

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.p.A. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

• PRIMI RISULTATI DEI PROGETTI DI RICERCA «FOTOVOLTAICO» E «FLORENER»

Fotovoltaico sui tetti delle serre per produrre anche energia

Ricoprire le falde del tetto di una serra con pannelli fotovoltaici non compromette la produttività delle colture in ambiente protetto e permette di rendere energeticamente indipendente la struttura. Il grande surplus di elettricità prodotto è poi disponibile per essere immesso in rete

di G. Minuto, C. Bruzzone,
F. Tinivella, G. Delfino,
A. Minuto

Nella riviera ligure di Ponente, così come nelle altre zone dove il florovivaismo italiano realizza le proprie produzioni di eccellenza, l'uso dell'energia elettrica e termica è uno dei fattori critici di maggiore importanza e peso economico per le imprese. Malgrado infatti le favorevoli condizioni climatiche, molte colture richiedono l'intervento del riscaldamento di soccorso nei mesi centrali dell'inverno, con consumi di energia che negli ultimi anni, complici i costi crescenti, sono diventati sempre più rilevanti.

Allo stesso modo, gli impianti che pre-

siedono al controllo e alla gestione della climatizzazione, nonché gli impianti irrigui, di movimentazione dei bancali e delle aperture di ventilazione consumano importanti quantità di energia elettrica. Se a ciò si aggiungono anche le aree (magazzini, celle frigorifere, centri di confezionamento, ecc.) dedicate alle gestioni delle produzioni nel post-raccolta, l'insieme dei consumi energetici delle imprese florovivaistiche appare non trascurabile. Sulla base di queste considerazioni, sono numerosi gli esempi di approccio scientifico e tecnico finalizzati alla ricerca di soluzioni impiantistiche e tecniche per il contenimento dei consumi energetici, da un lato, e per la produzione di energia, dall'altro (Shahbazi, 1992; Stanhill, 1992).

La possibilità di installare un impianta-

PERCHÉ INSTALLARE FOTOVOLTAICO SUL TETTO DI UNA SERRA

1. Le serre necessitano di schermare la radiazione luminosa
2. L'esposizione delle serre è a favore dell'irraggiamento solare diretto
3. Si sfrutta al massimo il poco spazio a disposizione

to fotovoltaico integrato nel tetto delle serre parte dal presupposto che proprio le serre dedicate al florovivaismo necessitano dell'apposizione di schermi finalizzati a limitare l'intensità luminosa durante molti mesi dell'anno. In aggiunta, l'esposizione delle strutture di protezione, spesso coerente con la giacitura dei pendii dove sono realizzate, è generalmente a favore dell'irraggiamento solare diretto.

Da ultimo, l'elevato valore di mercato delle superfici agricole dedicate al florovivaismo ha da sempre imposto il massimo sfruttamento delle stesse, lasciando pochi spazi liberi da dedicare ad altri usi.

Tale somma di fattori fa sì che le strutture di protezione siano quasi naturalmente

Foto 1 - Coltivazione di basilico nella serra fotovoltaica

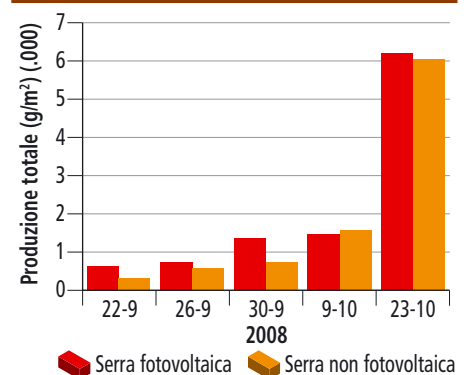


GRAFICO 1 - Effetto della copertura, fotovoltaica e non, sulla produzione di basilico cv Genovese (*)

La presenza o meno della copertura fotovoltaica non comporta differenze produttive di basilico.

Materiali e metodi

Sul mercato non esistono ancora applicazioni impiantistiche collaudate in grado di combinare impianti fotovoltaici direttamente installati sulle coperture delle serre con le produzioni vivaistiche che avvengono sotto di esse. Per tale ragione è stato sviluppato un modello innovativo di impianto fotovoltaico apposta per la sperimentazione. Sono state utilizzate due serre in ferro e vetro del tipo a campata larga del Centro regionale di sperimentazione e assistenza agricola (una serra «fotovoltaica» e una serra non fotovoltaica) di identica forma, dimensione ed esposizione astronomica di 9,20 m di larghezza, 24 m di lunghezza, 3,50 m di altezza alla gronda e inclinazione delle falde pari a 30°. Le caratteristiche dei pannelli fotovoltaici sono riassunti in *tabella A*.

Il progetto e la selezione del materiale per l'impianto è stato realizzato dal Centro regionale di sperimentazione e assistenza agricola, in collaborazione con la ditta Würth Solergy, proprietaria del prodotto fotovoltaico, e con l'impresa di Azili Gio-

TABELLA A - Pannello fotovoltaico CIS Würth Solergy standard con 100% di copertura fotovoltaica

Dati del costruttore	Pannello CIS 75 Wp mod. Würth Solergy WS31100
Dimensioni pannello (mm)	1.200 lunghezza × 600 larghezza × 7 spessore
Tensione a potenza massima (V)	35,5
Tensione a vuoto (V)	44,5
Corrente a potenza massima (A)	2,1
Corrente di cortocircuito (V)	2,4
Garanzia sulla potenza	20 anni-80%
Temperatura ammessa per il modulo (°C)	-40-85
Coefficiente di temperatura del rendimento (%/°C)	-0,36
Peso (kg)	12,8

Fonte: Würth Solergy.

vanni. Il montaggio e le soluzioni specifiche sono state realizzate dal costruttore di serre Errebi Serre di Marco Bregoli. Infine, l'adeguamento dell'impianto per l'allaccio alla rete elettrica nazionale (scambio sul posto) è stato realizzato dallo studio napoletano.

L'installazione è stata realizzata sulle parti fisse delle due falde della serra posta a 44°03'59" N e 8°12'44" E e orientate la prima a Est-Sud-Est (E-SE) e la seconda a Ovest-Nord-Ovest (O-NO). Sono state sostituite metà delle lastre di vetro della copertura (vetri giardiniera di 4 mm di spessore 60 × 150 cm) con i pannelli fotovoltaici sopra descritti (60 × 120 cm) (*foto A*). Complessivamente sono stati installati 108 pannelli, per un totale di 48,6 m² di superficie fotovoltaica e una produzione di 4,1 KWp. Inoltre, vista la presenza presso le strutture del Cersaa di un impianto di produzione di energia fotovoltaica realizzato con silicio monocristallino caratterizzato da uno sviluppo superficiale di 83 m² (esposizione sud-sudest e inclinazione pannelli di 30°), i dati di produzione della serra fotovoltaica sono stati confrontati con quelli di tale sistema di produzione di energia.

Gli effetti sulle colture sono stati misurati simulando in successione la coltivazione di specie orticole (*Ocimum basilicum*, *Lycopersicon esculentum*, *Cucurbita pepo* subsp. *pepo*, *Eruca sativa*, *Borago officinalis*) e ornamentali in vaso (*Epipremnum pinnatum* sin. *Scindapsus aureus*, *Ficus benjamin*, *Fatsia japonica*, *Chamadorea elegans*). •



Foto A - Fase finale dell'installazione dell'impianto fotovoltaico di tipo CIS sulle falde della serra

adatte e sfruttabili per l'installazione di impianti per la captazione dell'energia solare. Il vincolo più importante per questo tipo di realizzazione impiantistica riguarda la possibilità di continuare a produrre al di sotto degli impianti fotovoltaici senza che le colture siano danneggiate dalla riduzione dell'intensità luminosa.

In questo modo è possibile un aumento della redditività per le imprese agricole, favorendo anche la diversificazione produttiva a vantaggio delle regole della condizionalità come già veri-

ficato per altri settori produttivi (Celik *et al.*, 2009). A partire dal 2007 due importanti progetti di ricerca e di sperimentazione sono stati promossi a livello nazionale e regionale per la ricerca di soluzioni al problema dell'approvvigionamento e dell'efficienza energetica nelle produzioni florovivaistiche italiane: «Fotovoltaico», finanziato dalla Regione Liguria (ente strumentale: Istituto regionale per la floricoltura) e «Florenner», finanziato dal Mipaaf. Il progetto è stato anche cofinanziato dalla Camera

di commercio industria, artigianato e agricoltura di Savona.

Questa nota descrive brevemente i risultati preliminari raggiunti dai due progetti relativi, rispettivamente, alla possibile installazione e al rendimento di un impianto fotovoltaico semitrasparente integrato nel tetto di una serra e alla valutazione degli effetti dell'ombreggiamento su alcune coltivazioni ortofloricole della copertura fotovoltaica in confronto con quella vetrata convenzionale.

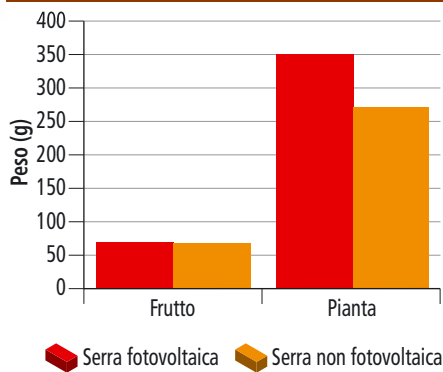


GRAFICO 2 - Effetto della copertura, fotovoltaica e non, sulla produzione di frutti di zucchini cv Althea

La copertura fotovoltaica non ha influenzato la produzione di frutti di zucchini né dal punto di vista del peso delle piante e dei frutti, né dal punto di vista del numero dei frutti per pianta.

Effetti sulle colture della copertura fotovoltaica

Basilico. Su basilico, seminato il 4-9-2008 con una densità di semina di 4 g/m², il confronto tra la coltivazione nella serra dotata della copertura fotovoltaica rispetto a quella eseguita nella serra non fotovoltaica non ha evidenziato differenze significative dal punto di vista della produzione di biomassa (foto 1, grafico 1). Similmente, un attacco di peronospora manifestatosi in maniera naturale e contemporanea nelle due serre non è risultato differente dal punto di vista della incidenza dell'infezione, valutata separatamente nei due ambienti (dati non riportati).

Zucchini. Su zucchini cultivar Althea, trapiantato il 4-9-2008, con una densità di 1 pianta/m², lo sviluppo dell'apparato fogliare è apparso nettamente e statisticamente superiore per le piante allevate all'interno della serra fotovoltaica. Questo fatto sembra indicare un effetto della copertura che, sulle piante allevate nella serra fotovoltaica, ha indotto un maggiore sviluppo della superficie fogliare certamente favorito dalla minore luminosità.

Peraltro tale effetto, potenzialmente dannoso per gli esiti produttivi della coltura, non ha, invece, influenzato in modo statisticamente significativo né la fioritura, né la conseguente produzione di frutti (grafici 2 e 3), né, ancora, la produzione complessiva di biomassa della pianta.

Pomodoro. Su pomodoro cultivar Cuore di Bue, messo a dimora il 10-9-2008, con una densità di coltivazione di 2 piante/m², la presenza della copertura fotovol-

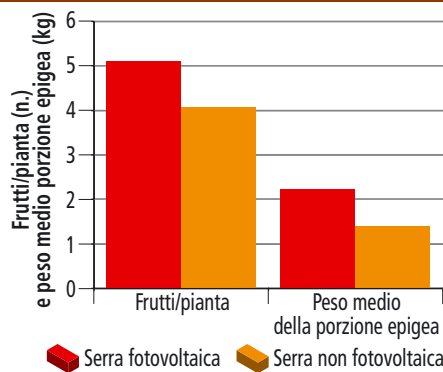


GRAFICO 3 - Effetto della copertura, fotovoltaica e non, sulla produzione di frutti e sul peso medio delle piante di zucchini cv Althea

taica non sembra aver interferito né sullo sviluppo in altezza delle piante né sulla produzione complessivamente raccolta, almeno dal punto di vista quantitativo.

Differenze significative, invece, sono state osservate relativamente alla pezzatura, significativamente superiore nella serra non fotovoltaica (grafico 4).

Un risultato interessante, e peraltro atteso anche sulla base delle informazioni disponibili in letteratura (Jacob *et al.*, 2008), è quello che è stato raccolto valutando l'esito di un attacco naturale di mal bianco (*Oidium neolycopersici*) verificatosi in entrambe le serre di coltivazione nello stesso momento (grafico 5). L'attacco del patogeno sul fogliame, e particolarmente a carico delle foglie basali, è apparso significativamente più intenso nella serra fotovoltaica rispetto a quella di controllo.

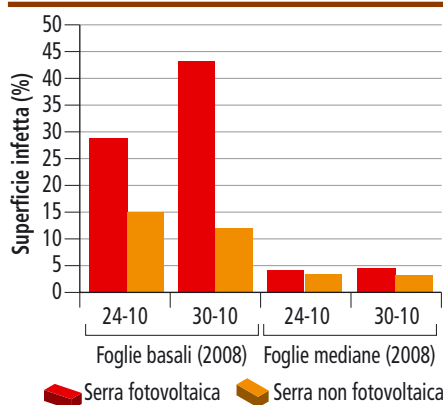


GRAFICO 5 - Effetto della copertura fotovoltaica e non sulla superficie infetta da *Oidium neolycopersici* di pomodoro cv Cuore di Bue

L'oidio ha colpito in maniera più intensa le foglie basali sotto la serra fotovoltaica.

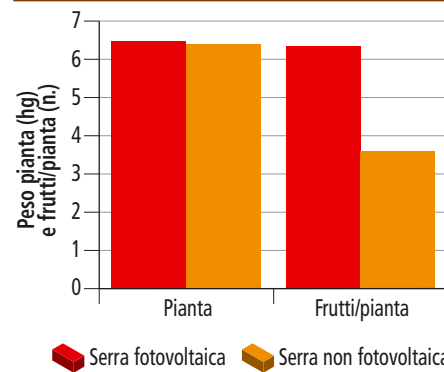


GRAFICO 4 - Effetto della copertura, fotovoltaica e non, sulla produzione di pomodoro cv Cuore di Bue

La copertura fotovoltaica non ha influito sull'altezza delle piante di pomodoro, ma ha causato la produzione di bacche di pezzatura inferiore a quelle cresciute sotto la serra senza copertura fotovoltaica.

La produzione di energia

I primi risultati raccolti dai sistemi di rilevamento delle produzioni collegati ai due impianti, quello CIS utilizzato per la copertura della serra e quello a silicio monocristallino installato a terra, hanno messo in evidenza numerosi e importanti aspetti.

Primo fra tutti, e in grado di influenzare significativamente i risultati in termini di produzione di energia, è l'esposizione dell'impianto CIS (mista Est-Sud-Est e Ovest-Nord-Ovest) rispetto a quello dell'impianto a silicio monocristallino (Sud-Sud-Est). Nel primo caso l'esposizione è buona prevalentemente al mattino solo sulla porzione di vetri fotovoltaici esposti a Est-Sud-Est, mentre diventa favorevole solo nella seconda metà del giorno per quella parte di impianto esposta a ovest-nordovest.

Ne consegue che non è mai possibile avere l'intero impianto nelle condizioni ottimali di esposizione, nemmeno con il sole allo Zenit. È questa la conseguenza più vistosa della differenza di produzione per metro quadrato quando si procede all'integrazione di un impianto fotovoltaico su un tetto a capanna (grafico 6) rispetto a una scelta di installazione, integrata o non integrata, esclusivamente nelle condizioni di esposizione e di inclinazione ideali per le latitudini a cui viene installato l'impianto. Peraltro, malgrado il condizionamento produttivo causato dalla non perfetta scelta dell'esposizione, vincolata dall'orientamento dell'asse maggiore della serra e dall'inclinazione delle falde del tetto, nei primi mesi di funzionamento il rendimento dell'im-

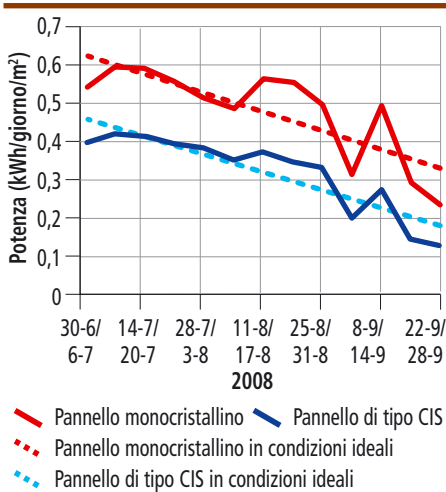


GRAFICO 6 - Produzione di energia dei due impianti tra luglio e settembre 2008

pianto CIS, calcolato come percentuale di energia prodotta rispetto a quella teoricamente ottenuta in condizioni ideali, è apparso interessante (grafico 7). A ciò si aggiunga anche la possibilità produttiva degli apprestamenti protetti che non è parsa significativamente limitata. Si tratterà, con il prosieguo delle attività sperimentali, di verificare su almeno un anno di produzione le rese e le produzioni nelle diverse stagioni e condizioni climatiche. Nel caso della serra fotovoltaica, inoltre, sono stati registrati i consumi di energia strettamente legati all'ambiente in cui è stato installato l'impianto fotovoltaico CIS e sono stati confrontati con la quantità di energia prodotta in totale dall'impianto. Da tale confronto (grafico 8) risulta evidente che una serra attrezzata con un impianto CIS come quello installato presso il Cersaa e che richiede energia elettrica per mettere in funzione le aperture di ventilazione, l'impianto di ombreggiamento e di termoconvezione (energia assorbita solo dalle ventole) e quello di irrigazione, consuma molto meno di quanto è in grado di produrre. Ne consegue che l'energia prodotta e non consumata può essere commercializzata, o destinata ad altri usi aziendali, con un notevole risparmio di energia, come peraltro già osservato in contesti urbani sempre con tecnologie similari (Danny *et al.*, 2009).

Le produzioni delle orticole non calano

Dal punto di vista delle produzioni delle specie da orto, i primi risultati mettono in evidenza come non siano apparsi problemi di riduzione delle produzioni

in coltura nella serra fotovoltaica, anche se sembra di poter intravedere una certa modificazione qualitativa delle produzioni, almeno su pomodoro, dove una maggiore produzione in termini di numero di frutti è stata controbilanciata da una minore pezzatura degli stessi.

La riduzione, peraltro molto contenuta visti i risultati produttivi, della luce presente all'interno della serra fotovoltaica sembra essere confermata dall'aumento della dimensione delle foglie di zucchino, mentre nessuna differenza sembra essere visibile a carico del basilico.

Al contrario, la coltivazione in un ambiente almeno parzialmente ombreggiato sembra aver incrementato le infezioni di mal bianco su pomodoro.

Buoni risultati energetici in serre a duplice attitudine

Dal punto di vista della produzione di energia elettrica, il fattore che maggiormente ha causato una perdita di produzione e di efficienza produttiva è stata l'esposizione della serra e, di conseguenza, l'orientamento dell'impianto nel suo complesso. Volutamente si è deciso di installare l'impianto in una serra che potesse rappresentare la condizione media di un'azienda che, disponendo di una struttura orientata secondo obblighi diversi da quelli della captazione della radiazione solare (disposizione della particella catastale, obblighi di confine con strade o canali, ecc.), avesse intenzione di trasformarla in una struttura «a duplice attitudine». Il risultato, benché preliminare, sembra positivo, avendo prodotto importanti quantitativi di energia utilizzati sia a livello aziendale, sia anche destinati alla commercializzazione.

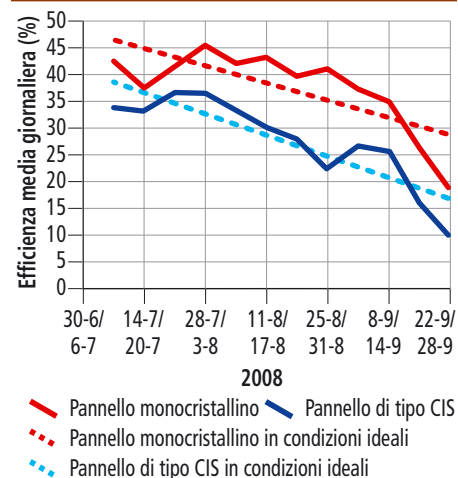


GRAFICO 7 - Rendimento dei due impianti tra luglio e settembre 2008

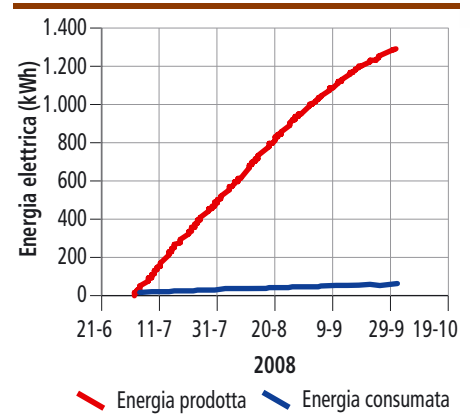


GRAFICO 8 - Andamento di produzioni e consumi di energia elettrica della serra fotovoltaica tra luglio e settembre 2008

Con il completamento delle attività sperimentali sarà possibile redigere un bilancio tecnico-economico per il momento impossibile. Certamente sul giudizio finale peseranno diversi fattori, tra cui il costo dell'impianto e il suo tempo di ammortamento e l'orientamento dei pannelli, ma, a differenza di altri casi, sarà necessario tenere conto anche della produttività della superficie su cui insiste l'impianto, ovvero una serra per florovivaismo in grado di porre sul mercato produzioni agricole caratterizzate anche da una certa redditività.

Questo lavoro sperimentale va, pertanto, nella direzione della verifica dell'efficienza di soluzioni impiantistiche e di materiali innovativi per la produzione di energia, ma anche nella direzione di una sempre crescente dimensione multifunzionale dell'impresa agricola. ●

**Giovanni Minuto, Cinzia Bruzzone
Federico Tinivella, Gianvittorio Delfino
Andrea Minuto**

Cersaa - Centro regionale di sperimentazione e assistenza agricola
Azienda speciale della Cciaa di Savona
Albenga (Savona)
giovanni.minuto@sv.camcom.it

L'impianto fotovoltaico è visitabile contattando il Cersaa: tel. 0182.554949, fax 0182.554949, cersaa.direzione@sv.camcom.it
www.sv.camcom.it

Lavoro parzialmente svolto con un contributo della Regione Liguria e dell'Istituto regionale per la floricoltura di Sanremo (Progetto «Fotovoltaico»), del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali (Progetto «Florenor», coordinatore scientifico Carlo Bisaglia) e della Cciaa di Savona. Gli autori ringraziano la ditta Errebi Serre di Marco Bregoli, la ditta Würth Solergy e Giovanni Azili.

Per consultare la bibliografia e gli approfondimenti:
www.informatoreagrario.it/rdLia/09ia10_4124_web

Fotovoltaico sui tetti delle serre per produrre anche energia

BIBLIOGRAFIA

- Celik A.N., Muneer T., Clarke P. (2009) - *A review of installed solar photovoltaic and thermal collector capacities in relation to solar potential for the EU-15*. Renewable Energy, 34: 849-856.
- Danny H.W. Li, Tony N.T. Lam, Wilco W.H.C., Mak A.H.L. (2009) - *Energy and cost analysis of semi-transparent photovoltaic in office buildings*. Applied Energy, 86: 722-729.
- Jacob D., Rav David D., Sztjenberg A., Elad Y. (2008) - *Conditions for development of powdery mildew of tomato caused by Oidium neolycopersici*. Phytopathology, 98: 270-281.
- Shahbazi A. (1992) - *The impact of energy shortages on the timeliness of agricultural operations*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 38: 167-178
- Stanhill G. (1992) - *Solar energy in agriculture*. B.F. Parker (Editor), Energy in world agriculture, 4, Elsevier, Amsterdam, 1991. Agriculture, Ecosystems & Environment, 38: 352-353.

Materiali e metodi

Sul mercato non esistono ancora applicazioni impiantistiche collaudate in grado di combinare impianti fotovoltaici direttamente installati sulle coperture delle serre con le produzioni vivaistiche che avvengono sotto di esse. Per tale ragione è stato sviluppato, con la collaborazione di un'importante azienda europea, un modello innovativo di impianto fotovoltaico, realizzato attraverso una progettazione originale e l'impiego di materiali per edilizia opportunamente modificati e adattati alle particolari condizioni d'uso. Sono state utilizzate due serre in ferro e vetro del tipo a campata larga del Centro regionale di sperimentazione e assistenza agricola (Cersaa) (una serra «fotovoltaica» e una serra «controllo») di identica forma, dimensione ed esposizione astronomica, di 9,20 m di larghezza, 24 m di lunghezza, 3,50 m di altezza alla gronda e inclinazione delle falde pari a 30°. Il materiale fotoattivo utilizzato è il diseleniuro di rame e indio (CIS), un nuovo tipo di materiale amorfo che può essere agevolmente disteso anche su una lastra di vetro. Per il progetto questo materiale è stato distribuito solo sul 50% della superficie della lastra e coperto a sandwich con una seconda lastra di vetro, per uno spessore complessivo di 7 mm.

Il progetto e la selezione del materiale per l'impianto è stato realizzato dal Centro regionale di sperimentazione e assistenza agricola, in collaborazione con la ditta Würth Solergy, proprietaria del prodotto fotovoltaico, e con l'impresa di Azili Giovanni. Il montaggio e le soluzioni specifiche sono state realizzate dal costruttore di

serre Errebi Serre di Marco Bregoli. Infine, l'adeguamento dell'impianto per l'allaccio alla rete elettrica nazionale (scambio sul posto) è stato realizzato dallo studio Na-poletano.

L'installazione è stata realizzata sulle parti fisse delle due falde della serra posta a 44°03'59" N e 8°12'44" E e orientate la prima a Est-Sud-Est (E-SE) e la seconda a Ovest-Nord-Ovest (O-NO). Sono state sostituite metà delle lastre di vetro della copertura (vetri giardiniera di 4 mm di spessore, 60 × 150 cm) con i pannelli fotovoltaici sopra descritti (60 × 120 cm). Complessivamente sono stati installati 108 pannelli, per un totale di 48,6 m² di superficie fotovoltaica e una produzione di 4,1 KWp. I dati istantanei e cumulati della produzione di energia sono stati rilevati a partire dal 29-5-2008 con l'ausilio dei data logger delle due unità inverter Solar Star A2000 (IT) fornite da Würth; i dati di luminosità interna delle due serre sono stati rilevati con il misuratore fotoradiometro mod. HD 2102.2 della Delta Hom, collegato a sonde fotometriche e radiometriche con modulo Sicram in grado di misurare illuminamento (lux), luminanza (cd/m²), PAR (μmol/m²s), irradiazione (RAD, UVA, UVB, UVC, W/m²). La gestione climatica delle due serre è stata impostata e gestita in maniera identica dal sistema computerizzato MCX (Agricontrol di Albenga).

In aggiunta, vista la presenza presso le strutture del Cersaa di un impianto di produzione di energia fotovoltaica realizzato con silicio monocristallino caratterizzato da uno sviluppo superficiale di 83 m² (esposizione sud-sudest e inclina-

zione pannelli di 30°), i dati di produzione della serra fotovoltaica sono stati confrontati con quelli di tale sistema di produzione di energia.

Gli effetti sulle colture sono stati misurati simulando in successione la coltivazione di specie orticole (*Ocimum basilicum*, *Lycopersicon esculentum*, *Cucurbita pepo* subsp. *pepo*, *Eruca sativa*, *Borago officinalis*) e ornamentali in vaso (*Epipremnum pinnatum* sin. *Scindapsus aureus*, *Ficus benjamin*, *Fatsia japonica*, *Chamadorea elegans*). Le colture orticole sono state allevate simulando una coltivazione convenzionale effettuata a terra, operando su bancali sovrapposti dove era stato disposto un substrato organominerale adatto alla coltivazione di specie orticole. La coltivazione delle specie ornamentali è stata eseguita in vaso acquistando giovani piante presso l'azienda agricola Pastor Gianni di Albenga (Savona) ed eseguendo la coltivazione secondo le tecniche di allevamento ordinarie per queste specie.

I dati raccolti nei due ambienti posti a confronto sono stati analizzati mediante applicazione del test t di Student, accettando una probabilità di errore del 5% e ipotizzando una distribuzione normale dei dati raccolti.

I dati relativi alla produzione di energia sono stati analizzati e posti in relazione al periodo di rilevamento, ipotizzando una relazione di regressione lineare tra produzione di energia e periodo di produzione. Le valutazioni sopra effettuate sono state realizzate mediante l'impiego del programma di analisi statistica SPSS per Windows versione 13.0. ●