineuse 3 klux, sinon il restait fermé. Dans le témoin, les écrans s'ouvraient au lever du soleil. La gestion différenciée des écrans a permis d'économiser 23 % d'énergie en 2009 et 30 % en 2010 sans incidence négative sur le rendement et la qualité analytique des tomates. Cette conduite n'a pas eu d'influence sur l'apparition de botrytis. Ces résultats confirment que la gestion différenciée des écrans est un moyen simple d'économiser de l'énergie en culture de tomates sous serre.

Tableau 1 | Données techniques des écrans d'après le fabricant Svensson et mesures dans les compartiments (par rapport à l'extérieur)

	Transmission de la lumière		Economie d'énergie	Transmission dans PAR (mesure propre)
	Directe	Diffuse		
XLS 15 Firebreak	46 %	43 %	57 %	30 %
SLS 10 Ultra Plus	88 %	81 %	43 %	41 %

Tableau 2 | Variétés, dates de la plantation, de la première et de la dernière récolte

Année	Variétés (obteneur)	Plantation	Première récolte	Dernière récolte
2009	Climberley (SG)	12 février	24 avril	2 novembre
	Plaisance (DR)			
	Komeet (SVS)			
2010	Climberley (SG)	9 février	28 avril	29 novembre
	Komeet (SVS)			

SG: Syngenta Seeds, DR: De Ruiters Seeds, SVS: Seminis.



Conduite des écrans

La conduite différenciée des écrans a commencé huit jours après la plantation en 2009 (le 20 février) et à la plantation en 2010. Les consignes d'ouverture des écrans sont synthétisées dans le tableau 3. Le pilotage a été effectué par un ordinateur de gestion climatique LCC Completa de DGT-Volmatic, qui enregistre également les données relatives à la conduite des compartiments (température, humidité, heure d'ouverture des écrans, teneur en CO₂, etc.).

Consommation d'énergie

La consommation d'énergie a été suivie dans chaque compartiment avec des compteurs de chaleur (Kamstrup, Multical® 601, sonde Pt 500), relevés chaque matin.

Phénologie

L'élongation, la longueur des feuilles et le stade de floraison ont été mesurés une fois par semaine, toujours le même jour. L'apex de la tige étant marqué sur le fil de culture la semaine précédente, le jour du contrôle la distance entre la marque et l'apex donnait l'élongation. Les mesures portaient sur une tige par variété et par répétition.

Analyses de la qualité des fruits

Dix fruits par variété et par répétition, de calibre uniforme, ont été analysés au stade de maturité 11/12 (OCDE). La fermeté a été mesurée avec un appareil Durofel 25 (Durofel, COPA-Technologie SA/CTIFL), muni d'un embout de 0,25 cm² (indice de 1 à 100). Le taux de sucre (°Brix) a été mesuré au réfractomètre (ATAGO Co.,

Ltd, modèle PR-1) et l'acidité totale par titration à 0,1 M NaOH (Metrohm, 719S, Titrimo). A cette fin, les fruits ont été broyés à l'aide d'un presse-tomate pour obtenir un jus sans graine et sans peau (selon la méthode de Granges *et al.* 2003), ultérieurement centrifugé. Les mesures de teneur en sucre et d'acidité ont été effectuées sur le surnageant issu de la centrifugation.

Suivi des ravageurs et maladies

La présence ou l'absence des ravageurs et auxiliaires a été notée une fois par semaine sur deux feuilles par variété et par répétition.

En 2009, du botrytis sur tige a été noté à l'arrachage. Dix tiges étaient observées par variété et par répétition. Une note de 0 à 3 a été attribuée:

- 0 = pas de symptôme,
- 1 = chicot atteint mais pas la tige,
- 2 = tige atteinte mais sur moins de 5 cm,
- 3 = tige atteinte sur plus de 5 cm.

Analyses statistiques

Les valeurs moyennes d'hygrométrie sur vingt-quatre heures, les populations de *Macrolophus caliginosus* et d'aleurodes dans les deux compartiments ont été notées et comparées avec un test de Mann-Whitney.

Une analyse de variance a servi pour comparer les rendements, le nombre de fruits/grappe, le nombre de grappes récoltées, le poids moyen des fruits, la notation du botrytis et la qualité analytique des fruits (fermeté, acidité, sucre) entre les deux procédés, avec un seuil de signification de 0,05. Les moyennes ont été comparées avec un test de Fisher.

Résultats et discussion

Economies d'énergie

Les consommations d'énergie des deux compartiments sont présentées dans le tableau 4. Le niveau de consommation relativement faible est lié à la structure de la serre (construite en 2008, à double écran), à la date de plantation, aux conditions météorologiques et aussi 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 2010 s'explique par une culture plus longue (294 jours contre 262 en 2009), par la mise en place du contrôle de l'humidité et par des températures extérieures plus froides notamment jusqu'à fin mars (température extérieure moyenne au 31 mars de 4,4 °C en 2010 contre 4,9 °C en 2009).

Tableau 3 | Consignes d'ouverture des écrans avec la gestion différenciée (compartiment test) et fixe (compartiment témoin)

	Compartiment témoin	Compartiment test
Ouverture		
XLS 15 Firebreak	Au lever du soleil	30 min après le lever du soleil
SLS 10 Ultra Plus	Au lever du soleil	1 h après le lever du soleil si: · T _{ext} > 5 °C · int. lum. > 3 klux
Fermeture		
XLS 15 Firebreak	Au coucher du soleil	30 min avant le coucher du soleil
SLS 10 Ultra Plus	Au coucher du soleil	1 h avant le coucher du soleil

T_{ext} = température extérieure; int. lum. = intensité lumineuse.

L'économie d'énergie obtenue grâce à la conduite différenciée des écrans est de 23,6 % en 2009 et 29,8 % en 2010. Elle est réalisée, pour une grande partie, de la plantation à fin mars puis en automne (tabl. 4). La durée de fermeture, totale ou partielle, de l'écran SLS 10 Ultra Plus est présentée dans le tableau 5. Dans les simulations réalisées par Dieleman et Kempkes (2006), le nombre d'heures de fermeture de l'écran varie entre 1748 et 2033 selon les stratégies. Mercier *et al.* (1988) ont montré qu'un retard d'ouverture des écrans à 30 W/m² au lieu de 1 W/m² permettait une économie d'énergie de 10 %. Dans un essai conduit aux Pays-Bas par Dieleman et Kempkes (2006), une économie d'énergie

Tableau 4 | Consommation d'énergie en kWh/m² avec la gestion différenciée (test) et fixe (témoin) des écrans

	Consommation d'énergie (kWh/m ²)			
	2009		2010	
	Témoin	Test	Témoin	Test
Au 31.03	38,6	32,8	57,1	49,1
Du 01.09 à la fin de l'essai	42,5	27,9	60,9	40,3
Sur l'ensemble de la culture	104,0	79,5	156,4	109,8
Part d'économie globale (%)	23,6		29,8	

Tableau 5 | Durée de fermeture de l'écran SLS 10 Ultra Plus en nombre d'heures avec la gestion différenciée (test) et fixe (témoin) des écrans

Année	Durée de fermeture (totale ou partielle) de l'écran SLS Ultra Plus (h)	
	2009	2010*
Témoin	2298	2231
Test	2638	2552

*Données manquantes pour le mois d'août.

Tableau 6 | Nombre de grappes récoltées/m², rendements et poids moyen des fruits avec la conduite différenciée (test) et fixe (témoin) des écrans

Année	Variété	Grappes récoltées (nb/m ²)		Rendement (kg/m ²)		Poids moyen des fruits (g)	
		Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin	Test
2009	Climberley	55,5	58,0	30,9b	33,3a	117,7	119,6
	Komeet	55,2	56,5	35,5	36,2	137,9	135,0
	Plaisance	56,5	59,5	28,8	31,6	111,7	112,4
2010	Climberley	75,5	73,0	41,0	42,1	112,6	118,1
	Komeet	67,4	66,0	42,5	43,3	128,9	133,1
Moyenne		62,7	62,6	35,7	37,3	121,8	123,6

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

de 3,5 % est obtenue en retardant l'ouverture de l'écran de 5 W/m² à 50 W/m². Selon eux, l'ouverture de l'écran en fonction de la radiation globale et de la température extérieure réduit aussi l'utilisation d'énergie. Pour Bailey (1988), la conduite la plus efficace de l'écran est de le fermer lorsque l'économie d'énergie dépasse la perte de récolte.

L'économie d'énergie obtenue dans les deux essais est liée aux conditions climatiques de la région avec des hivers froids mais ensoleillés. Sur l'ensemble de la durée des essais, la température extérieure journalière moyenne a été inférieure à 5 °C pendant vingt-six jours en 2009 et quarante jours en 2010.

Rendements

La conduite différenciée des écrans a eu peu d'effet sur le rendement global (tabl. 6). Sauf pour la variété Climberley dont le rendement a été meilleur dans le compartiment test, il n'y a pas de différence significative de rendement, de poids moyen des fruits ou de nombre de grappes récoltées (tabl. 6). Pour Mercier *et al.* (1988), le retard d'ouverture des écrans selon l'irradiance n'a eu aucune influence notable sur la culture. Dieleman et Kempkes (2006) ont testé différentes stratégies d'ouverture de l'écran en fonction de la radiation globale et de la température extérieure. Selon leurs résultats, l'ouverture de l'écran en fonction de la température extérieure et de la radiation permet d'économiser de l'énergie sans influencer les rendements.

Qualité des fruits

Sept analyses ont été réalisées en 2009 (24 avril, 8 mai, 12 mai, 26 mai, 24 juin, 9 septembre et 7 octobre) et six en 2010 (28 avril, 14 mai, 25 mai, 2 novembre, 18 novembre et 29 novembre). La moyenne par année de ces

analyses est présentée dans le tableau 9. Le facteur le plus réactif est la fermeté. Lorsqu'il y a des différences, les fruits sont plus fermes dans le compartiment test. Cela a été le cas avec la variété Climberley le 12 mai 2009, le 9 septembre 2009 et le 25 mai 2010, avec la variété Komeet le 9 septembre 2009 et les 28 avril, 14 et 25 mai 2010, avec la variété Plaisance le 24 avril 2009. Sur l'ensemble des mesures réalisées pendant la saison en 2009 et 2010, il n'y a pas de différence de qualité entre les deux conduites.

Climat de la serre

Le principal frein à l'utilisation des écrans en culture de tomates est l'hygrométrie et le risque d'attaque de botrytis qui en résulte (Dieleman et Kempkes 2006). Le déficit de saturation a été significativement plus bas

Tableau 7 | Déficit de saturation moyen avec la gestion différenciée (test) et fixe (témoin) des écrans sur l'ensemble de la durée de l'essai

	Déficit de saturation moyen (g d'eau/kg d'air sec)			
	2009		2010*	
	Témoin	Test	Témoin	Test
Moyenne journalière	5,1a	5,5b	5,1a	5,5b
Moyenne entre 6h00 et 10h00	3,9a	4,2b	3,9a	4,3b
Nombre d'heure où DX < 3 g/kg	1614	1265	1017	668

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes.

*Données manquantes pour le mois d'août, DX = déficit de saturation.

Tableau 8 | Notation du botrytis sur tige en fin de culture en 2009 avec la gestion différenciée (test) et fixe (témoin) des écrans. 0: pas de symptôme, 1: chicot atteint mais pas la tige, 2: tige atteinte mais sur moins de 5 cm, 3: tige atteinte sur plus de 5 cm

	Climberley	Komeet	Plaisance
Témoin	1,0	1,6	1,4
Test	1,3	1,7	1,5

Tableau 9 | Analyses de fermeté (indice Durofel), de teneur en sucre (°Brix) et d'acidité totale réalisées en 2009 et 2010. Les valeurs correspondent aux moyennes des différentes analyses (sept en 2009 et six en 2010)

Année	Variétés	Fermeté		Teneur en sucre		Acidité totale (g/l d'acide citrique)	
		Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin	Test
2009	Climberley	73,4	74,2	4,6	4,4	4,2	4,1
	Komeet	72,2	72,6	4,2	4,2	4,1	3,8
	Plaisance	74,2	74,1	4,3	4,2	4,0	4,0
2010	Climberley	77,9	79,5	4,6	4,6	4,4	4,5
	Komeet	76,9	79,2	4,1	4,1	4,3	4,4

dans le compartiment témoin en 2010. Si on se restreint à la période entre 6h et 10h du matin, il est plus bas dans le compartiment test (tabl. 7). Cela est confirmé par le nombre d'heures où le déficit de saturation est inférieur à 3g d'eau/kg d'air sec (tabl.7). Dans nos conditions, le compartiment témoin a été plus humide que le compartiment test, peut-être à cause d'une différence de transpiration des plantes entre les deux compartiments.

La notation de botrytis réalisée en fin de culture en 2009 n'a pas permis de différencier les deux compartiments (tabl. 8).

Phénologie

L'ouverture retardée des écrans a eu peu d'impact sur les plantes en 2009, notamment sur la longueur des feuilles et le stade de floraison. L'élongation a été ponctuellement différente entre les deux compartiments mais sans tendance claire. En 2010, comme en 2009, le stade de floraison n'a pas été influencé par la conduite différenciée des écrans (fig.1). Par contre, la longueur des feuilles de Climberley a été parfois plus courte dans le compartiment test. Cette différence de

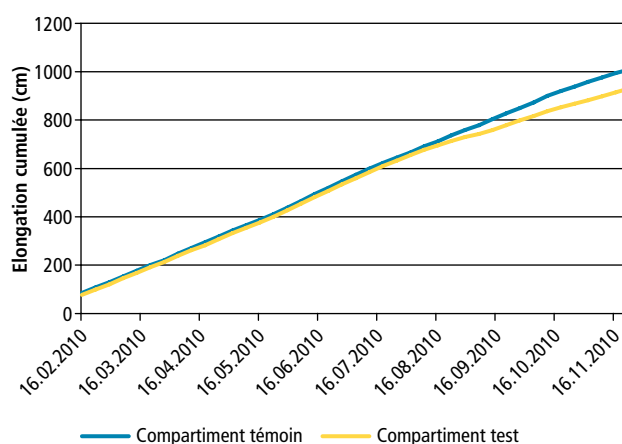


Figure 1 | Élongation cumulée en cm de la variété Climberley, en 2010, avec la gestion différenciée des écrans (compartiment test) et la gestion fixe (compartiment témoin).

longueur pourrait expliquer, en partie, les différences de déficit de saturation entre les deux compartiments. L'élongation peut, elle aussi, être ponctuellement plus faible dans le compartiment test. L'impact sur l'élongation est intervenu jusqu'à fin mars pour Komeet et à partir de fin septembre pour Climberley (fig. 2).

Ravageurs et auxiliaires

Les populations d'aleurodes et de *Macrolophus caliginosus* ont été comparables en 2009 et 2010 dans les deux compartiments (fig. 3).

Chaque année, le même nombre de traitements fongicides contre l'oïdium et le botrytis a été appliqué dans les deux compartiments. La conduite différenciée des écrans n'a pas eu d'effet sur le développement de ces maladies.

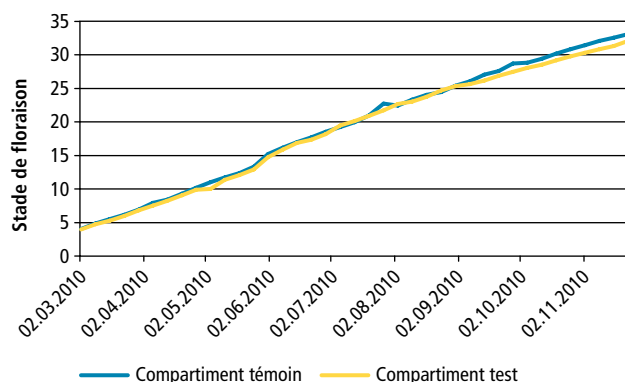


Figure 2 | Suivi du bouquet en floraison de la variété Climberley, en 2010, avec la gestion différenciée des écrans (compartiment test) et la gestion fixe (compartiment témoin).

Remerciements

Toute l'équipe du groupe culture sous serre de la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW ainsi que les stagiaires et apprentis qui ont participé à ces essais sont remerciés pour leur précieux travail.

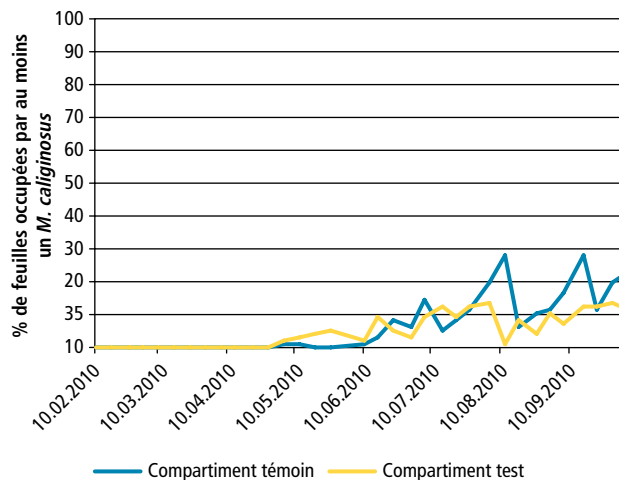


Figure 3 | Pourcentage de feuilles occupées par au moins un auxiliaire *Macrolophus caliginosus* avec la gestion différenciée des écrans (compartiment test) et la gestion fixe (compartiment témoin) en 2010.

Conclusions

- La conduite différenciée des écrans a permis de réaliser une économie d'énergie de 23 à 30 % par rapport à une conduite selon le lever du soleil.
- Cette conduite n'a eu d'effet ni sur le rendement global ni sur la qualité des fruits.
- Une telle stratégie peut être mise en place, sans investissement, chez un producteur disposant d'un écran thermique de type SLS 10 Ultra Plus. ■

Bibliographie

- ADEME, 2007. Utilisation rationnelle de l'énergie dans les serres. Situation technico-économique en 2005 et leviers d'action actuels et futurs. Synthèse. ADEME, 40 p.
- Bailey B. J., 1988. Improved control strategies for greenhouse thermal screens. *Acta Hort.* **230**, 485–492.
- Bakker J. C., Boulard T., Adams S. R. & Montero J. I., 2008. Innovative technologies for an efficient use of energy. *Acta Hort.* **801**, 49–62.
- Dieleman J. A. & Kempkes F. L. K., 2006. Energy screens in tomato: determining the optimal opening strategy. *Acta Hort.* **718**, 599–606.
- 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.
- Mercier A., Darbellay C., Calame F., Lutz S. & Reist A., 1988. Effects of different energy saving techniques on tomato crop. *Acta Hort.* **229**, 333–340.
- Plaisier H. F. & Svensson L., 2005. Use of adapted energy screens in tomato production with higher water vapour transmission. *Acta Hort.* **691**, 583–587.
- Van der Ploeg A. & Heuvelink E., 2005. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* **80** (6), 652–659.

■ Summary

Screen management in tomato crops on substrate

To save energy in greenhouses, the use of a thermal screen is helpful during the night but also during the day. Two trials were conducted in 2009 and 2010 in two identical compartments, each of 358 m². Both were equipped with a thermal screen (SLS 10 Ultra Plus) and an aluminized screen (XLS 15) made by Svensson. In the test compartment, screens were opened differentially. The aluminized screen opened half an hour after sunrise while thermal screen opened one hour after sunrise, but only when the outside temperature was above 5 °C and light intensity higher than 3 klux; otherwise it remained closed. In the control compartment, the opening of the screens occurred at sunrise. Differentiated screen management resulted in an energy saving of 23 % in 2009 and 30 % in 2010 without negative impact on yield and analytical quality of tomatoes. The incidence of grey mould (*Botrytis cinerea*) was not affected by this management. These results confirm that differentiated screen management is a simple way to save energy in greenhouse tomato production.

Key words: thermal screen, energy saving, tomato, glasshouse.

■ Zusammenfassung

Schirmführung im Tomatenanbau auf Substrat

Eine Energieeinsparung ist möglich in Gewächshäusern mit der Nutzung eines Energieschirms in der Nacht, aber auch während des Tags. Versuche wurden in 2009 und 2010 in zwei gleichen Abteilen beide mit einer Fläche von 358 m² durchgeführt. Sie waren mit einem Energieschirm (SLS 10 Ultra Plus) und einem Aluminium-beschichteten Schirm (XLS 15) von Svensson ausgerüstet. Im Testabteil wurde die Öffnung der Schirme mit einer differenzierten Führung gesteuert. Der Aluminium-Schirm öffnete sich eine halbe Stunde nach Sonnenaufgang. Der Energieschirm öffnete sich, wenn die Aussentemperatur über 5 °C lag und eine Lichtintensität von mehr als 3 Klux erreicht war, eine Stunde nach Sonnenaufgang; ansonsten blieb er geschlossen. Im Kontrollabteil öffneten sich die Schirme bei Sonnenaufgang. Die differenziert gesteuerten Schirme führten zu einer Einsparung von 23 % in 2009 und 30 % in 2010. Es wurden keine negativen Auswirkungen auf den Ertrag und die analytische Qualität der Tomaten beobachtet. Das Vorkommen von Graufäule (*Botrytis cinerea*) wurde durch diese Steuerung nicht beeinflusst. Diese Ergebnisse bestätigen, dass die differenzierte Führung der Energieschirme auf einfache Weise zur Energieeinsparungen im Gewächshaus-Tomatenanbau beitragen kann.

■ Riassunto

Gestione degli schermi nella coltura di pomodoro su substrato

Per il risparmio energetico in serra, è possibile di utilizzare uno schermo termico durante la notte ma anche durante il giorno. Negli anni 2009 e 2010 sono state condotte delle prove in due settori identici di 358 m² ognuno. Essi erano dotati di uno schermo termico (SLS 10 Ultra Plus) e uno schermo alluminato (XLS 15) prodotti da Svensson. L'apertura degli schermi di questi due settori è stata gestita in modo differenziato. Lo schermo alluminato si apriva mezz'ora dopo l'alba. Lo schermo termico si apriva un'ora dopo l'alba, ma solo se la temperatura esterna superava i 5 °C e se l'intensità luminosa era superiore ai 3 klux, altrimenti rimaneva chiuso. Nel testimone l'apertura degli schermi succedeva all'alba. La gestione differenziata degli schermi ha permesso di risparmiare nel 2009 il 23 % e nel 2010 il 30 % di energia. Non è stata osservata alcun'incidenza negativa su resa e qualità analitica dei pomodori. Questo tipo di gestione non ha influenzato l'occorrenza di botrite. Questi risultati confermano che la gestione differenziata degli schermi è un modo semplice per realizzare dei risparmi energetici nelle colture di pomodoro in serra.