

Impiego di un deumidificatore per il contenimento di patogeni fogliari di ortaggi a foglia

Giovanna Gilardi* - Andrea China Gallo* - Maria Lodovica Gullino*** - Angelo Garibaldi*

*Centro di Competenza per l'Innovazione in Campo agro-ambientale (Agroinnova) - Università degli Studi di Torino - Grugliasco (TO)

**Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DiSAFA) - Università degli Studi di Torino - Grugliasco (TO)

Riassunto

Vengono fornite informazioni sull'effetto di un deumidificatore professionale impiegato presso una serra ferro vetro di Agroinnova sulla gravità degli attacchi di alcuni agenti di alterazioni fogliari di colture orticole da foglia (lattuga, spinacio, rucola e valerianella) e del basilico. In particolare si riportano le condizioni ambientali di umidità relativa sfavorevoli agli attacchi di *Peronospora belbahrii*, *Allophoma tropica*, *Phoma valerianellae*, *Botrytis cinerea*, *Paramyothecium roridum*, *Albifimbria verrucaria* e *Fusarium equiseti*. Viene descritto e criticamente discusso l'effetto della gestione dell'umidità relativa dell'ambiente controllato di una serra ferro-vetro sulla gravità dei sintomi causati da diversi agenti di malattie fogliari per ciascun patosistema preso in considerazione.

Parole chiave: umidità relativa; patogeni fogliari; pratiche colturali

Summary

Application of a dehumidifier system for the control of pathogens on leafy vegetables

This study explores the potential of a professional dehumidifier (i.e., condensers) used under controlled conditions of a greenhouse in Agroinnova against some leaf spot agents of leafy vegetable crops (lettuce, rocket, spinach and lamb's lettuce) and basil. The performance of the dehumidification processes was tested in several trials. In particular, the effect of changing relative humidity on the severity of *Peronospora belbahrii*, *Allophoma tropica*, *Phoma valerianellae*, *Botrytis cinerea*, *Paramyothecium roridum*, *Albifimbria verrucaria* and *Fusarium equiseti* for each pathosystem is reported and discussed.

Keywords: relative humidity; foliar pathogens; cultural practices.

Introduzione

La difesa delle colture da sempre difficile, si è ulteriormente complicata a causa dei cambiamenti intervenuti con la rivalutazione dei vecchi agrofarmaci e con l'applicazione del nuovo regolamento europeo sulla registrazione dell'uso degli agrofarmaci. Di fatto, l'applicazione delle ultime normative ha portato alla diminuzione dei principi attivi autorizzati, determinando non poche criticità. Questa situazione è particolarmente

grave per le orticole a foglia, soprattutto quelle considerate minori, interessate costantemente da nuovi problemi fitopatologici, in parte dovuti al dinamismo di questo settore produttivo caratterizzato da cicli colturali brevi attuati in sistemi produttivi intensivi e specializzati (Garibaldi *et al.*, 2016 b; Gilardi *et al.*, 2018).

La sempre più ridotta disponibilità di mezzi chimici ha peraltro, stimolato la ricerca di soluzioni alternative e oggi, più di qualche anno fa, sono disponibili soluzioni e strategie interessanti. Un grande contributo alla difesa delle colture deriva dall'uso di tutte le pratiche colturali che tendono a rendere l'ambiente favorevole all'ospite e avverso allo sviluppo dei diversi patogeni modificando uno o più parametri ambientali, ad es. i livelli di umidità relativa dell'aria, la concentrazione di CO₂, l'intensità della luce o la lunghezza del giorno (Jarvis, 1989).

Tra i diversi parametri ambientali, è noto da tempo il ruolo dell'umidità relativa (RH) come fattore in grado di influenzare significativamente l'evento infettivo e la durata del processo di infezione e di conseguenza l'epidemiologia di diversi patogeni fungini e oomiceti (Schein, 1964; Royle e Ebutler, 1986; Grange e Hand 1987).

L'umidità è la quantità di vapore acqueo che si accumula nell'aria per effetto dell'evaporazione e della traspirazione delle piante. I livelli di umidità sono espressi come percentuale dell'umidità relativa per la quale si intende la quantità massima di vapore acqueo che l'aria può contenere ad una determinata temperatura. Durante una giornata in serra, l'umidità relativa diminuisce all'aumentare della temperatura e quando la differenza della temperatura tra giorno e notte è sufficientemente ampia l'aria raggiunge il 100% di RH e il vapore acqueo si condensa e si trasforma in gocce che vanno a formare un velo d'acqua sui tessuti dell'ospite (Stanghellini, 1987).

Quando la temperatura è favorevole e il fabbisogno di un agente patogeno su un ospite suscettibile è pienamente soddisfatto per un tempo sufficiente, è probabile che si verifichi l'infezione. In questo contesto, Huber e Gillespie (1992) hanno evidenziato come il numero di ore di esposizione ad alti livelli di umidità relativa per l'avvio del processo infettivo varia considerevolmente per diversi patogeni da 0,5 a più di 100 ore.

Numerosi agenti di malattie fogliari, possono essere contenuti efficacemente adottando tutte quelle pratiche colturali che riducono l'umidità ambientale (Colhoun, 1973; Beckett *et al.*, 2005; Friedrich *et al.*, 2005; Cohen *et al.*, 2016).

Questa rassegna prende in considerazione l'effetto della gestione dell'umidità relativa ambientale utilizzando un deumidificatore professionale (deumidificatore per serre Solarmaker S.r.l. modello SD 100) mantenuto in postazione fissa presso una serra ferro vetro di Agroinnova, nei confronti di patogeni fogliari di colture orticole noti da tempo o recentemente osservati in Italia e responsabili di gravi danni, considerando i patosistemi riportati di seguito: *Peronospora belbahrii* e *Colletotrichum gloeosporioides* su basilico, *Botrytis cinerea* - lattuga e valerianella, *Phoma valerianellae* - valerianella, *Allophoma tropica* - lattuga, *Alternaria japonica* - rucola coltivata, *Paramyothecium roridum* - valerianella, *Albifimbria verrucaria* - rucola selvatica, *A. verrucaria* - spinacio e *Fusarium equiseti* - lattuga (Tabella 1).

Tabella 1 - Patosistemi considerati nel corso delle prove svolte in condizioni controllate in serra ferro vetro.
 Table 1 - Pathosystems used during the trials carried out under controlled conditions in glasshouse.

Ospite (cultivar)	Patogeno
Lattuga cv Elisa	<i>Allophoma tropica</i>
Lattuga cv Elisa	<i>Botrytis cinerea</i>
Lattuga cv Elisa	<i>Fusarium equiseti</i>
Basilico cv Italiano classico	<i>Peronospora belbahrii</i>
Basilico cv Italiano classico	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Ruola coltivata cv Coltivata	<i>Alternaria japonica</i>
Ruola selvatica cv Grazia	<i>Albifimbria verrucaria</i>
Spinacio cv Crocodile	<i>Albifimbria verrucaria</i>
Ruola coltivata cv Coltivata	<i>Paramyothecium roridum</i>
Ruola coltivata cv Coltivata	<i>Fusarium equiseti</i>
Valerianella cv Palace	<i>Phoma valerianellae</i>
Valerianella cv Palace	<i>Botrytis cinerea</i>
Valerianella cv Palace	<i>Paramyothecium roridum</i>

Descrizione del sistema in studio e metodologia delle prove

Nel biennio 2017-2018 sono state condotte 8 prove sperimentali in due compartimenti di 64 m² all'interno di una serra ferro vetro di Agroinnova: una cella rappresentava la condizione di riferimento in cui veniva mantenuta alta umidità relativa (UR) superiore all'85%, mentre, in una seconda cella, mantenuta ai medesimi livelli di temperatura dell'aria era installato, in postazione fissa, il deumidificatore professionale per serre Solarmaker modello SD 100 (<http://www.solarmaker.it>).

L'apparecchiatura impiegata nelle prove pesa 48 kg con un ingombro 516x516x658 mm e una potenza nominale media assorbita di 1050W con campo di funzionamento alle temperature comprese tra 1-35 °C (Figura 1). Il modello impiegato si presta al posizionamento in ambienti serricoli confinati a superfici massime di 250 m². Nel corso delle prove il deumidificatore veniva programmato per entrare in funzione per 20-24 ore/giorno (Tabella 2).

Piante di lattuga (cv Elisa, Maraldi), basilico (cv Italiano Classico, Semencoop), ruola selvatica (Frastagliata, Maraldi sementi), ruola coltivata (Coltivata, Furia sementi), valerianella (cv Palace, Clause) e spinacio (cv Crocodile, RikZwaan), erano seminati in vaso (14x14



Figura 1 - Visione di una prova sperimentale in serra con l'impiego del deumidificatore Solarmaker.

Figure 1 - Experimental trial in greenhouse by using the dehumidifier Solarmaker.

cm) alla densità di 10-15 piante/vaso. Le piante dell'età di 20-25 giorni dalla semina venivano poste su bancali mobili situati all'interno dei due ambienti di esecuzione delle prove. Venivano impiegati 3 vasi per replicazione con 4 repliche per ogni patosistema in studio (Tabella 1). I diversi patogeni, propagati su substrato a base di agar patata (PDA) o nel caso di *P. belbahrii*, mantenuta su piante di basilico infette, venivano inoculati per nebulizzazione delle foglie alla concentrazione di 1x10⁶ conidi/ml. L'inoculazione artificiale delle piante veniva effettuata dopo aver stabilito alti livelli di umidità relativa (UR > 85%) nella cella di riferimento e dopo circa 2 ore dall'attivazione del deumidificatore nella cella deumidificata (Figura 1). Nel corso delle prove non venivano effettuati interventi di irrigazione sopra chioma e veniva monitorata la temperatura e l'UR% dell'ambiente impiegando sensori Hobo® Pro v2 U23-002 (Onset Computer Corporation). I rilievi venivano effettuati a partire dalla comparsa dei sintomi. Il rilievo finale veniva effettuato 12 - 14 giorni dopo l'inoculazione artificiale dei patogeni valutando la gravità dei sintomi causati dai diversi patogeni su 100 foglie/specie per ciascun patosistema. A tal fine veniva stimata la gravità dei sintomi impiegando una scala 0-5 (0 = sano; 1 = da 1 a 10 % di superficie di area fogliare colpita; 2 = da 11 a 25% di superficie di area fogliare colpita; 3 = da 26 a 50% di superficie di area fogliare colpita; 4 = da 51 a 75% i superficie di area fogliare colpita; 5= da 76 a 100

Tabella 2 - Informazioni generali relative ai parametri ambientali (temperatura e umidità relativa) misurati nel corso delle prove.
 Table 2 - General information about the environmental parameters (temperature and relative humidity) measured during the trials.

Prova	Inoculazione artificiale	Fine prova	Attivazione impianto di deumidificazione	Cella di riferimento mantenuta ad alta UR%		Cella con impianto di deumidificazione	
				Temperatura °C (Min. Max. Media)	UR % (Min. Max. Media)	Temperatura °C (Min. Max. Media)	UR% (Min. Max. Media)
1	11/04/2017	22/04	Dalle 17 alle 11	13-32 (24°C)	61-99 (85%)	13-33 (23°C)	55-75 (66%)
2	24/04/2017	5/05	Dalle 16 alle 11	13-28 (21°C)	58-98 (86%)	15-29 (20°C)	33-87 (67%)
3	9/05/2017	19/05	Dalle 16 alle 11	19-29 (23°C)	50-100 (89%)	19-31 (24°C)	31-79 (64%)
4	21/09/2017	4/10	Tutto il giorno	16-26 (21°C)	47-98 (92%)	17-28 (21°C)	60-77 (73%)
5	9/04/2018	12/04	Dalle 15 alle 11	18-27 (22°C)	63-100 (90%)	18-29 (22°C)	48-70 (62%)
6	16/05/2018	28/05	Dalle 15 alle 11	17-29 (22°C)	56-100 (91%)	18-30 (23°C)	38-89 (64%)
7	8/10/2018	18/10	Tutto il giorno	15-26 (21°C)	53-96 (86%)	14-27 (23°C)	32-78 (69%)
8	26/10/2018	5/11	Tutto il giorno	14-28 (18°C)	59-93 (85%)	15-27 (19°C)	48-73 (67%)

Tabella 3 – Effetto della deumidificazione dell'ambiente sulla gravità dei sintomi (% di superficie fogliare colpita) nei patosistemi studiati. Dato espresso come percentuale di superficie fogliare colpita nelle piante testimoni e come riduzione percentuale della gravità dei sintomi rispetto al testimone mantenuto ad alta umidità relativa (RH%).

Table 3 – Effect of the dehumidification on disease severity (% affected leaf area) in different pathosystems. Data is expressed as disease severity in the control plants under high RH% and as disease severity reduction (%) compared to the control.

Patogeno	Ospite	Percentuale di superficie fogliare colpita in condizioni di alta UR%								% di riduzione della gravità dei sintomi in presenza del deumidificatore**							
		Prova 1		Prova 2		Prova 3		Prova 4		Prova 1		Prova 2		Prova 3		Prova 4	
<i>Fusarium equiseti</i>	Lattuga	21,7	d-f*	21,3	a	11,4	a-c	11,3	ab	52,7	de	53,0	de	32,4	e	23,5	b
<i>Fusarium equiseti</i>	Rucola coltivata	13,6	a-d	18,1	a	8,9	ab	-	-	24,2	f	50,4	e	58,0	b-d	-	-
<i>Phoma valerianellae</i>	Valerianella	15,6	b-d	35,6	c	13,7	bc	22,1	b	60,6	c-e	64,8	c-e	79,2	a-c	58,7	a
<i>Allophoma tropica</i>	lattuga	12,4	a-c	33,4	bc	25,0	d	28,2	c	77,0	a-d	84,8	ab	96,8	a	53,8	a
<i>Albifimbria verrucaria</i>	Rucola selvatica	19,3	c-e	28,1	a-c	17,5	b-d	29,0	c	71,9	b-d	69,7	b-e	53,9	de	24,9	b
<i>Paramyothecium roridum</i>	Valerianella	29,0	f	24,1	ab	11,4	a-c	11,0	ab	43,7	ef	64,5	b-e	54,5	b-d	14,9	b
<i>Alternaria japonica</i>	Rucola coltivata	6,4	a	38,9	c	11,9	a-c	9,5	ab	99,4	a	73,4	b-d	60,2	b-d	68,4	a
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Basilico	9,0	ab	32,8	bc	19,8	cd	51,6	d	96,3	ab	75,9	b-d	83,6	ab	75,3	a
<i>Peronospora belbahrii</i>	Basilico	27,3	ef	32,6	bc	12,1	a-c	44,0	cd	85,2	a-c	100,0	a	79,1	a-c	67,4	a
<i>Botrytis cinerea</i>	Valerianella	13,6	a-d	23,9	ab	24,0	d	-	-	100,0	a	80,6	bc	70,5	a-c	-	-
<i>Botrytis cinerea</i>	Lattuga	***	-	-	-	3,2	a	8,8	a	-	-	-	-	80,2	a-c	72,6	a

* I valori seguiti dalla medesima lettera non differiscono significativamente secondo il Test di Tukey (p<0,05).

** Dato espresso come percentuale di riduzione della superficie fogliare colpita rispetto al testimone mantenuto ad alta UR%.

***Non saggiato.

% di superficie di area fogliare colpita). I dati, espressi come % di superficie di area fogliare colpita venivano sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) e al test statistico di Tukey (p<0,05).

Effetto della deumidificazione dell'ambiente della serra sulla gravità dei sintomi causati dai patogeni in studio su ortaggi a foglia

Nelle condizioni in cui sono state condotte le prove, il deumidificatore per serre Solarmaker S.r.l. modello SD 100, mantenuto in postazione fissa e attivo per 20-24 ore/giorno, ha ridotto l'umidità relativa dell'ambiente a valori medi compresi tra il 62 e il 73%, rispetto ai valori registrati nella cella di riferimento (UR superiore all'85%).

In generale, l'impiego del sistema di deumidificazione saggiato ha ridotto in modo significativo la diffusione e gravità degli attacchi dei patogeni inoculati sulle diverse specie orticole. E' emerso tuttavia un effetto variabile a seconda del patosistema considerato, della pressione di malattia e della stagione in cui erano eseguite le prove.

Complessivamente la deumidificazione dell'ambiente della serra ha fornito un risultato positivo, rispetto alla gravità dei sintomi osservata sulle piante inoculate con i diversi patogeni e mantenute nella serra di riferimento ad alta UR%, per i seguenti patosistemi: basilico/*P. belbahrii* (67-100% riduzione dei sintomi, media 83%), basilico/*C. gloeosporioides* (73-96% riduzione dei sintomi, media 82%), valerianella/*B. cinerea* (40-91% riduzione dei sintomi, media 81%), lattuga/*B. cinerea* (64-100% riduzione dei sintomi, media 80%), rucola coltivata/*A. japonica* (60-100% riduzione dei sintomi, media 78%), valerianella/*P. valerianellae* (59-97% riduzione dei sintomi, media 77%) e lattuga/*A. tropica* (53-96% riduzione dei sintomi, media 74%). L'impiego del deumidificatore, invece, ha limitato in modo parziale

la gravità degli attacchi di *F. equiseti* su lattuga (23-57% riduzione dei sintomi, media 43%) e rucola coltivata (24-58% riduzione dei sintomi, media 44%), *A. verrucaria*/rucola selvatica (53-71% riduzione dei sintomi, media 55%), *A. verrucaria*/spinacio (27-64% riduzione dei sintomi, media 48%) e *P. roridum*/valerianella (40-71% riduzione dei sintomi, media 53%), rispetto alla gravità dei sintomi osservata sulle piante inoculate con i diversi patogeni e mantenute nella serra di riferimento ad alta UR%.

Nelle prove svolte nel periodo tra ottobre e dicembre, il sistema di deumidificazione saggiato ha favorito la completa riduzione degli attacchi nei patosistemi rucola/*A. japonica*, basilico/*P. belbahrii* e lattuga/*B. cinerea*, probabilmente anche in seguito ad una generale ridotta gravità degli attacchi causati da questi patogeni per l'effetto del riscaldamento attivato presso gli ambienti di esecuzione delle prove per mantenere la temperatura compresa tra 15 e 20°C.

Conclusioni

Le serre sono ambienti in cui bisogna prestare molta attenzione all'equilibrio microclimatico per attuare semplici ed efficaci misure preventive; tra queste è importante contrastare la presenza di alti livelli di umidità relativa dell'aria ed evitare la formazione di condensa sulle piante.

Il contenimento delle malattie delle piante mediante la gestione di specifici parametri ambientali è una pratica promettente per diversi agenti patogeni che richiedono specifiche condizioni ambientali per specifiche fasi di sviluppo. A titolo di esempio, si citano gli interessanti risultati ottenuti nei confronti *Colletotrichum azaleae* su azalea (Bertetti et al., 2009) e di *B. cinerea* agente su diversi ospiti (Sirry 1957; Jarvis, 1980) riducendo il periodo di bagnatura fogliare mediante opportuno

Tabella 4 – Effetto della deumidificazione dell'ambiente sulla gravità dei sintomi (% di superficie fogliare colpita) nei patosistemi studiati. Dato espresso come percentuale di superficie fogliare colpita nelle piante testimoni e come riduzione percentuale della gravità dei sintomi rispetto al testimone mantenuto ad alta umidità relativa (RH%).

Table 4 – Effect of the dehumidification on disease severity (% affected leaf area) in different pathosystems. Data is expressed as disease severity in the control plants under high RH% and as disease severity reduction (%) compared to the control.

Patogeno	Ospite	Percentuale di superficie fogliare colpita in condizioni di alta UR%								% di riduzione della gravità dei sintomi in presenza del deumidificatore**							
		Prova 5		Prova 6		Prova 7		Prova 8		Prova 5		Prova 6		Prova 7		Prova 8	
<i>Fusarium equiseti</i>	Lattuga	32,8	bc	26,0	bc	15,5	a	12,0	a	41,6	e	57,6	bc	42,7	e	67,6	c
<i>Phoma valerianellae</i>	Valerianella	27,4	bc	22,3	a-c	40,0	c	43,2	c	97,2	a	69,2	ab	97,5	ab	94,7	a
<i>Allophoma tropica</i>	Lattuga	30,7	bc	18,3	ab	14,5	a	56,2	c	77,7	ac	65,6	a-c	71,7	cd	94,2	a
<i>Albifimbria verrucaria</i>	Spinacio	35,1	bc	22,3	a-c	17,0	ab	19,6	ab	55,2	de	27,1	c	64,2	de	78,5	bc
<i>Paramyrothecium roridum</i>	Valerianella	22,9	ab	21,0	ab	24,0	a	18,2	ab	71,4	b-d	40,8	bc	74,3	b-d	80,0	bc
<i>Alternaria japonica</i>	Rucola coltivata	18,9	ab	18,3	ab	46,0	c	18,4	ab	76,4	bc	91,0	a	80,0	a-d	100,0	a
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Basilico	39,7	c	24,3	bc	38,5	bc	45,0	c	83,5	ac	73,8	ab	89,0	a-c	87,2	ab
<i>Peronospora belbahrii</i>	Basilico	26,7	a-c	31,5	c	47,8	c	7,8	a	76,1	bc	84,9	ab	91,8	a-c	100,0	a
<i>Botrytis cinerea</i>	Lattuga	18,9	ab	14,5	a	19,0	a	9,6	a	64,5	cd	65,0	a-c	100,0	a	95,3	a
<i>Botrytis cinerea</i>	Valerianella	10,4	a	*		25,5	a	17,2	ab	90,4	ab			76,6	a-d	40,9	d

* I valori seguiti dalla medesima lettera non differiscono significativamente secondo il Test di Tukey ($p < 0,05$).

** Dato espresso come percentuale di riduzione della superficie fogliare colpita rispetto al testimone mantenuto ad alta UR%.

*** Non saggiato.

riscaldamento dell'ambiente.

Nel corso delle diverse prove condotte impiegando il deumidificatore Solarmaker, gli attacchi di *C. gloeosporioides* su basilico e di *B. cinerea* su valerianella e lattuga sono stati efficacemente contenuti in presenza di valori di UR% dell'aria inferiori al 67%, rispetto alla condizione di riferimento registrata presso l'ambiente mantenuto all'UR superiore al 85%. In ogni caso, gli attacchi dei diversi patogeni in studio sui diversi ospiti non sono stati completamente eliminati probabilmente anche in seguito alla presenza di elevati livelli di UR% in prossimità della superficie umida del terreno, mettendo in evidenza l'importanza dell'adozione di misure complementari come ad esempio l'impiego della pacciamatura del terreno combinato con la corretta scelta della densità di coltivazione.

La gestione dell'umidità relativa dell'ambiente utilizzando il deumidificatore professionale per serre Solarmaker ha ridotto, invece, solo parzialmente i danni causati da *F. equiseti*, *A. verrucaria* e *P. roridum* sui diversi ortaggi a foglia, confermando quanto hanno evidenziato Gullino *et al.*, (2017) nell'ambito di studi sull'epidemiologia di questi patogeni. In particolare, sono sufficienti 3 ore ad umidità relativa prossima alla saturazione per dare inizio a gravi infezioni da *F. equiseti* su lattuga ed è sufficiente un'ora di alta umidità relativa a 25-30°C per favorire gli attacchi di *F. equiseti* e *A. verrucaria* su rucola selvatica e spinacio (Garibaldi *et al.*, 2017; Gullino *et al.*, 2017).

Numerosi agenti di malattie fogliari possono essere contenuti efficacemente adottando tutte quelle pratiche colturali che riducono l'umidità ambientale (Colhoun, 1973; Alderman *et al.*, 1985; O'Neill *et al.*, 1997; Beckett *et al.*, 2005; Friedrich *et al.*, 2005; Bertetti *et al.*, 2009). In tale contesto, diversi studi sono stati effettuati impiegando come modello *P. belbahrii* agente della peronospora del basilico: è noto ad esempio che il patogeno è favorito da temperature ottimali di 20°C e la sporulazione sui tessuti

dell'ospite si verifica quando le piante infette vengono incubate per almeno 6 ore al buio in atmosfera satura di umidità (Garibaldi *et al.*, 2007). Secondo Cohen *et al.*, (2017) il periodo di latenza più breve è di 5 giorni a 25 °C in presenza di luce continua e alta umidità relativa (RH > 75%). Le prove da noi effettuate hanno evidenziato il positivo effetto della deumidificazione dell'ambiente su *P. belbahrii*, dimostrando l'importanza dell'uso di agrofarmaci o prodotti alternativi in combinazione con scelte tecniche e agronomiche adeguate rivolte soprattutto a ridurre la permanenza di umidità sul fogliame. Nel caso della peronospora del basilico, Cohen *et al.* (2013; 2016) hanno, inoltre, dimostrato il positivo effetto dell'illuminazione notturna del basilico con luce led nello spettro rosso (λ_{max} 625 nm) impiegando 4-10 $\mu\text{molesm}^{-2}\text{s}^{-1}$ dalle 19 alle 7 e l'uso della ventilazione notturna nel ridurre la sporulazione del patogeno, limitandone la diffusione e gravità degli attacchi.

Il modo classico di deumidificare l'aria dell'ambiente serra è la ventilazione combinata alla gestione della temperatura e delle aperture della serra. Questi metodi sono da tempo adottati per contenere diversi patogeni delle colture ortofloricole (Hausbeck e Moorman, 1996; Garibaldi *et al.*, 1997; Friedrich *et al.*, 2005) con limitazioni spesso legate alla difficoltà di ottenere condizioni climatiche uniformi all'interno delle serre (Hausbeck e Moorman, 1996; Campen *et al.*, 2003; Campen, 2006; 2008).

La tecnologia, comunque, offre anche per il settore delle colture protette nuove opportunità di gestione dell'ambiente (Shtienberg *et al.*, 2010; Castilla, 2013). Diversi sistemi di deumidificazione dell'ambiente serra sono stati sviluppati e messi a punto nel tempo (Boulard *et al.*, 1989; Seginer e Kantz, 1989; Paulitz e Bélanger, 2001; Ushio e Takeuchi, 2006) ed è necessario considerare anche la sostenibilità economica di questa tecnologia. In particolare, per il deumidificatore per serre Solarmaker è ipotizzabile un consumo energetico

di 0,02 euro per m²/mese per ogni ora di utilizzo. In ogni caso, l'utilizzo di sensori di temperatura e umidità gestiti da centraline elettroniche, permettendo di impostare le corrette condizioni climatiche per ogni coltura e consentendo l'attivazione dell'impianto di deumidificazione in autonomia in base alle soglie preimpostate. In base alle informazioni riportate in letteratura scientifica e all'esperienza da noi effettuata, è ipotizzabile il mantenimento dell'umidità relativa dell'ambiente compreso tra il 60 e il 70%, per evitare effetti negativi sullo sviluppo delle colture (Armstrong e Kirkby, 1979; Bakker, 1990; 1991). In un contesto di riciclo delle risorse, è importante considerare il possibile recupero dell'acqua estratta dall'ambiente deumidificato (il deumidificatore estrae fino a 4 litri all'ora) per un ipotetico riutilizzo. Inoltre, in prospettiva di una sostenibilità economica ed ambientale, l'impianto di deumidificazione utilizzato è adatto a qualsiasi tipo di serra ed è collegabile a impianti fotovoltaici.

Rigraziamenti

Lavoro svolto con un contributo del progetto Europeo Horizon 2020 "Effective Management of Pests and Harmful Alien Species - Integrated Solutions" (EMPHASIS), No 634179.

Lavori citati

ARMSTRONG M. J., KIRKBY E. A. (1979) - Influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. *Plant Soil*, 52, 427-435.

ALDERMAN W. C., LACY M. I., EVERTS K. L. (1985) - Influence of interruptions of dew period on numbers of lesions produced on onion by *Botrytis squamosa*. *Phytopathology*, 75, 808-11.

BAKKER J. C. (1990) - Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Horticultural Science*, 65, 323-331.

BAKKER J. C. (1991) - Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit and vegetables. *Glasshouse Crops*. Naaldwijk, The Netherlands.

BECKTELL M. C., DAUGHTREY M. L., FRY W. E. (2005) - Temperature and leaf wetness requirements for pathogen establishment, incubation period, and sporulation of *Phytophthora infestans* on *Petunia x hybrida*. *Plant Disease*, 89, 975-979.

BERTETTI D., GILARDI G., GULLINO M. L., GARIBALDI A. (2013) - Metodi alternativi nella lotta ai parassiti delle colture ornamentali. *Protezione delle Colture*, 6 (5), 11-22.

BOULARD T., BAILLE A., LAGIER J., MERMIER M., VANDERSCHMITT E. (1989) - Water vapour transfer in a plastic house equipped with a dehumidification heat pump. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 44, 191-204.

CAMPEN J. B. (2006) - Ventilation of small multispan greenhouse in relation to the window openings calculated with CFD. *Acta Horticulturae*, 718, 351-356.

CAMPEN J. B. (2008) - Vapour removal from the

greenhouse using forced ventilation when applying a thermal screen. *Acta Horticulturae*, 801, 863-868.

CAMPEN J. B., BOT J. B., DEZWIART H. F. (2003) - Dehumidification of Greenhouses at Northern Latitudes. *Biosystems Engineering*, 86, 487-493.

CASTILLA N. (2013) - Greenhouse technology and management. CABI, Wallingford.

CLIFFORD B. C. (1973) - The construction and operation of a dew-simulation chamber. *New Phytologist*, 77, 619-23.

COHEN Y., VAKNIN M., BEN-NAIM Y., RUBIN A. E. (2013) - Light suppresses sporulation and epidemics of *Peronospora belbahrii*. *PLoS ONE*, 8, e81282.

COHEN Y., VAKNIN M., BEN-NAIM Y., RUBIN A. E. (2016) - Nocturnal fanning suppresses downy mildew epidemics in sweet basil. *PLoS ONE*, 11, e0155330.

COHEN Y., VAKNIN M., BEN-NAIM Y., RUBIN A. E. (2017) - Epidemiology of basil downy mildew. *Phytopathology*, 107, 1149-1160.

COLHOUN J. (1973) - Effect of environmental factors on plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, 11, 343-64.

FRIEDRICH S., GEBELEIN D., BOYLE C. (2005) - Control of *Botrytis cinerea* in glasshouse fuchsia by specific climate management. *European Journal of Plant Pathology*, 111, 249-262.

GARIBALDI A., BERTETTI D., GULLINO M. L. (2007) - Effect of leaf wetness duration and temperature on infection of downy mildew (*Peronospora* sp.) of basil. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 114, 6-8.

GARIBALDI A., GILARDI G., BERTA F., GULLINO M. L. (2016 a) - Temperature and leaf wetness affect the severity of leaf spot on lettuce and wild rocket incited by *Fusarium equiseti*. *Phytoparasitica*, 44, 681-687.

GARIBALDI A., GILARDI G., BERTA F., GULLINO M. L. (2017) - Temperature and leaf wetness affect the severity of leaf spot on lettuce and wild rocket incited by *Fusarium equiseti*. *Phytoparasitica*, 44, 681-687.

GARIBALDI A., GILARDI G., GULLINO M. L. (2016 b) - È in continuo aumento la diffusione di nuove malattie nel settore degli ortaggi a foglia in Italia. *Protezione delle Colture*, 9 (1), 4-9.

GARIBALDI A., GULLINO M. L., MINUTO G. (1997) - Diseases of basil and their management *Plant Disease*, 81, 124-132.

GILARDI G., GULLINO M. L., GARIBALDI A. (2018) - Emerging foliar and soil-borne pathogens of leafy vegetable crops: a possible threat to Europe. *EPPD Bulletin*, 48, 116-127.

GRANGE R. K., HAND D. W. (1987) - A review of the effects of atmospheric humidity on growth of horticultural crops. *Journal of Horticultural Science*, 62, 125-134.

GULLINO M. L., GILARDI G., GARIBALDI A. (2017) - Alcuni aspetti epidemiologici di nuove malattie fogliari di orticole da foglia. *Protezione delle Colture*, 10 (2), 19-24.

HAUSBECK M. K., MOORMAN G. W. (1996) - Managing Botrytis in greenhouse-grown flower crops. *Plant Disease*, 80, 1212-1219.

HUBER L., GILLESPIE T. J. (1992) - Modelling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. *Annual Review of Phytopathology*, 30, 553-77.

JARVIS W. R. (1989) - Managing diseases in greenhouse crops. *Plant Disease*, 73, 190-194.

JARVIS W. R., COLEY-SMITH J. R., VERHOEFF K. (1980)

The Biology of Botrytis, Academic Press, London, 219-250.

NEILL T. M., SHTIENBERG D., ELAD Y. (1997) - Effect of some host and microclimate factors on infection of tomato stems by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 81, 36-40.

PAULITZ T. C., BÉLANGER R. R. (2001) - Biological control in greenhouse systems, *Ann. Rev. Phytopath.*, 39, 103-133.

ROYLE D. J., BUTLER D. R. (1986) - Epidemiological significance of liquid water in crop canopies and its role in disease forecasting. In: *Water Fungi and Plants* (Ayres P. G., Boddy L. coord.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 139-56.

SCHEIN R. D. (1964) - Comments on the moisture requirements of fungus germination, *Phytopathology*, 54, 1427.

SEGINER I., KANTZ D. (1989) - Night-time use of dehumidifiers in greenhouses: an analysis. *Journal of*

Agricultural Engineering Research, 44, 141-158

SHTIENBERG D., ELAD Y., BORNSTEIN M., ZIV G., GRAVA A., COHEN S. (2010) - Polyethylene mulch modifies greenhouse microclimate and reduces infection of *Phytophthora infestans* in tomato and *Pseudoperonospora cubensis* in cucumber. *Phytopathology*, 100, 97-104.

SIRRY A. R. (1957) - The effect of relative humidity on the germination of *Botrytis* spores and on the severity of *Botrytis cinerea* Pers. on lettuce. *Annals of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, University of Ain Shams, Cairo*, 2, 247-250.

STANGHELLINI C. (1987) - Transpiration of greenhouse crops: an aid to climate management. PhD Thesis, Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.

USHIO S., TAKEUCHI T. (2006) - Decrease in downy mildew occurrence on cucumber of forcing culture using a heating control unit with a dew condensation sensor. *Annual Report of the Kanto-Tosan Plant Protection Society*, 53, 51-54.