

Le coltivazioni in serra: materiali di copertura e microclima

Corinna Viola¹, Amanda Campodonico², Matteo Scoccianti³, Alessandro Campiotti³

1. Agriplast spa - 2. Università di Palermo - 3. CSA sas

Introduzione

La gestione ottimale delle produzioni vegetali in ambiente protetto è fortemente dipendente sia dai fattori climatici interni (temperatura e umidità relativa dell'aria all'interno dell'ambiente confinato, ventilazione, radiazione solare e illuminazione, sanità vegetale) sia dalle interazioni tra i diversi fattori in rapporto alle condizioni climatiche esterne (temperatura e umidità relativa dell'aria esterna, radiazione solare, direzione intensità del vento) e alle necessità colturali e fisiologiche delle piante nei vari stadi del loro sviluppo. Le materie plastiche si sono affermate nel settore delle colture protette, della pacciamatura, dell'irrigazione, della conservazione dell'acqua, del drenaggio, della difesa attiva delle colture e degli imballaggi per la raccolta, il trasporto, la conservazione e la presentazione dei prodotti agricoli. Dei circa 4.000.000 t a cui ammontano i consumi di materie plastiche in Italia, 255.000 t, con un rapporto pari al 6%, sono utilizzate in agricoltura. L'80% circa di queste è costituito da poliolefine (polietilene e polipropilene) e, in quest'ambito, il 60% è rappresentato da film plastici in LDPE impiegati per la copertura degli apprestamenti delle colture protette e per la pacciamatura. In questo contesto, per la filiera delle serre è ormai indispensabile coniugare sia le richieste del mercato per una produzione de-stagionalizzata con caratteristiche qualitative adeguate ai gusti e agli stili di vita dei consumatori sia il risparmio di energia fossile con l'impiego di tecnologie energetiche rinnovabili se consideriamo che su una superficie di serre presenti in Italia di non meno di 30 ettari almeno 6000 ettari risultano climatizzati (Tab. 1) con forti consumi di energia tradizionale.

Paese	Serre ^a (ha)	Riscaldamento ^b (TEP)	Elettricità ^c (TEP)
Italia	6000	706786	24830

a. serre in plastica e serre in vetro; b. consumo di energia annuale;
c. consumo annuale di energia elettrica (ventilazione, aperture, pompaggio, servizi);
Conversione: 0.0860 TEP/MWht ; 0.201 TEP/MWhe ; 1 tep = 2.81 t di CO₂ emissioni.
Carlo Alberto Campiotti. ENEA UTEE-Servizio Agricoltura. 2013.

Tabella 1 - Principali paesi in cui si sono diffuse le serre.

Sotto l'aspetto tecnologico le serre (tab. 2) si possono dividere in tre categorie:

Serre a bassa tecnologia (LTG). LTG hanno struttura molto semplice, copertura di plastica, scarso o nessun controllo climatico interno, molto spesso privi del sistema di riscaldamento. Le produzioni vegetali sono ottenute con tecniche colturali simili a quelle utilizzate nel pieno campo.

Serre a media tecnologia (MTG). MTG utilizzano struttura in metallo e materiale di copertura in plastica (spesso, rigida) o vetro. Il controllo climatico è presente. Nelle MTG spesso si utilizza come sistema di coltivazione la coltura fuori suolo e in questo tipo di serre. MTG sono generalmente impiegate per produrre ortaggi fuori stagione, fiori recisi e piante ornamentali da interno.

Serre ad alta tecnologia (HTG). HTG sono generalmente costruite con struttura in ferro zincato e vetro come materiale di copertura. HTG hanno sistemi di controllo e impianti di riscaldamento sia dell'aria che del substrato, ventilazione forzata, raffreddamento (cooling o fog system), controllo dell'umidità relativa, condizionamento della luce (ombreggiamento, illuminazione supplementare), concimazione carbonica. In

HTG risulta massimizzata l'efficienza di uso della superficie e della manodopera. HTG sono utilizzate per piante ornamentali da interno in regioni con clima freddo.

Paese	Serre in plastica e tunnel in plastica (a)	Serre in vetro (b)	Totale serre e tunnels (a+b)	Piccoli tunnels	Totale area protetta	Colture fuori suolo (c)	% rispetto alla superfici protetta di serra c/(a+b)
Paesi del bacino del Mediterraneo							
Algeria	5.000	5	5.005	800	5.805		
Tunisia	1.307	14	1.321	11.000	12.321	30	2,3
Egitto	1.350		1.350	50.000	51.350	10	0,7
Marocco	10.000	550	10.550		10.550		
Israele	5.200	1.500	6.700	15.000	21.700	1.200	17,9
Turchia	14.000	10.800	24.800	1.500	26.300		
Cipro	235		235	300	535		
Spagna	51.000	4.800	55.800	17.500	73.300	4.000	7,2
Italia	6.1900	5.800	67.700	24.000	91.700	700	1,0
Francia	9.200	2.300	11.500	16.000	27.500	1.000	8,7
Grecia	3.000	2.000	5.000	4.500	9.500	300	6,0
Totale	162.192	27.769	189.961	140.600	330.561	7.240	3,8
Paesi nord-Europei							
Belgio	350	2.400	2.750	200	2.950	1.010	36,7
Olanda	400	6.000	6.400		6.400	4.000	62,5
Gran	2.500	1.860	4.360	1.400	5.760	600	13,8
Danimarca	20	100	120		120		
Finlandia	200	280	480		480		
Totale	3.470	10.640	14.110	1.600	15.710	5.610	39,7
Paesi asiatici							
Cina	1.249.000		1.249.000	714.000	1.963.000	814	
Corea	2.200		2.200		2.200		
Giappone	51.042	2.476	53.518	47.000	100.518	1.500	2,8
Totale	1.302.242	2.476	1.304.718	761.000	2.065.718	2.314	0,2
Americhe							
Usa	9.250	1.000	10.250	15.000	25.250	250	2,4
Canada	600	350	950		950	300	31,6
Mexico		1.200	1.200	4.200	5.400	50	4,2
Colombia		4.500	4.500		4.500		
Equador		2.700	2.700		2.700		
Totale	9.850	9.750	19.600	19.200	38.800	600	3,1
Totale			1.551.050	996.000	882.683	20.000	2,9

Tabella 2 - Principali paesi in cui si sono diffuse le colture protette e quelle fuori suolo.

Materiali plastici per le serre

Rappresentano un elemento fondamentale delle serre, condizionando il tipo di struttura, la forma e la dimensione della serra. Dalle loro caratteristiche fisiche, meccaniche ed ottiche dipendono in gran parte le condizioni climatiche che vengono a stabilirsi all'interno in quanto influenza sia la quantità e sia la qualità della radiazione solare che penetra all'interno del sistema serra. Le coperture infatti oltre alla protezione meccanica da eventi meteorici determinano variazioni di luminosità, temperatura, umidità e concentrazione di anidride carbonica, attraverso le azioni di assorbimento e riflessione delle radiazioni luminose e di isolamento dell'ambiente esterno. Sarà pertanto opportuno considerare singolarmente le caratteristiche dei materiali impiegati le modalità di fissaggio del materiale di copertura alle struttura di sostegno, importanti in rapporto alla stabilità ed all'ermeticità della serra.

Quelle che interessano ai fini della scelta dei materiali di copertura sono la riflessione, la diffusione e la trasmissione delle radiazioni emesse dal sole, dalle piante, dal terreno e da altri corpi esistenti all'interno della serra. Quando le radiazioni solari investono un materiale trasparente esse sono in parte assorbite, in parte riflesse, in parte trasmesse e, quindi, la somma di queste tre componenti è uguale al flusso incidente. La prevalenza dell'uno e dell'altro di questi tre fenomeni, per un dato materiale, dipende dalla lunghezza d'onda delle radiazioni che lo investono. L'assorbimento determina il riscaldamento del materiale di copertura che emetterà a sua volta delle radiazioni, ma di lunghezza d'onda diversa che in parte saranno dirette all'interno ed in parte all'esterno della serra stessa. Nei vetri speciali, trattati con ossidi metallici, si ha un maggiore assorbimento della radiazioni infrarosse e quindi una temperatura del materiale più elevata durante la notte rispetto ai vetri normali, questo effetto riduce il fenomeno della condensa sulla superficie interna e la formazione di brina all'esterno. Il materiale di copertura di una serra, quale che sia l'indirizzo produttivo adottato, è chiamato a svolgere varie funzioni:

- la protezione meccanica delle piante da eventi meteorici avversi quali pioggia, neve, grandine, gelate, vento;
- la massima permeabilità al passaggio della radiazione visibile in termini quantitativi (minima riflettanza) e qualitativi (nulla o ridotta modificazione dello spettro di emissione della luce solare);
- la creazione dell'effetto serra, ovvero la trasparenza verso l'infrarosso "corto" della radiazione solare ed impermeabilità alle radiazioni infrarosse "lunghe" riemesse dal terreno e dalle piante.

I materiali plastici utilizzabili per le coperture di coltivazioni orticole e floricole si dividono in 3 gruppi:

- a) film plastici flessibili;
- b) laminati semirigidi o ondulati;
- c) lastre rigide e lastre rigide alveolari. Le lastre, generalmente realizzate in PVC, PRFV (poliestere rinforzato fibra vetro), PC (policarbonato), PMMA (polimetilmetacrilato), possono presentarsi in forma piana, ondulata e alveolare.

Gli apprestamenti protetti impiegati in agricoltura (serre, tunnel, costruzioni per reti antigrandine, ecc.) sono soggetti a vincoli di tipo paesaggistico. Tali coperture, infatti, presentano un forte impatto ambientale di tipo visivo, che può essere di elevato nocimento per zone di interesse turistico, ambientale e naturalistico. In numerosi casi infatti la costituzione di nuove aree protette da vincoli paesaggistici si è scontrata con realtà agricole che trovano la remunerazione dei propri fattori produttivi proprio grazie all'impiego di strutture di forzatura e/o protezione delle colture. Una possibile soluzione a questo tipo di

problematiche potrebbe essere la sostituzione degli attuali film di colore bianco/trasparente, che, essendo molto riflettenti, sono visibili a notevole distanza, con prodotti di colore ad impatto ambientale visivo minore (neri, verdi, blu, gialli, ecc.). La tabella seguente (tab. 3) considera i diversi materiali impiegati nella copertura serricola (la trasmissione della luce diffusa si riferisce a condizioni di cielo coperto e la differenza a 100 delle percentuali di trasmissione e riflessione rappresenta la % di assorbimento del materiale).

Materiali	Spessore mm	R. visibile (0,38-0,76)			R. solare totale (0,38-2,5)			R. infrarossa (2,5-35)	
		Luce diretta		Luce diffusa	Luce diretta		Luce diffusa		
		T	R	T	T	R	T	R	
Film plastici									
Polietilene (P.E.)	0,10	91	8	90	91	8	89	79	2
P.E. lunga durata	0,10	89	10	86	88	9	82	76	4
Cloruro di polivinile	0,10	92	7	91	91	7	89	6	32
Etilvinilacetato (EVA)	0,10	92	8	76	91	7	75	39	3
Lastre rigide									
Vetro lucido	3,4	91	8	91	89	8	88	1	12
Polimetacrilato (alveolare)	8,0	87	13	70	82	12	63	1	7
Policarbonato (alveolare)	6,0	78	17	62	77	16	59	3	9
Poliestere (ondulato) (a)	1,3	75-81		-	73-78		-	4	-
PVC (ondulato) (a)	1,1	79			75		-	5	
Polimetacrilato (ondulato) (a)	2,2	90		-	86		-	1	-

Tabella 3 – trasmissione (T) e riflessione (R) percentuali delle diverse radiazioni (diretta e diffusa) in materiali impiegati nella copertura delle serre.

Sulla base dello spettro della radiazione solare (Solar radiation spectrum), i materiali di copertura meglio rispondenti alle esigenze della coltura protetta in termini di “effetto serra” (Greenhouse effect) sono quelli permeabili alle radiazioni dell’ IR corto provenienti dal sole e impermeabili all’ IR lungo rilasciato dal terreno e dalle strutture riscaldati dall’ IR corto. I polimeri più utilizzati derivano prevalentemente da quattro prodotti chimici di base, a loro volta derivati dal petrolio: l’etilene, il propilene, il butadiene e lo stirene. In particolare per la produzione dei film i materiali utilizzati sono:

- LDPE,
- LDPE+ cariche minerali,
- LLDPE (solo in mescola),
- copolimeri EVA (con % di VA. variante dal 14 al 18%),
- coestrusi (film variamente accoppiati di LDPE, EVA, LDPE+cariche),
- PVC (polivinil cloruro).

I vari tipi di film, soprattutto per la copertura delle serre, tendono a perdere le loro caratteristiche ottiche e fisico-meccaniche, per l’azione combinata della temperatura, dell’ossigeno, dei raggi UV e dei prodotti

fitosanitari utilizzati durante le coltivazioni. I film pertanto, vanno perciò stabilizzati per proteggerli dalla termossidazione e dalla foto ossidazione. In particolare, la degradazione indotta sul polimero per azione degli UV viene controllata dagli stabilizzanti alla radiazione solare che, in generale, si suddividono in:

- UV absorbers (tipo benzofenoni);
- Quencher (composti a base di Ni);
- HALS (composti tipo ammine stereo impedito).

Inoltre, è da sottolineare che l'aumento dello spessore del film aumenta la sua durata. Nella pratica operativa e sulla base di numerose sperimentazioni, si è visto che nelle aree settentrionali (a causa della frequenza di giornate con scarsa insolazione e luminosità) i migliori risultati agronomici si ottengono con l'utilizzazione del film in copolimero EVA in quanto presenta elevata trasparenza. Per contro nelle zone meridionali ad elevata insolazione è premiante l'uso di un film opaco con forte percentuale di radiazione solare diffusa che evita fenomeni di surriscaldamento degli ambienti protetti. Ulteriori caratteristiche si ottengono con film coestrusi che utilizzano film in LDPE, EVA combinati tra loro variamente (tab. 4).

Materiali	Spessore (mm)	Trasparenza (%)			Durata (anni)	Peso (kg/m ²)	Coeff. di conducibilità termica (K) (kcal/h • m ² • °C)	Coeff. di dilatazione lineare (10 ⁵ m/°C)
		Radiazione visibile diretta	Radiazione e visibile diffusa	Infrarosso lungo				
PE	0,1	91	90	79	3 – 4	0,208	13,4	-
PE lunga durata	0,1	89	86	76	4	0,208	13,4	-
PVC	0,1	92	91	60	3 – 4	0,120	9,2	-
EVA	0,1	92	76	39	-	-	10,8	-
PRFV	1 – 1,5	80	-	4	7 – 8	1,3 – 1,9	5,8	3,6
PVC	0,9	82	-	5	10	1,45	7	-
PMMA	1,5 – 2,3	92	-	1	7 – 8	2 – 3	6	7,5
Vetro	4	91	91	1	-	11,5	5,8	0,5
PMMA	16	83	70	1	15	5	2,5	7,5
PC Alveolare	4,5	77	-	-	5	1	3,9	6,5
PC Alveolare	6	78	62	3	5	1,3	3,6	6,5
PC Alveolare	16	77	-	-	5	2,7	2,8	6,5
PC lunga durata	4,5	79	-	-	10	1	3,9	6,5
PC lunga durata	6	80	-	-	10	1,3	3,6	6,5
PC lunga durata	8	80	-	-	10	1,7	3,3	6,5
PC lunga durata	10	80	-	-	10	2	3,1	6,5

Tabella 4 – Caratteristiche dei diversi materiali plastici impiegati in serra.

CARATTERISTICHE FISICHE, MECCANICHE E TERMICHE

La scelta dei materiali di copertura per i piccoli tunnel e le serre, così come per la pacciamatura dei terreni, deve essere fatta in base alle esigenze della coltura, sia in termini di temperatura che di luminosità. I film plastici attualmente in commercio si differenziano per:

- diverso sviluppo di nylon tra le marche a parità di peso;

- differente vita media del film (i materiali possono essere classificati, in funzione della durata media, in stagionali, quando restano in opera 5-6 mesi; annuali, se permangono all'esterno per almeno 12-14 mesi; a lunga durata, quando restano in opera per 24 mesi e oltre);
- differenti pesi dovuti a spessori dei film (si passa, ad esempio, da 0,18 – 0,20 mm per film pluriennale a 0,1 mm di uno stagionale);
- differente peso del polimero (EVA, PE).

Come dato medio, si può considerare che per un tunnel di base 5 m sono necessari, mediamente in condizioni pianeggianti, 8,5 m² di plastica per m lineare, che diventano 9,5/9,7 m² nel caso di serre di 6 m base. Questo determina un consumo medio di circa 1,6 – 1,7 m² di plastica per m lineare e per m di larghezza della serra. La densità del materiale può avere una notevole importanza pratica in quanto influenza direttamente il peso della copertura e quindi va ad interessare il peso delle strutture di sostegno. Tra le caratteristiche meccaniche dobbiamo ricordare la flessibilità ed altre proprietà, come la resistenza alla trazione, la % di allungamento, il modulo di elasticità, che variano soprattutto con la rigidità.

Tra le proprietà termiche si devono considerare i coefficienti di dilatazione lineare e di conducibilità termica e la resistenza alle alte e basse temperature (tab. 5). Un'altra proprietà, importante nei materiali plastici è la resistenza all'invecchiamento che si evidenzia con la perdita della trasparenza, della resistenza all'allungamento ed alla rottura. Dipende dalla natura del materiale ed anche dagli additivi impiegati, costituiti soprattutto da stabilizzanti alle radiazioni U.V. Altro fattore che influisce sulla durata è lo spessore del materiale poiché la diminuzione dello spessore facilita l'invecchiamento e quindi diminuisce la durata.

Caratteristiche	Film flessibili		Lastre alveolari		Lastre rigide ondulate			Vetro (4 mm)
	Polietilene a bassa densità	PVC plastificato 28% DOP formula agricola (0,1 mm)	Policarbonato (10 mm)	Polimetacrilato (16 mm)	PVC ondulato (1,2 mm)	Polimetacrilato di metile (2,2 mm)	Poliestere stratificato (1-2 mm)	
Composizione	(???) ²	PVC (72%) stabilizz. DOP (28%)			(???) ²	Polimet. 95% Plastif. 5%	Resina 65% Vetro 35%	
Densità gr/?? ³	0,91-0,92	1,16-1,35	1,20	1,18	1,38	1,18	1,5-1,6	1,2-2,4
Resistenza a trazione in kg/?? ² a 20°C	120-140	200-250	600	-	840-980	600-700	900-1.100	400-900
% di allungamento prima della rottura	400-500	200-250	100	scarsa	100	scarsa	scarsa	Nulla
Modulo di elasticità kg/?? ² a 20°C	1.700-1.800	140-150	24.000	32.000	28.000	30.000	80.000-100.000	700.000
Resistenza al freddo ed al calore °C	-40 + 70	-10 + 50	-35 + 125	-	-60 + 65	-70 + 80	-70 + 100	-
Conducibilità termica cal./sec.?? ² *C*cm	8 * 10 ⁻⁴	4 * 10 ⁻⁴	0,8 * 10 ⁻⁴	-	4 * 10 ⁻⁴	5 * 10 ⁻⁴	3,6 * 10 ⁻⁴	25 * 10 ⁻⁴
Coefficiente di dilatazione lineare m/m°C	16-18 * 10 ⁻⁵	7-25 * 10 ⁻⁵	6,5 * 10 ⁻⁵	7 * 10 ⁻⁵	6,7 * 10 ⁻⁵	7 * 10 ⁻⁵	-	-
Durata	Da 1-2 stagioni a 2 anni	Da 1-3 stagioni a 2 anni	elevata	elevata	Elevata con stabilizzanti U.V.	elevata	Elevata con stabilizzanti U.V.	-
Peso kg/? ²	-	-	1,9	5	2	2,9	1,6-2,1	10

Tabella 5 - Alcune caratteristiche fisiche meccaniche e termiche dei materiali di copertura per le serre.

Interazioni tra il sistema serra e il microclima

I parametri microclimatici modificati dalle coperture e che influenzano maggiormente la fisiologia delle piante sono la temperatura, la radiazione, l'umidità dell'aria, il vento e la concentrazione di CO₂ nell'aria interna. La radiazione solare è fondamentale per lo svolgimento della fotosintesi. La radiazione che arriva sulla terra varia in funzione della latitudine, dell'altitudine, dell'esposizione, della località e della nuvolosità, e in ultima analisi, rappresenta circa il 51% (radiazione globale) della quantità registrata al limite superiore dell'atmosfera, che si riduce (a causa dell'albedo) fino al 47%.

Sulla base dello spettro della radiazione solare (Solar radiation spectrum), la radiazione si suddivide in:

- radiazione ultravioletta (U.V. – Ultraviolet radiation) tra 290-380 nm che si può ulteriormente classificare in U.V.A. (zona dello spettro con le lunghezze d'onda più basse) e U.V.B. (zona dello spettro con le rimanenti lunghezze d'onda);
- radiazioni foto sinteticamente attiva (PAR - Photosynthetically Active Radiation) tra 380-780 nm;
- radiazione nell'infrarosso corto (I.R.corto - Short infrared waves) tra 780-2500 nm.

La tabella 6 e la figura 1 sottostanti riportano la classificazione della radiazione solare sulla base delle lunghezze d'onda (λ).

Classificazione della radiazione solare	
Luce naturale del giorno	λ (nm)
Ultravioletto	290 - 380
Violetto	380 - 440
Blu	440 - 495
Verde	495 - 570
Giallo	570 - 595
Arancio	595 - 625
Rosso	625 - 700
Infrarosso vicino (NIR)	700 – 3.000
Infrarosso lontano (FAR)	3.000 - 100.000

Tabella 6 – Classificazione della radiazione solare.

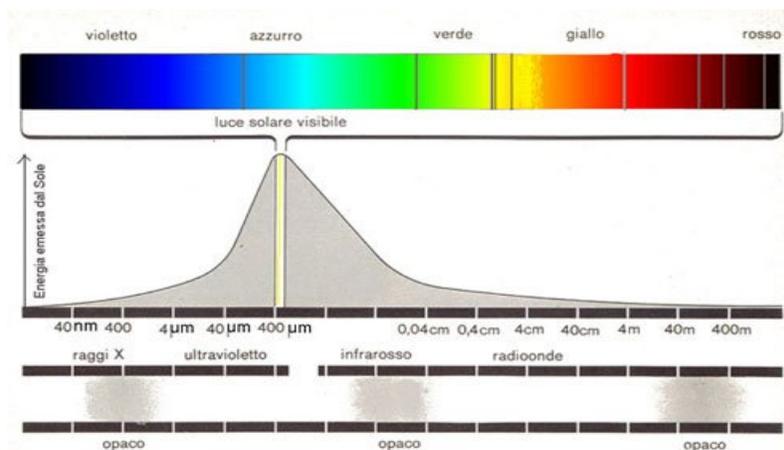


Figura 1 - La classificazione della radiazione solare sulla base delle lunghezze d'onda (λ).

Le piante utilizzano la luce con lunghezze d'onda comprese tra 400 e 700 nm come fonte di energia per realizzare il processo della fotosintesi con il quale formano carboidrati a partire da anidride carbonica (CO₂) ed acqua (H₂O). La luce rossa (650-700 nm) e la luce blu (460-480 nm) costituiscono le lunghezze d'onda più efficienti per il processo fotosintetico operato dalle piante (tab. 7).

Livelli di luce raccomandati per diverse specie vegetali (micromoli/m²/sec)	
African violet	150 - 250
Piante da foglia ornamentali	150 - 250
Garofano	250 - 450
Crisantemo	250 - 450
Easter lily	250 - 450
Geranium	250 - 450
Poinsettia	250 - 450
Cetriolo	250 - 450
Lattuga	250 - 450
Fragola	250 - 450
Rosa	450 - 750
Pomodoro	450 - 750

Tabella 7 – Livelli di luce raccomandati per diverse specie vegetali.

Il PPFD (densità di flusso fotonico fotosintetico) nell'intervallo tra 400 e 700 nm rappresenta, in pratica, il numero di fotoni incidenti a 400 e 700 nm per unità di tempo sull'unità di superficie. Si misura in moli/m² per giorno e mediamente la radiazione solare globale che arriva sulla terra a mezzogiorno in una giornata di sole, corrispondono approssimativamente 1800-2000 μmoli.m⁻².s⁻¹. La quantità media di fotoni necessaria per l'accrescimento vegetale risulta tra 40 e 200 μmoli.m⁻².s⁻¹. La radiazione netta, che realmente raggiunge le colture coperte da film plastici, è solo una piccola frazione di quella incidente sulla copertura (5-10%).

In generale, la luce che penetra nell'ambiente della serra (fig. 2) è condizionata dai seguenti fattori:

1. materiali di costruzione e di copertura;
2. orientamento del sistema serra;
3. angolo di inclinazione della copertura/falda rispetto ai raggi solari.

Infine è opportuno sottolineare che per consentire una buona penetrazione della luce le serre devono avere un angolo di inclinazione non inferiore a 35°- 40° (tab. 8).

RADIAZIONE SOLARE E ANGOLO DI INCLINAZIONE DELLE SERRE		
Angolo tra la superficie della copertura e i raggi solari	Radiazione solare intercettata dal sistema serra (%)	Captazione della luce rispetto alla coltura
retto = 90°	100	Massima
a 65°	90	Ottima
a 30°	50	Buona
a 0°	0	Scarsa

Tabella 8 – Radiazione solare ed angolo di inclinazione delle serre.



Figura 2. Panorama di serre

Conclusioni

Nel quadro degli obiettivi di sviluppo di una agricoltura basata su sistemi produttivi sostenibili, anche le serre agricole possono dare il loro contributo, se adeguate a tali esigenze, come valida alternativa alle serre tradizionali che sono oggi presenti sui nostri territori. In particolare, accanto all'impiego di sistemi di coltivazione eco-compatibili e di energie rinnovabili per la climatizzazione, sicuramente i materiali di copertura sono in grado di apportare un contributo significativo per l'attuazione di serre sostenibili. La presente pubblicazione, sviluppata nel quadro delle azioni di studio e dimostrazione previste dal Progetto PROTECO, ha preso in considerazione, sebbene in forma molto generale, le caratteristiche dei materiali plastici per le serre e la loro diffusione nell'ambito dell'agricoltura protetta. In particolare, il Progetto PROTECO ha previsto una dimostrazione nell'area climatica di Vittoria, sull'impiego di nuovi materiali di copertura a lunga durata e con caratteristiche fisico-ottiche in grado di massimizzare l'apporto della copertura in termini di minore trasparenza alle radiazioni infrarosse e maggiore penetrazione alla radiazione visibile. I dati, in corso di elaborazione, saranno comunicati a breve agli operatori delle serre.

Riferimenti bibliografici

- Campiotti C., C. Bibbiani, F. Dondi, C. Viola. 2010. Efficienza energetica e energie rinnovabili per l'agricoltura protetta. Ambiente, Risorse e Salute. N. 126, luglio-settembre 2010.
- Campiotti C., G. Alonzo, C. Bibbiani, A. Bosco, F. Dondi, A. Scognamiglio. 2009. Innovazioni e tecnologie sostenibili per le colture protette. CITTAM 2009. International Workshop "L'Identità Culturale del Paesaggio Mediterraneo". Napoli 12-13 maggio 2009.
- Jouët, J.P., 2001-Plastics in the world. *Plasticulture*, 2 (120): 108-126.
- Jiang, W.J., Qu, D.Y., Mu, D., Wang, L.R. 2004. Protected cultivation of horticultural crops in China. *Hort. Rev.* 30:115-162.
- Nisen A. L'éclairage naturel de serres. Ed.J. Duculot S.A., Gembloux, 1969.
- Plasticulture 2000. CIPA. Vol.1-N119
- Tesi R. Colture protette, ortoflorovivaismo in ambiente mediterraneo, Edagricole, 6° edizione Milano 2008.
- Scientific Opinion on emissions of plant protection products from greenhouses and crops grown under

cover: outline for a new guidance. EFSA Journal 2010; 8(4):1567.
Final Report On Greenhouse Production (Protected Cropping). EC-DIRECTORATE-GENERAL FOR
AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT. EGTOP/6/13.